55-Й ГОДОВЩИНЕ ИЭОПП СО РАН
ПОСВЯЩАЕТСЯ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И ОРГАНИЗАЦИИ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ МЕЗО- И МИКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Ответственные редакторы:
академик РАН В.В. Кулешов,
д.э.н. Н.И. Суслов

Новосибирск
2014

УДК 338:92
ББК 65.9(2Р)23
С 409

С 409 **Системное моделирование и анализ мезо- и микроэкономических объектов** / отв. ред. В.В. Кулешов и Н.И. Суслов. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2014. – 488 с.

Коллектив авторов:

к.э.н. **Амосенок Э.П.** (гл. 5), к.э.н. **Бабенко Т.И.** (гл. 4), к.э.н. **Бажанов В.А.** (гл. 5), **Беспалов И.А.** (гл. 7), к.э.н. **Блам Ю.Ш.** (гл. 1: пп. 1.1, 1.2, 1.4, 1.5; гл. 4), **Бузулуцков В.Ф.** (гл. 1: п. 1.3.; гл. 2: пп. 2.4, 2.5), д.ф-м.н. **Гимади Э.Х.** (гл. 8: п. 8.3), д.э.н. **Глущенко К.П.** (гл. 7), к.ф-м.н **Гончаров Е.Н.** (гл. 8: п.8.3), к.э.н. **Журавель Н.М.** (гл.3: п. 3.3), д.э.н. **Кибалов Е.Б.** (гл. 7), к.э.н. **Лугачева Л.И.** (гл. 5), к.э.н. **Маркова В.М.** (гл. 3: пп. 3.1, 3.2, 3.4), к.э.н. **Машкина Л.В.** (гл. 1: пп. 1.1, 1.2, 1.4, 1.5; гл. 4), к.э.н. **Мусатова М.М.** (гл. 5), д.э.н. **Пляскина Н.И.** (гл. 8), к.э.н. **Ситро К.А.** (гл. 6), к.э.н. **Соколов А.В.** (гл. 5), д.э.н. **Суслов Н.И.** (введение, гл. 2, заключение), д.э.н. **Титов В.В.** (гл. 9), к.э.н. **Харитонова В.Н.** (гл. 8), д.э.н. **Хуторецкий А.Б.** (гл. 7), к.э.н. **Чурашев В.Н.** (гл. 3), к.э.н. **Ягольницер М.А.** (гл. 6)

Представленная монография посвящена теории, методологии и практической реализации системного моделирования экономики. В центре обсуждения – опыт проектирования и построения программно-модельных конструкций, нацеленных на анализ развития многоотраслевых комплексов и отраслевых систем, а также предприятий и корпораций. Обсуждаются разработки в данной области, объединенные идеологией проекта СОНАР (Согласование Отраслевых и НАроднохозяйственных Решений). Данный подход характеризуется отказом от проектирования систем моделей на принципах жесткой комплементарности и строгого согласования моделей и предполагает создание модельных конструкций под возникающую проблему, учет внешних связей многоотраслевых комплексов в рамках использования специализированных народнохозяйственных межрайонных межотраслевых моделей, каждая из которых, нацелена на анализ проблем конкретной сферы национальной экономики. Модели нижних уровней системы учитывают отраслевую и региональную специфику. Книга рассчитана на ученых-экономистов, специалистов в области моделирования, аспирантов экономической и математической специализации.

ISBN 978-5-89665-260-1

9 785896 652601

УДК 338:92
ББК 65.9(2Р)23

© ИЭОПП СО РАН, 2014 г.
© Коллектив авторов, 2014 г.

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
SIBERIAN BRANCH

INSTITUTE OF ECONOMICS AND INDUSTRIAL ENGINEERING
SIBERIAN BRANCH OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

SYSTEM MODELING AND ANALYSIS OF MEZO- AND MICROECONOMIC OBJECTS

Responsible editors:
V.V. Kuleshov,
N.I. Suslov

NOVOSIBIRSK
2014

System Modeling and Analysis of Mezo- and Microeconomic Objects / Edited by Kuleshov V.V., Suslov N.I. – IEIE of SB RAS, Novosibirsk, 2014. – 488 p.

Authors:

Amosionok E.P. (Ch. 5), **Babenko T.I.** (Ch. 4), **Bazhanov V.A.** (Ch. 5), **Bespalov I.A.** (Ch. 7), **Blam Yu.S.** (Ch. 1: Sect. 1.1, 1.2, 1.4, 1.5; Ch. 4), **Buzulutskov V.F.** (Ch. 1: Sect. 1.3.; Ch. 2: Sect. 2.4, 2.5), **Gimadi E.Kh.** (Ch. 8: Sect. 8.3), **Glushenko K.P.** (Ch. 7), **Goncharov E.N.** (Ch. 8: Sect. 8.3), **Zhuravel N.M.** (Ch.3: Sect. 3.3), **Kibalov E.B.** (Ch. 7), **Lugacheva L.I.** (Ch. 5), **Markova V.M.** (Ch. 3: Sect. 3.1, 3.2, 3.4), **Mashkina L.V.** (Ch. 1: Sect. 1.1, 1.2, 1.4, 1.5; Ch. 4), **Musatova M.M.** (Ch. 5), **Pliaskina N.I.** (Ch. 8), **Sitro K.A.** (Ch. 6), **Sokolov A.V.** (Ch. 5), **Suslov N.I.** (Introduction, Ch. 2, Conclusion), **Titov V.V.** (Ch. 9), **Kharitonova V.N.** (Ch. 8), **Khutoretskij A.B.** (Ch. 7), **Churashov V.N.** (Ch. 3), **Yagolnitser M.A.** (Ch. 6)

The monograph presented is devoted to theory, methodology and application of system modeling of the economy. Experience of elaboration of software-model constructions created to analyze the development of both multi-industry sectors and separate companies is set in the focus of a discussion. We bring and consider together a scope of research works integrated by the ideology SONAR (Sector Oriented and National models' Adjustment Research). This approach features with rejection from both a rigorous complementarity and strict formal coordination of the models involved and suggests specification of model constructions to treat arising problems. At the same time it takes into account external relations of the multi-industry economic sectors using so called specialized multi-sector multi-region models of national economy each of which is aimed at analysis of the problems of a specific sphere of the economy. The book would be appropriate for economists, mathematicians working in the field of economic modeling, post graduate and PhD students of economics and mathematics.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 8

Глава 1. МЕТОДОЛОГИЯ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СТРУКТУР: СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД 14

1.1. «Разделение аспектов» – системный подход к иерархическим экономическим системам 14

1.2. Схема комплексирования и взаимодействия моделей развития экономических подсистем 18

1.3. Оптимизационная Межрайонная Межотраслевая Модель: концептуальная основа и формализация 23

1.4. Прогнозирование развития многоотраслевого комплекса в составе экономики 28

1.5. Числовой эксперимент системной реализации детализированных моделей, описывающих отраслевые подсистемы в ОМММ 31

Литература 39

Глава 2. СОНАР-ТЭК: МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В СИСТЕМЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ 40

2.1. Сфера «ответственности» ТЭК в экономике страны 40

2.2. Исследования по взаимодействию экономики и энергетики: история и современный этап 42

2.3. Архитектура СОНАР-ТЭК 48

2.4. ОМММ-ТЭК – центральная модель СОНАР-ТЭК 52

2.5. Пример использования ОМММ-ТЭК: оценка эффективности распространения компрессионных тепловых насосов 78

2.6. Система балансовых расчетов на перспективу 84

2.7. Пример создания моделей под проблему: определение предельных границ повышения тарифов на электроэнергию для отраслей промышленности в 2010 г. 88

2.8. СОНАР-ТЭК: теоретические модели воздействия качества институтов на стимулы к энергосбережению 99

Литература 109

Электронные источники информации 111

Глава 3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МЕЗОУРОВНЯ 112
3.1. Развитие и трансформация моделирования отраслевых подсистем ТЭК: эволюция, иерархия, тенденции, сценарные условия 112
3.2. Энергетические модели мезоуровня. Дополняющие модули расчета экономических показателей 115
3.3. Инструментарий оценки эколого-экономической эффективности новых технологий энергетики 137
3.4. Взаимодействие корпораций и органов власти разного уровня при прогнозировании развития отраслевых систем ТЭК 141
Литература 145

Глава 4. СОНАР-ЛПК: СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА 147
4.1. Использование ОМММ в анализе и прогнозировании лесопромышленного производства 147
4.2. Отраслевые модели в анализе и прогнозировании лесопромышленного производства 162
Литература 182
Электронные источники информации 183

Глава 5. ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ В МАШИНОСТРОЕНИИ И ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ 184
5.1. СОНАР-МАШ 184
5.2. Экономико-математические оптимизационные модели ОПК 201
5.3. Экономико-статистическое моделирование ОПК 228
5.4. Моделирование многокритериальных альтернатив в условиях неопределенности и методы их оценки 236
Литература 250
Электронные источники информации 251

Глава 6. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА 252
6.1. Существующие подходы к анализу межотраслевых взаимодействий и проблемы их реализации 252
6.2. Эконометрическое моделирование межотраслевых взаимодействий на основе общедоступной статистики 266
6.3. Оценка влияния минерально-сырьевого комплекса на экономику России 277
6.4. Роль минерально-сырьевого сектора на рынке труда Канады: моделирование влияния на занятость в сопряженных отраслях 288
Литература 293

Глава 7. ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ 294
7.1. Состояние вопроса 294
7.2. Оценка КИП: методология и методика 315
7.3. Оценка вариантов транспортного КИП на первом этапе (числовой пример) 327
7.4. Оценка вариантов транспортного КИП на втором этапе (числовой пример) 336
7.5. Оценка календарных планов реализации транспортного КИП на третьем этапе (числовой пример) 346
Литература 358
Электронные источники информации 360

Глава 8. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ МЕГАПРОЕКТОВ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ РЕГИОНОВ 362
8.1. Методологические и методические аспекты стратегического планирования многоотраслевых территориальных мегапроектов 363
8.2. Методологический подход к моделированию ресурсных мегапроектов 374
8.3. Математическая постановка и алгоритмы оптимизации дискретной задачи сетевого планирования в условиях ограниченных ресурсов и заданных директивных сроков 386
8.4. Формирование мегапроекта Восточно-Сибирского нефтегазового комплекса 397
Литература 414
Электронные источники информации 415

Глава 9. ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ И РАЗВИТИЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ КОРПОРАЦИИ 416
9.1. Проблемы использования моделирования в управлении промышленной корпорацией 416
9.2. Модель оптимизации планирования деятельности промышленного предприятия 424
9.3. Построение системы согласования показателей функционирования корпорации и достижения баланса интересов ее фирм на основе моделирования 438
9.4. Оценка эффективности инвестиционного проекта на действующем предприятии с помощью оптимизационной модели его функционирования и развития 457
9.5. Оптимизация оперативного управления производством 464
Литература 480

Заключение 482

Список сокращений 485

ВВЕДЕНИЕ

Примерно в конце 1970-х годов в ИЭОПП СО АН СССР были инициированы исследования, нацеленные на анализ внешних производственных связей крупных отраслей промышленности и многоотраслевых комплексов. Идея была следующей. В отраслевых моделях для получения решений, характеризующих варианты развития отраслевых систем, требуется задать параметры внешних связей, в роли которых могут выступать как ресурсные ограничения, так и задания на поставки продукции. Тогда возникает вопрос, насколько обоснованными являются устанавливаемые значения указанных параметров?

Попытка их эндогенизации на основе идеологии оптимального народнохозяйственного планирования породила идеи обмена информацией между отдельными модельными конструкциями, получившего название «согласования моделей». Данная идеология нашла свое оформление в направлениях системного моделирования, предполагавшего комплементарность модельных блоков – отраслевых, региональных, народнохозяйственных моделей. Наибольшую известность получили две из них – система оптимального народнохозяйственного планирования ИЭОПП и система оптимального функционирования экономики (СОФЭ), проектировавшаяся в ЦЭМИ АН СССР, хотя велись разработки систем моделей и в других организациях, носившие зачастую более акцентированный характер: например система моделей ТЭК, разрабатывавшаяся в СЭИ СО АН СССР.

Можно отметить очень большую роль, которую разработки в области системного моделирования экономики сыграли в придании советской экономической науке большей конструктивности и уменьшении ее идеологизированности. Параллельно развивались методы экономического анализа, воспринимались элементы математической экономики, развиваемых в зарубежной литературе научных дисциплин микроэкономики и макроэкономики, статистического анализа. Экономико-математическое моделирование и системные разработки позволяли советским экономистам также в какой-то мере включаться в общемировую дискуссию в области экономической науки и практического анализа, поскольку в западной литературе проблемам построения и использования сложных модельных конструкций уделялось достаточное внимание.

Вместе с тем, пожалуй, можно констатировать, что практическое воплощение идей системного моделирования окончилось неудачно. Несмотря на отдельные частные успехи, не удалось построить системы моделей народнохозяйственного планирования или прогнозирования. Было спроектировано и построено весьма значительное число различных математических моделей разных уровней – от народнохозяйственных, отраслевых, территориальных, моделей отдельных объектов и инвестиционных проектов, выполненных в различных математических техниках. Их синтезу в системы моделей, как нам представляется, препятствовали две серьезные проблемы.

Первая проблема, как это ни парадоксально, была связана с очень серьезной теоретической проработкой многих вопросов системного моделирования, включая формальные методы взаимодействия моделей – их согласования. Последнее, зачастую строилось на строгих математических алгоритмах, практическая реализация которых предъявляла дополнительные требования как к отдельным модулям систем, которые должны были быть однотипными, так и к информационной базе, которая должна была позволять исчисление параметров моделей с заданной детализацией и во взаимосоответствующих классификациях.

Реализация строгих алгоритмов требовала также эффективного программного обеспечения и достаточно производительных компьютеров. Думается, что в рамках первого направления в 70-80-е годы прошлого века прогресс был сделан более серьезный по сравнению со вторым. Интересно, что в период информационной революции, связанной с появлением и распространением высокопроизводительных микропроцессоров интерес к системному моделированию остался значительно ниже, чем до нее.

В советский период времени идеи системного моделирования и взаимодействия и согласования моделей разных уровней и различных объектов многими авторами увязывались с хозяйственным механизмом функционирования плановой экономики. Целевым функциям моделей вменялось «выражение интересов» моделируемых объектов, а между структурой проектируемых систем моделей и структурой управления экономикой проводились прямые аналогии, причем структура системы моделей «ставилась в пример» структуре управления. Такой взгляд, думается, придавал некоторую идеологизированность системным разработкам, хотя и другого свойства, чем идеологизированность политической экономии и других экономических дисциплин, носивших «классовый» характер. Она была связана, скорее, с «романтизацией» математических методов в экономике. Тем не менее чрезмерная содержательная нагрузка, возможно, также в определенной степени препятствовала практической реализации идей системного моделирования. Ликвидация плановой системы во многом сняла проблему.

Вторая проблема, препятствовавшая построению проектировавшихся систем моделей народнохозяйственного планирования, была во многом порождена первой и может быть названа проблемой жесткой комплементарности. Разрабатывавшиеся системы моделей предполагали во всяком случае достаточно строгие место и роль каждого своего элемента, дублирование которых какими-либо другими модельными конструкциями не предусматривалось. Это означало, что готовность всей системы к использованию была увязана, по словам академика А.Г. Гранберга, с «готовностью последнего элемента». Система могла бы полноценно заработать лишь тогда, когда были бы «введены в строй» все входившие в нее модели. Тогда же становилось бы возможным взаимодействие между моделями как аналог функционирования хозяйственного механизма экономики. Однако информационные, программные и вычислительные проблемы препятствовали этому.

Осознание указанных препятствий учеными в ИЭОПП произошло на рубеже 70-х и 80-х годов XX столетия. Это привело к возникновению новых подходов к моделированию народного хозяйства и его отдельных сфер – отраслевых и региональных систем. Главное изменение – отказ от жесткой комплементарности элементов системы, что позволяло использовать различные сочетания моделей, зависящие от конкретной проблемы анализа, имеющейся информации, готовности отдельных моделей. Системы моделей, которые все чаще назывались «модельными комплексами» или «программно-модельными комплексами», подчеркивая равноправную роль программного обеспечения, которое обеспечивало быструю сборку или модификацию модельных конструкций, обработку и формальный анализ решений. Фактически модельные комплексы утратили какое-либо идеологическое значение и из «святыни» превращались в инструменты анализа исследователей и экспертов.

К середине 1980-х годов на базе обширных разработок в области моделирования отраслевых систем – главным образом базовых промышленных многоотраслевых комплексов – оформился синтетический проект СОНАР (Согласование Отраслевых и НАРоднохозяйственных моделей), включивший отдельные «отраслевые» ветви. Его главные идеи были следующие:

– нежесткая унификация головных модельных конструкций народнохозяйственного уровня, содержательно настраиваемых на одни и те же варианты прогнозов экономики, ее отраслей и регионов;
– индивидуализированное достраивание народнохозяйственных моделей специфическими модельными конструкциями отраслевого или регионального уровня.

Такие принципы позволяли исследователям, во-первых, вести согласованные экономические разработки, но, во-вторых, гибко учитывать специфику своей особой сферы экономики. Это важно, поскольку даже базовые отраслевые комплексы могут быть очень различными по воздействию при-

родно-географических условий, используемым технологиям и потребляемым факторам и ресурсам, производимой продукции и, соответственно, стоящим и решаемым проблемам.

Изначальная структура «верхней части» или «ядра» проекта СОНАР проектировалась следующим образом. Самой верхней моделью виделась известная, разработанная в ИЭОПП СО АН СССР в конце 60-х годов прошлого столетия под руководством А.Г. Гранберга Оптимизационная Межрайонная Межотраслевая Модель – ОМММ. Следующий уровень представляли собой «отраслевые» ОМММ: конструкции, основывающиеся на головной ОМММ, но с детализированными блоками соответствующих многоотраслевых комплексов, таких как ТЭК, машиностроительный комплекс, лесопромышленный и нефтехимический комплексы (рис. 1). При этом все детализированные модели были идентичны как по региональной структуре, так и по отраслевой, за исключением «своих» отраслей, входящих в данный многоотраслевой комплекс. Далее к каждой отраслевой ОМММ могли добавляться другие модели, относившиеся к объектам данного многоотраслевого комплекса, которые детализировали его внутренние взаимосвязи. К таким моделям относились подробные модели тех же отраслей, или региональных объектов, модели отдельных инвестиционных проектов, программ развития территорий. Принципы и методы взаимодействия моделей также могли различаться. Отраслевые ОМММ взаимодействовали через головную ОМММ. Вертикальные связи осуществлялись как при посредстве обмена параметрами, получаемыми на основе решений моделей разных уровней, так и на содержательном уровне. Но практически во всех случаях связи между моделями не основывались на строгих алгоритмах[1], называемых «согласованием моделей», а характеризовались как их «мягкая увязка».

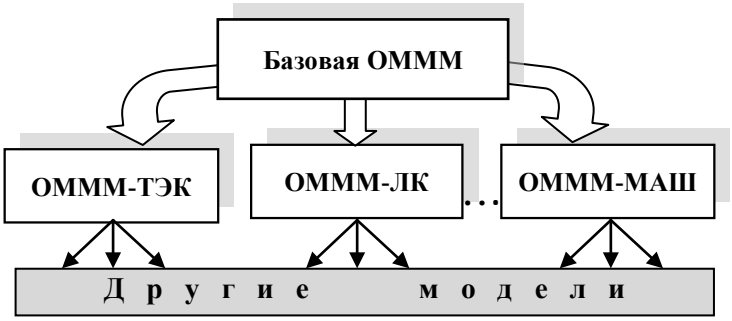


Рис. 1. Схема ядра проектировавшейся системы моделей СОНАР

[1] Исключение представляют, пожалуй, только разработки в области создания модельных систем лесопромышленного комплекса.

После распада СССР и начала экономических реформ интерес к разработкам в рамках проекта СОНАР, ориентированных, главным образом, на исследования для долгосрочной перспективы, когда возможна оценка эффектов крупных инвестиционных проектов и мероприятий, существенно снизился. Он стал вновь проявляться только в период, возобновления экономического роста, когда правительственные органы начали заказывать разработку и принимать Стратегии долгосрочного развития экономики, программы развития территорий. Также и многие ведомства и крупные компании стали более явно проявлять интерес к перспективному развитию экономики и разрабатывать свои документы в области долгосрочных стратегий. Аппарат СОНАР стал достаточно активно использоваться в таких работах.

Со временем проект СОНАР в значительной мере вобрал в себя все разработки ИЭОПП в области моделирования отраслевых систем, поскольку обеспечивал их интеграцию и координацию в рамках единых вариантов стратегии развития экономики страны и Сибири, но при этом оставлял возможности исследователям для использования авторских подходов и сохранения лучших традиций коллектива – глубокого экспертного анализа проблем и индивидуального творчества при выборе и конструировании модельно-методического аппарата.

Данная книга построена, главным образом, по принципу «от ядра» и макроэкономических моделей к обсуждению моделей и подходов более локальных уровней. Теоретическим и общеметодологическим вопросам системного моделирования и места проекта СОНАР в указанных разработках посвящена первая глава книги. Здесь же обсуждается головная народнохозяйственная модель ОМММ в своей формальной постановке. Наиболее полное развитие к настоящему времени получили две подсистемы системы моделей и проекта СОНАР – для лесопромышленного комплекса и для энергетического сектора экономики. Им посвящены еще три главы монографии. Соответствующие подсистемы, или «ветви» СОНАР, получили названия СОНАР-ЛПК (лесопромышленный комплекс) и СОНАР-ТЭК. В этих главах мы подробно рассматриваем архитектуру программно-модельных комплексов, особенности модельного описания объектов, вопросы взаимодействия и увязки отдельных модулей. Обсуждается также и содержательная проблематика.

Еще одна ветвь – СОНАР-МАШ, также имеющая длительную история развития – с конца 1970-х годов – нацелена на анализ проблем развития машиностроительного комплекса. В соответствующих разделах монографии обсуждаются как модели народнохозяйственного уровня – ОМММ-МАШ, так и мезоуровня. Проблематика последних лет тесно увязывается с оборонно-промышленным комплексом. Данная ветвь также является показательным примером, который демонстрирует возможности идеологии СОНАР по адаптации в единый комплекс моделей разного типа – например и эконометрических.

В этом же смысле оказывается очень показательной шестая глава монографии, в которой обсуждается подход и методология анализа воздействия отдельных производств – в данном случае минерально-сырьевых ресурсов – на общие показатели его развития с использованием систем эконометрических уравнений. Данный блок носит прежде всего аналитическую направленность, позволяя производить ретроспективный факторный анализ достигнутых экономических результатов на мезоуровне. Но получаемые эконометрические оценки позволяют их использовать в рамках сценарного подхода для перспективы. В этом смысле рассматриваемый подход оказывается конкурирующим с методами, основанными на анализе региональных межотраслевых балансов и прогнозных межотраслевых моделях. Однако при этом он существенно менее требователен к информационной базе.

Последние главы книги посвящены методологии оценки эффективности крупных инвестиционных проектов в промышленности и на транспорте, а также моделированию функционирования и развития предприятий и корпораций. Данная проблематика замыкает систему моделирования на основе идеологии СОНАР, предполагающей сочетание интегрированности (но не комплементарности!) разработок с позиции национальной экономики в целом и гибкости построения модельных комплексов, которые и могут, в свою очередь, функционировать как достаточно изолированно, так и совместно.

Глава 1
МЕТОДОЛОГИЯ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СТРУКТУР: СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД

1.1. «РАЗДЕЛЕНИЕ АСПЕКТОВ» – СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИЕРАРХИЧЕСКИМ ЭКОНОМИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ

Систематическое решение экономических задач с широким привлечением математических моделей и средств вычислительной техники предполагает построение и использование специальных комплексов системных расчетов, интегрирующих методологическое, модельное, информационное, программное, техническое и другие обеспечения. Программно-модельный аспект комплексов системных расчетов, в контексте данной монографии, включает в себя основной арсенал средств математического моделирования и математического (программного) обеспечения, связанных с использованием электронно-вычислительной техники в экономических исследованиях и планировании.

Авторы не претендуют на написание некоторой общей теории проектирования, создания и эксплуатации комплексов системных расчетов или их модельно-программного аспекта, как это можно было бы понять из названия монографии. С середины 1960-х годов занимаясь реализацией большеразмерных (с позиций того периода) линейных экономико-математических моделей в составе малых коллективов (2–3 сотрудника), мы естественно стремились рационализировать и автоматизировать свой труд. Занявшись в связи с этим созданием сервисных программ подготовки в необходимом формате числовых массивов экономико-математических моделей, мы постепенно накопили опыт, но заодно и убедились в рутинности такого подхода – к каждой модели делать свой сервис. Все чаще мы задумывались над вопросами: что мы считаем сегодня, и что нам предстоит моделировать завтра, как накапливать опыт реализации моделей или, точнее, как создать банк моделей?

Перед специалистами по моделированию постоянно стоит дилемма: нужно ли вычислять то «что просят», или вычисления необходимо делать, опираясь лишь на свой профессиональный опыт. Разумеется, заказчик или постановщик задачи сам должен делать выбор и вести исследование, но разумные предложения со стороны специалиста по использованию ЭВМ могут прояснить природу его выбора и помочь принять рациональное решение на многих этапах работы.

Почти неизбежно в процессе вычислений появляется новая информация, и возникает необходимость вносить изменения в первоначальный план. Но прежде чем это сделать, надо постараться понять, почему же был выбран неверный путь. Вносят ли эти изменения что-то новое в модель? Надо ли все еще стремиться получить первоначально запланированные результаты? Нельзя ли извлечь какие-то уроки из самой неудачи?

Изменения не должны вноситься поспешно, им следует посвятить столь же тщательное обсуждение, как и первоначальному плану. Если все идет, как задумано, то немного узнаешь. Как раз из неожиданностей могут иногда возникнуть новые вещи. Таким образом, положение, когда приходится изменить первоначальный план, нужно считать скорее счастливой возможностью, чем неудачей. Конечно, если оно возникло из-за недомыслия, то это будет лишь доказательством необходимости предварительного обдумывания.

Всегда есть соблазн по ходу работы быстро вносить мелкие изменения, не заботясь о последствиях, особенно если результаты нужны к определенному сроку, и все-таки спешка в этот период может свести на нет всю прежнюю тщательную работу. Надо помнить, что «человек – это мастер, а не машина», и хорошей организацией математического обеспечения эту мысль можно довести до сознания постановщика задачи. Мы считаем, что цель использования ЭВМ – не получение множества значений искомых величин, а выявление закономерностей. Не числа, а понимание!

Из девиза «Не числа, а понимание» следует, что человек, который должен этого понимания достигнуть, обязан знать, как происходят вычисления. Иначе трудно извлечь из вычислений что-либо ценное. Истинное значение цифр может оказаться скрытым в вычислениях. …*Некто пошел ловить рыбу сетью с ячейками определенного размера. Определив среди пойманных рыб самые маленькие, он решил, что это и есть самые маленькие рыбы в данном бассейне; он допустил ошибку, не учитывая, как происходила ловля рыбы*… Так же и при вычислениях – то, что получается, зависит от того, что дано, и от того, что с этим делают. Если не понимать промежуточные процессы, то весьма легко перепутать эффекты использованной при вычислениях модели с эффектами модели, принятой заказчиком при формулировании задачи.

В результате многолетней практики использования ЭВМ для расчетов по экономико-математическим моделям в рамках исследований по плану НИР института либо вычислений на заказчика мы пришли к убеждению, что обычно первым делом следует подумать: «А что мы собираемся делать с ответом?» Будут ли вычисленные величины действительно отвечать на вопрос, который задан или сформулирован нами? Все ли величины нужны? Или, может быть, нужны какие-то другие данные? Нельзя ожидать от постановщика задачи, чтобы он точно знал, какой результат будет получен в итоге, и на многих стадиях исследовательской работы это вполне естественно. В самом деле, можно сказать: «Если исследователь знает, что он делает, то этого не надо было делать». В некотором смысле, если получается в точности ожидаемый результат, то мы не узнаем ничего нового, хотя может возрасти уверенность в чем-то.

Часто процесс реализации проливает свет на саму используемую модель. Вычисление есть средство получения числовых результатов, но это также орудие уточнения задачи. На самом деле маловероятно, чтобы боль-

шое открытие было сделано профессиональным программистом, стандартным образом программирующим задачи. Если ставится цель понять экономический феномен, то автор задачи должен понимать и следить за вычислениями. Это не значит, что он должен выполнять всю мелкую работу, но если он не будет в достаточной степени понимать все, что делает ЭВМ, то вряд ли сумеет извлечь из машины максимум пользы, а также понять смысл даже правильно построенных вычислений.

Очень часто надо глубоко изучить некоторый аспект изолированно, ради его собственного содержания, сознавая в то же самое время, что это только один из аспектов. Обычно такой подход называют «разделением аспектов», так как мы пытаемся поочередно «разделаться» с нашими трудностями, обязанностями, желаниями и ограничениями. Часто это достижимо, т.е. можно добиться более или менее полного разделения объектов рассуждения – и это разделение находит свое отражение в результирующем разделении МПК на «модули». Цель заключается в уменьшении детализированных рассуждений до выполнимого количества, и разделение аспектов – это способ, с помощью которого мы собираемся добиться этого уменьшения. Критическим моментом здесь является, конечно, выбор тех аспектов, которые подлежат «изолированному» изучению – как распутать аморфный клубок обязанностей, ограничений и целей и выделить множество «аспектов», допускающих разумное и эффективное разделение?

Следует отчетливо сознавать, что действия, направленные на разделение аспектов, почти всегда вызывают противодействие, часто сопровождаемое замечанием, что «решаются не настоящие задачи». Надо, чтобы проблему можно было изучить в достаточно высокой степени изолированности, чтобы она не зависела в каждый момент от развития других сфер деятельности или уровней иерархии. Это положение не только полезно при объяснении процесса построения взаимосвязанных комплексов моделей, но оно дает нам и ключ к пониманию того, как мы должны пытаться поступать во время моделирования.

Объектом приложения развиваемого подхода, по «естественному» стечению обстоятельств, выбраны различные модельно-программные комплексы, описывающие развитие многоотраслевых производств на разных уровнях агрегирования. Дело не только в том, что основные исследования по моделированию проводились в годы жесточайшего централизованного планирования и данный объект являлся наиболее плодотворным полигоном, позволившим опробовать целый спектр методических приемов [Блам, 1983]. Возможно, некоторые конкретные результаты, полученные по моделям перспективного планирования должны интерпретироваться иначе, но сам подход к построению взаимосвязанных групп моделей для решения смежных задач, на наш взгляд, достаточно конструктивен [Блам, 1992].

Многоотраслевой комплекс является сложным элементом народного хозяйства. Для прогнозирования его территориальной и отраслевой структуры необходимо и возможно разработать и реализовать такой набор экономико-математических моделей, который бы позволял, с одной стороны, учесть своеобразие и специфику входящих в него отраслей, а с другой, увязать его функционирование с условиями развития народного хозяйства в целом [Аганбегян и др., 1972]. Разнообразие задач прогнозирования, наличие нескольких уровней управления и взаимодействия требует привлечения целого набора моделей. Для анализа конкретных проблем возможно построение и использование специализированных систем моделей, взаимосвязанных в рамках предлагаемой более общей схемы взаимосогласования прогнозов и оптимизации.

Наличие большого круга разнообразных проблем, с которыми связано развитие отраслей, затрудняет построение жесткой унифицированной системы, предназначенной для решения всех задач среднесрочного и долгосрочного прогнозов. Нельзя считать такое положение уникальным и относящимся лишь к задачам развития отрасли. Аналогичные проблемы возникают при решении задач по конкретному экономическому субъекту – предприятию, концерну и т.п. В связи с этим предлагаемая в п. 1.2 схема комплексирования взаимосвязанных задач носит, в определенном смысле, методический характер.

В Институте экономики и организации промышленного производства СО РАН разрабатываются специализированные модельные комплексы (проекты), целиком охватывающие анализируемую совокупность однородных экономических объектов, но с акцентированным описанием ее отдельных аспектов. Основной принцип построения таких модельных комплексов заключается в следующем:

– детальное описание ядра (комплекса отраслей, группы предприятий, территориального сочетания ресурсов) дополняется агрегированным описанием фона (народнохозяйственного, отраслевого комплекса, смежных территорий);

– ядром системы поочередно могут выступать объекты, выделенные из «фона»;

– сгенерированные модели объединяются в двухуровневые системы, на верхнем уровне которых рассматривается агрегированная модель, на нижнем (уточняющем) – модели с детализированным описанием отдельных условий функционирования;

– модель нижнего уровня может рассматриваться ядром следующей специализированной системы.

Сейчас в наибольшей степени продвинулись работы по проектам СИРЕНА и СОНАР [Суслов, 2008; Оптимизация …, 2010], предназначенным для решения взаимосвязанных прогнозных задач территориального и производственного аспектов функционирования экономики. Проект СИРЕНА

(СИнтез РЕгиональных и НАроднохозяйственных моделей) в настоящее время объединяет народнохозяйственные модели и модели регионов первого ранга (макрозоны, федеральные округа и иные крупные территориальные образования) и направлен на изучение взаимодействия и развития регионов в народнохозяйственном комплексе. СОНАР (Согласование Отраслевых и НАРоднохозяйственных моделей) охватывает модели народнохозяйственного уровня, исследующие основные тенденции развития многоотраслевых комплексов и отдельных отраслей в системе народного хозяйства, и собственно отраслевые модели.

Оба проекта предусматривают постепенное расширение круга пользователей, заинтересованных в оценке возможностей и эффективности развития «своих» объектов с позиций народного хозяйства. Благодаря тому что пользователи подключаются к модельному комплексу со своими информационными массивами, расширяется и обновляется общая информационная база. Главное преимущество этих специализированных комплексов моделей – с одной стороны, возможности получения прогнозов развития регионов, отраслей и т.д., согласованных в масштабе народного хозяйства, а с другой стороны, – определение сбалансированных пропорций народного хозяйства в целом, учитывающих возможности развития хозяйственных подсистем.

Суть подхода к построению такого рода комплексов моделей можно в двух словах сформулировать следующим образом: взаимосвязанные задачи, относящиеся к одному объекту, но требующие детальной проработки отдельных факторов его развития могут (или должны?!) рассматриваться на взаимодополняющем модельном полигоне. С точки зрения структурной теории это означает – во-первых, возможность многократного использования отдельных модельных конструктивов, во-вторых, допустимость уточнения описания отдельных аспектов системы и привлечения дополнительной информации по ходу реализации. Очевидно, что построение, реализация и проведение систематических расчетов по специализированным модельным комплексам требуют особого подхода, специальной дисциплины (соблюдения некоторых правил и принципов).

1.2. СХЕМА КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОДЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОДСИСТЕМ

Построение прогноза или перспективного плана развития экономической системы тесно связано с организационной структурой его реализации. Последнее, в принципе, определяет иерархию прогнозов и плановых задач. Отказавшись от необходимости и убедившись в невозможности построения единой системы моделей для анализа всей совокупности проблем, возникающих в экономике, мы попытаемся все-таки соотнести между собой хотя бы классы задач [Блам, 1992].

Нам хочется определиться в отношении взаимодействия рассматриваемых модельно-программных комплексов и высказать соображения по поводу распространения развиваемого подхода на другие группы экономических задач. Мы предполагаем существование двух важнейших направлений анализа, прогнозирования и управления – территориального и отраслевого. При этом рассмотрение экономических задач ведется с позиций отраслевого комплекса, что, по нашему мнению, не умаляет общности подхода, а лишь акцентирует его на одном из направлений.

Большинство экономических задач, связанных с прогнозом развития и размещения объектов отраслевого комплекса информационно взаимодействуют с тремя уровнями принятия решений:

1) на уровне народного хозяйства страны, в разрезе межотраслевых производств, комплексов отраслей, отдельных отраслей и крупных подотраслей;

2) на уровне региона (макрозоны, федеральные округа и иные крупные территориальные образования) в разрезе тех же, возможно, более детально рассматриваемых, производственных подразделений;

3) на уровне территориально-производственного комплекса, производственных объединений, кластеров и предприятий.

Соответствующая группировка моделей может быть условно описана схемой, представленной на рис. 1.1. Ниже приведена расшифровка соответствующих классов моделей.

А-1	Б-1	В-1
А-2	Б-2	В-2
А-3	Б-3	В-3

Рис. 1.1. Взаимосоответствие задач прогнозирования, относящихся к различным уровням агрегирования информации и управления

♦ *Группа моделей сводного прогноза развития народного хозяйства (А-1)* описывает в крупных агрегатах весь процесс функционирования экономики страны в разрезе крупных территориальных единиц и во времени. В настоящее время обычно рассматриваются межрайонные многоотраслевые и динамические межотраслевые модели. На этом уровне определяются объемы производства по укрупненным отраслям промышленности и народного хозяйства, рассчитываются показатели народнохозяйственной эффективности использования централизованно распределяемых ресурсов. Модели данной группы предназначены не для оценки конкретных мероприятий, проводимых в отраслях, а лишь для оценки тенденций и альтернатив развития крупных отраслевых комплексов и регионов. Комплекс отраслей в межотраслевых моделях обычно представлен одной или небольшим числом позиций. Для углубления анализа проблем, связанных с фиксированным моделируемым комплексом,

возможно неоднородное преобразование номенклатуры с более детальным его (анализируемых отраслей) представлением и агрегированием прочих, менее влияющих отраслей. К этой группе моделей можно частично отнести подсистемы верхнего уровня проектов СИРЕНА И СОНАР. Более детально подсистемы проекта СОНАР рассмотрены в соответствующих главах монографии.

♦ *Группа моделей сводного прогноза развития отдельного региона (А-2)* предназначена для выполнения важных функций, косвенно связанных с проблемой суверенитета и автономии отдельных территориальных образований. Необходимость комплексного территориального подхода в противовес ведомственному связана с тем, что территориальные связи по своей природе имеют межотраслевой характер, так как они охватывают объекты разных отраслей, размещенных на определенной территории. На народнохозяйственном уровне специфические районные условия учитываются лишь в агрегированном виде. Неполный (неточный) учет районных условий может привести к недопустимости, нереализуемости композиций составленных отраслевых планов. В то же время на этом уровне отраслевые прогнозы могут быть уточнены за счет учета эффекта агломерации, связанного с совместным использованием трудовых и природных ресурсов, производственным кооперированием предприятий различных отраслей, совместной эксплуатацией строительной базы и транспортной сети.

♦ *Группа моделей прогнозирования развития территориально-производственных комплексов (А-3)* связана единством объекта исследования. К этим моделям можно отнести и развиваемый в настоящее время *кластерный* подход к организации взаимосвязей между экономическими субъектами. В основу группы (по крайней мере, одной из реализаций такой системы моделей) положен принцип поэтапного анализа, постепенного перехода от общих вопросов к частным, от проблем формирования всей производственной системы экономического района к проблемам развития и размещения отдельных элементов каждого комплекса. Можно предположить наличие больших возможностей для использования «подобных» моделей для уточнения отдельных вопросов создания и взаимодействия производств в пределах одной территории.

♦ *Группа моделей прогнозирования развития крупного народнохозяйственного (многоотраслевого) комплекса в масштабе страны (Б-1)* представляет собой совокупность динамических и статических, балансовых и оптимизационных, статистических и другого рода моделей, описывающих развитие комплекса взаимосвязанных отраслей. Круг решаемых проблем весьма широк – от прогноза распределения централизованных ресурсов и оценки влияния межотраслевых связей народнохозяйственного комплекса до определения стратегии развития составляющих его подотраслей в отдельных регионах. Наиболее разработанными являются линейные статические оптимизационные модели в разрезе крупных экономических регионов (зон). Решение обычно проводится на последний год прогнозного периода и обеспечивает

получение сбалансированной оптимизационной структуры производства по отдельным регионам страны. Одновременно определяется схема прикрепления районов-поставщиков сырья и производимой продукции к соответствующим потребителям. Выделение статической задачи связано с трудностями реализации (информационными и техническими) динамических задач с достаточно дробной номенклатурой. Поэтому статические модели зачастую используют для детализации прогноза, полученного при помощи решения соответствующей динамической модели (или точечного динамического прогноза, полученного каким-либо другим способом).

♦ *Модели внутрирайонного прогнозирования многоотраслевого комплекса взаимосвязанных отраслей (Б-2)* подобны, в принципе, моделям группы Б-1. Они служат инструментом построения прогноза развития, размещения и специализации групп предприятий внутри экономического региона или зоны. Здесь учитываются межотраслевые связи исследуемого комплекса отраслей, возникающие по поводу использования централизованных ресурсов регионального значения.

♦ *Группа моделей создания и функционирования комбинированных производств (например лесопромышленных комплексов) (Б-3)* тесно связана как с моделями Б-2, так и с группой А-3. Прогноз наиболее рационального сочетания производств для данной территории, размещаемых или функционирующих в отдельных микрозонах крупного региона, полученный при решении задач Б-2, детально рассматривается в моделях данной группы. Для моделей данной группы характерно более детальное рассмотрение вопросов строительства, создание и использование инфраструктуры района, учета агломерационного эффекта.

♦ *Модели прогнозирования функционирования отдельных подотраслей многоотраслевого комплекса в масштабе страны (В-1) и отдельного региона (В-2).* При краткосрочном прогнозе возникает необходимость в дальнейшей детализации отдельных показателей, полученных по моделям Б-1 и Б-2. Основываясь на решении задач этой группы, мы можем сформулировать задачи локального развития отдельных подотраслей выделяемого народнохозяйственного комплекса. Информация, полученная на основе решения этих частных задач, в свою очередь, позволяет уточнять показатели в моделях более высокого ранга.

Собственно говоря, большинство экспериментальных расчетов проводилось до настоящего времени (за исключением отдельных работ) по такого рода моделям, без взаимной увязки и без учета связей более высокого уровня.

♦ Учитывая возросший интерес к *моделям предприятий (группа В-3),* накопленный опыт в этой области и наличие большого количества публикаций по моделированию отдельных аспектов функционирования предприятий, мы ограничимся лишь констатацией факта, что данный класс моделей является базовым в том смысле, что основывается на информации от непосредственных источников, не подвергнутой агрегированию.

Существует определенная преемственность между моделями смежных групп. Если в моделях группы А-1 за счет агрегирования отраслей, несущественно влияющих на функционирование комплекса, выделить отдельные подотрасли, то получим некоторый специализированный вариант отправной *модели с неоднородным представлением отраслей*. В принципе, продолжая этот процесс, можно получить одну из моделей группы Б-1, т.е. с помощью некоторых «промежуточных» моделей возможен переход от одной группы к другим. При этом детализация и агрегирование могут затрагивать территориальный аспект и динамику процесса. Рассмотрению отдельного района, например, может предшествовать задача, сформированная из агрегатов прочих районов, и при детальном исследовании данного региона в нем выделяются отдельные микрорайоны.

«Промежуточные» модели, с одной стороны, позволяют глубже изучить связи между группами моделей, с другой – упрощают процесс согласования планов отдельных подсистем, так как они принадлежат обеим смежным подсистемам и, следовательно, в их планах уже существенно учтено их взаимное влияние. На множестве «промежуточных» моделей может быть построена двухуровневая система, в которой в качестве верхнего, согласующего уровня рассматривается исходная модель, а на нижнем, уточняющем, – «промежуточные». Более того, если процессу детализации в отправной модели подвергаются различные аспекты моделируемого объекта (уточняется региональная сетка или рассматривается более подробная номенклатура продукции), то мы получаем взаимосвязанные системы, с единой «узловой» моделью. Примерами такого рода могут быть подсистемы проектов «СИРЕНА» и «СОНАР», где в качестве узловой модели рассматривается Оптимизационная Межрайонная Межотраслевая Модель (ОМММ) (см. п. 1.3).

Модельное обеспечение среднесрочных и долгосрочных прогнозов различается (по крайней мере, по «качеству» используемой в числовых моделях информации) по уровням принятия решений. Набору (классу) прогнозных задач данного уровня управления соответствуют определенные принципы принятия решений, свой «язык» и точность (уровень агрегирования) показателей. При этом потоки информации в отдельном блоке системы комплексного прогноза развития экономической системы по своей сути однородны и тесно взаимосвязаны. Не отрицая возможности и необходимости взаимодействия между различными экономическими задачами из разных наборов (блоков) следует подчеркнуть принципиальное отличие согласования параметров внутри и между классами задач. Если учесть также различные горизонты планирования на разных уровнях принятия решений, то в вышеописанную схему необходимо добавить «третье» измерение – горизонты прогнозирования.

1.3. ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МЕЖРАЙОННАЯ МЕЖОТРАСЛЕВАЯ МОДЕЛЬ[1]: КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ОСНОВА И ФОРМАЛИЗАЦИЯ

Оптимизационная межрегиональная межотраслевая модель была предложена в 60-х годах предыдущего столетия и получила систематическое описание в работах А.Г. Гранберга [Гранберг, 1973]. Первые прогнозные расчеты для экономики Советского Союза для периода 1966–1975 гг. для 16 отраслей производства и 11 экономических регионов страны были осуществлены в 1967 г. К 1978 г. была осуществлена еще одна серия прогнозных расчетов – уже для периода 1975–1990 гг. Далее в 1978–1982 гг. по рекомендации Секретариата Генеральной Ассамблеи ООН сибирские межрайонные межотраслевые модели были привлечены для реализации проекта ООН «Будущее мировой экономики».

В середине 1980-х годов были предложены и далее развиты две системы моделей – СИРЕНА (СИнтез Региональных и НАроднохозяйственных моделей) и СОНАР (Согласование Отраслевых и НАроднохозяйственных Решений), основу которых составляли различные версии ОМММ. Первая система моделей акцентируется на проблемах взаимодействия национальной экономики и отдельных регионов, вторая – на анализе и прогнозировании взаимодействий между национальной экономикой и важнейшими многоотраслевыми комплексами (в первую очередь – с энергетическим комплексом: модель ОМММ-ТЭК). С тех пор ОМММ используется как для анализа и прогноза экономики страны в разрезе регионов и экономических секторов, так и для анализа межрегиональных и межотраслевых взаимодействий. Она также является полезным инструментом для оценки последствий реализации инвестиционных проектов.

Концептуальной основой ОМММ являются, прежде всего, теории межотраслевого анализа и оптимального использования ресурсов. Главные преимущества ОМММ заключаются в возможности совместного исследования важнейших условий развития экономики отдельных регионов и национальной экономики в целом: а) демографического, природно-ресурсного и производственно-технического потенциалов; б) региональных различий эффективности отраслей производства (в том числе: трудоемкости, капиталоемкости, материалоемкости); в) географического положения и транспортных затрат на перемещение продукции; г) межотраслевых связей внутри регионов; д) региональных различий уровня жизни и структуры потребления.

[1] Различные модификации модели и ее критерия оптимизации предложены многими авторами. См., например, [Оптимизация …, 2010; Суслов, Бузулуцков, 2010].

Теоретические модели пространственной экономики могут включать описание взаимодействий очень большого числа экономических, социальных, технологических, природных, демографических и других факторов и иметь сколь угодно сложную математическую структуру, анализ которой затруднен даже при использовании современных ИТ-технологий. Все это вынуждает отказываться от попыток построения всеобъемлющей и детализированной пространственной модели национальной экономики, приводит к необходимости ограничения сферы моделирования лишь важнейшими аспектами и к сознательному упрощению многих условий моделей и сильному агрегированию показателей. В ОМММ воплощен именно такой подход: модель опирается только на известные количественные связи между факторами и, таким образом, адаптирована к существующим источникам информации и хорошо разработанному математическому аппарату.

По своей структуре ОМММ представляет собой систему объединенных прогнозных региональных межотраслевых балансов, описывающих развитие экономики регионов, связываемых в единую систему условиями использования общих ресурсов, достижения общих целей для страны, межрегионального перемещения продукции и ресурсов, развития межрегиональной транспортной инфраструктуры.

Условием объединения региональных балансов является межрегиональная система производственно-транспортных связей (транспортный блок) и задаваемые экзогенно соотношения уровней жизни населения регионов (блок потребления), которые связываются единым максимизируемым критерием. Практически он формулировался следующим образом: «максимизировать уровень непроизводственного потребления страны (включая накопление непроизводственных фондов) при фиксируемых соотношениях региональных уровней потребления и фиксируемых правилах определения внутрирегиональной структуры потребления» [Гранберг, 1973, с. 52].

При адаптации ОМММ к Системе национальных счетов (СНС) произошло изменение содержания критерия, так как теперь в соответствии с новой информационной базой для построения ОМММ (таблицами «затраты–выпуск») его основу составляют расходы на конечное потребление домашних хозяйств [Суслов, Бузулуцков, 2010, с. 41–43]. В дальнейшем при описании модели будет использоваться именно это его трактовка. В других современных версиях ОМММ, например в проекте СИРЕНА, критерий определяется как объем максимизируемой части конечного продукта, представляющий сумму потребления домашних хозяйств и коллективного потребления [Оптимизация…, 2010, с. 172, 177].

Единичным решением модели является система эндогенных показателей, представляющих вариант развития экономики в последнем году прогнозного периода, включающий производство общественного продукта в разрезе отраслей, регионов и технологических способов, объемы перевозок продукции отраслей между регионами, объемы производственных капиталь-

ных вложений за конечный год и за весь период, объемы конечного потребления домашних хозяйств. Оптимизируемые объемы производства продукции *i*-й отрасли в *r*-м регионе подразделяются на получаемые в последнем году с производственных мощностей, действовавших на начало прогнозного периода, и на приросты производства продукции *i*-й отрасли в *r*-м регионе за счет инвестиций на расширение и ввод новых мощностей.

Расчетный (прогнозируемый) период при использовании ОМММ не может быть краткосрочным. Он должен быть достаточным для сооружения инвестиционных объектов в отраслях с большими сроками капитального строительства и освоения производственных мощностей. Практически расчеты по ОМММ проводятся на период 10–15 лет.

Модель представляет собой совокупность следующих групп условий:

1) региональные межотраслевые балансы производства и распределения продукции в последнем году прогнозного периода, предусматривающие возможность выбора оптимальных вариантов взаимосвязей между отраслями и регионами;

2) балансы наличия и использования трудовых ресурсов по каждому региону в последнем году прогнозного периода. Трудовые ресурсы закрепляются по регионам (т.е. являются экзогенными параметрами), в самой модели не предусматриваются условия перемещения трудовых ресурсов между регионами. Возможные и целесообразные миграционные потоки населения учитываются при обосновании прогнозных величин ограничений по труду;

3) балансы производства и потребления инвестиций в регионах за весь прогнозируемый период;

4) дополнительные ограничения по отдельным переменным (объемам производства, межрегиональным поставкам и т.д.), учитывающие лимитирующие природные условия, целесообразность использования имеющихся производственных мощностей и т.п.

При этих условиях находится вариант развития производства и межрегиональных связей, обеспечивающий максимальный рост затрат на потребление домашних хозяйств в целом по стране при заданной структуре (отраслевой и территориальной).

Приведем запись основных соотношений базовой ОМММ. Она включает *n* секторов продуктов и услуг (кроме транспорта), *T* видов транспорта и *R* регионов; в ней выделяется несколько капиталообразующих секторов (входящих в множество *G*) и, соответственно, столько же видов инвестиций. Каждый региональный блок *r* включает 5 типов ограничений – неравенства (1)–(6), целевая функция (7) относится не к отдельному региональному блоку, а к модели в целом:

$$x_i^{r0} + x_i^{r1} - \sum_{j=1}^{n+T} a_{ij}^{r0} \cdot x_j^{r0} - \sum_{j=1}^{n+T} a_{ij}^{r1} \cdot x_j^{r1} - u_i^{r1} - \alpha_i^r \cdot Z - \sum_{\tau=1}^{T} \sum_{s \neq r} x_i^{rs} + \sum_{\tau=1}^{T} \sum_{s \neq r} x_i^{sr} - NEX_i^r \geq q_i^r,$$

$$i = 1, \ldots, n; \qquad (1)$$

$$x_\tau^{r0} + x_\tau^{r1} - \sum_{j=1}^{n} a_{\tau j}^{r0} \cdot x_j^{r0} - \sum_{j=1}^{n} a_{\tau j}^{r1} \cdot x_j^{r1} - \sum_{s \neq r} \sum_{j=1}^{n} a_{\pi j}^{rs} \cdot x_j^{rs} - \sum_{s \neq r} \sum_{j=1}^{n} a_{\pi j}^{sr} \cdot x_j^{sr} \geq q_\tau^r, \quad \tau = 1, \ldots T; \tag{2}$$

$$\sum_{j=1}^{n} l_j^{r0} \cdot x_j^{r0} + \sum_{j=1}^{n} l_j^{r1} \cdot x_j^{r1} + \sum_{\tau=1}^{T} l_\tau^{r0} \cdot x_\tau^{r0} + \sum_{\tau=1}^{T} l_\tau^{r1} \cdot x_\tau^{r1} \leq L^r; \tag{3}$$

$$\sum_{j=1}^{n} k_{gj}^{r0} \cdot x_j^{r0} + \sum_{j=1}^{n} k_{gj}^{r1} \cdot x_j^{r1} + \sum_{\tau=1}^{T} k_{g\tau}^{r0} \cdot x_\tau^{r0} + \sum_{\tau=1}^{T} k_{g\tau}^{r1} \cdot x_\tau^{r1} - f(u_g^{r0}, u_g^{r1}) \leq 0, \; g \in G; \tag{4}$$

$$x_i^{r0} \leq \zeta_i^{r0}, \; i=1, \ldots, n; \tag{5}$$

$$\xi_i^{r1} \leq x_i^{r1} \leq \zeta_i^{r1} \text{(для некоторых } i, r\text{);;} \tag{6}$$

$$Z \to \max. \tag{7}$$

Здесь к эндогенным переменным (определяемым в модели) относятся:

x_i^{r0} и x_i^{r1} – объемы выпуска продукции сектора *i* в регионе *r* соответственно на старых и вновь

производственных мощностях;

x_τ^{r0} и x_τ^{r1} – объемы транспортной работы по виду транспорта τ в регионе *r*, реализуемые в рамках пропускных способностей транспортной инфраструктуры, имевшихся на начало периода и развитой в рамках рассматриваемого периода соответственно;

u_i^{r1} – объем капитальных товаров вида *i*, инвестируемых в регионе *r* в последнем году выделяемого периода;

Z – объем затрат на фактическое конечное потребление домашних хозяйств;

x_i^{rs} – объем продукции сектора *i*, перевозимой из района *r* в район *s*.

Экзогенными параметрами здесь выступают следующие:

a_{ij}^{r0} и a_{ij}^{r1} – затраты продукции сектора *i* на единицу выпуска сектора *j* в регионе *r* соответственно на старых и новых мощностях;

$a_{\tau j}^{r0}$ и $a_{\tau j}^{r1}$ – затраты транспортной работы вида τ региона *r* на единицу потребляемой в данном регионе продукции вида *j*;

$a_{\pi j}^{rs}$ – затраты транспортной работы вида τ региона *r* на вывоз единицы продукции сектора *j* в регион *s*;

$a_{\pi j}^{sr}$ – затраты транспортной работы вида τ региона *r* на ввоз единицы продукции сектора *j* из региона *s*;

$l_j^{r0}, l_j^{r1}, l_\tau^{r0}$ и l_τ^{r1} – затраты труда на единицу выпуска сектора *i* в регионе *r* на старых мощностях, на единицу труда на новых мощностях, на единицу транспортной работы на старых мощностях и на единицу работы транспорта на новых мощностях соответственно;

$k_{gj}^{r0}, k_{gj}^{r1}, k_{g\tau}^{r0}$ и $k_{g\tau}^{r1}$ – удельные затраты инвестиций вида *g* в регионе *r* последовательно: на поддержание производства на старых мощностях сектора *j*, на прирост производства в секторе *j*, на старых мощностях транспорта вида τ, и на развитие инфраструктуры транспорта вида τ;

α_i^r – доля *i*-го сектора (отрасли) региона *r* в общероссийском объеме затрат на фактическое конечное потребление домашних хозяйств;

u_g^{r0} – задаваемый экзогенно объем инвестиций вида *g* в регионе *r* в базовом году;

NEX_i^r – чистый экспорт (экспорт минус импорт) продукции сектора *i*, осуществляемого из региона *r*;

q_i^r – фиксируемая часть потребности в продукции сектора *i* в регионе *r*;

ζ_i^{r0} – максимальный объем продукции *i*-го сектора в *r*-м регионе, который может быть получен в последнем году прогнозного периода с производственных мощностей, действовавших на начало прогнозного периода;

ξ_i^{r1}, ζ_i^{r1} – минимальный и максимально допустимый приросты производства продукции *i*-го сектора в *r*-м регионе.

Межрегиональные балансы производства и распределения продукции и услуг (кроме транспортных) учитывают их потоки как на потребление внутри данного региона, так и на вывоз (соотношение 1). Причем направления использования вывозимых объемов продуктов и услуг в других регионах в этих балансах не представляются. Учитывается, что для внутреннего потребления используется также и ввоз. Международный экспорт и импорт в данной версии модели фиксируется.

Балансы транспортных услуг включают ее потоки на обеспечение внутрирегиональных перевозок, а также на вывоз и ввоз (2). Построение коэффициентов затрат транспорта $a_{\tau j}^{r0}, a_{\tau j}^{r1}, a_{\pi rj}^{rs}$ и $a_{\pi rj}^{sr}$ осуществляется на основе средних расстояний перевозок и показателей «веса» перевозимой единицы продукции данного сектора.

Балансы труда (3) имеют смысл ограничений на общий спрос на труд в в данном регионе, объем предложения которого задается экзогенно исходя из имеющихся демографических прогнозов – см. L^r в (3).

Балансы инвестиций (4) по каждому виду представляют собой ограничения не для последнего года, а для периода в целом. Они балансируют спрос на них как сумму произведений выпусков на коэффициенты капита-

лоемкости и общее производство инвестиционных товаров за весь период. При этом функции $f(u_g^{r0}, u_g^{r1})$, имеющие смысл суммы за период инвестиций вида g в регионе r, играют ключевую роль. Вменяется, что $u_g^{r1} = (1+\rho_g^r)\cdot u_g^{r0}$, где ρ_g^r – средний за период темп прироста годового объема инвестиций вида g в регионе r. Тогда $f(u_g^{r0}, u_g^{r1})$ зависят от ρ_g^r и легко строятся, а затем заменяются на свои линейные аппроксимации. Фактически в модели аппроксимируются именно показатели приростов инвестиций ρ_g^r.

Целевая функция задачи (6) – объем фактического конечного потребления домашних хозяйств. В модели фиксируются доли всех отраслей (секторов) по регионам в общем объеме поставок продукции и услуг в национальный фонд потребления:

$$\alpha_i^r,\ i = 1\ldots, N,\ r = 1,\ldots R,$$

где эти параметры – доля отрасли (сектора) i из региона r в общем объеме поставок продукции и услуг, N – число отраслей (секторов), R – число регионов, выделяемых в модели. Параметры α_i^r являются экзогенными переменными модели и, как правило, остаются неизменными в сценарных расчетах и потому могут рассматриваться как заданные параметры. Следовательно, они прогнозируются на стадии конструирования модели и ее базового варианта.

1.4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ МНОГООТРАСЛЕВОГО КОМПЛЕКСА В СОСТАВЕ ЭКОНОМИКИ

Для разработки эффективной стратегии развития многоотраслевого комплекса необходима не только оценка внутренних ресурсов и взаимосвязей этой подсистемы народного хозяйства, но и его взаимодействие с другими сегментами экономики. Многоотраслевой комплекс является сложным элементом народного хозяйства. Для прогнозирования изменения его территориальной и отраслевой структуры необходимо и возможно разработать и реализовать такой набор экономико-математических моделей, который позволял бы, с одной стороны, учесть своеобразие и специфику входящих в него отраслей, а с другой – увязать его функционирование с условиями развития народного хозяйства в целом.

Разнообразие задач прогнозирования, наличие нескольких уровней управления и взаимодействия требует привлечения целого набора моделей. В качестве одного из центральных направлений, способствующих последовательной реализации комплексного межотраслевого межрегионального подхода к прогнозированию долгосрочных перспектив развития отраслевых систем, можно назвать использование взаимосвязанной системы экономико-

математических моделей. Наличие большого круга разнообразных проблем, с которыми связано развитие отраслей, затрудняет построение жесткой унифицированной системы, предназначенной для решения всех задач среднесрочного и долгосрочного прогноза.

На протяжении многих лет в Институте экономики и организации промышленного производства СО АН СССР разрабатывались специализированные модельные комплексы, целиком охватывающие анализируемую совокупность однородных экономических объектов, но с акцентированным описанием ее отдельных аспектов. Основной принцип построения таких модельных комплексов заключается в следующем: детальное описание ядра (комплекса отраслей, группы предприятий, территориального сочетания ресурсов) дополняется агрегированным описанием фона (народнохозяйственного, отраслевого, смежных территорий). При этом ядром системы поочередно могут выступать объекты, выделенные из «фона». Сгенерированные таким образом модели объединяются в двухуровневые системы. На верхнем уровне рассматривается базовая (агрегированная) модель, на нижнем (уточняющем) уровне – модель с детализированным описанием отдельных условий функционирования. Модель нижнего уровня, в свою очередь, может рассматриваться ядром нижеследующей специализированной системы.

Взятая в качестве базовой модели в двухуровневой системе согласования отраслевых и народнохозяйственных прогнозов ОМММ является инструментом получения системы взаимосвязанных непротиворечивых межотраслевых балансов регионов и оптимизации их совокупности по выбранному критерию.

Агрегированное представление отраслевого комплекса в ОМММ приводит к постановке задачи, обладавшей рядом упрощающих моментов, ограничивающих широту анализа, например: затрудняется возможность оптимизации внутриотраслевой структуры, затрудняется дифференцированный анализ влияния отдельных факторов на развитие исследуемой отраслевой системы и др.

Под *детализированным представлением отраслевых систем в ОМММ* понимается более детальное (как минимум по номенклатуре отраслей) описание условий развития и размещения как всей системы, так и ее элементов (подотраслей, продуктов и др.) по сравнению с условиями других отраслевых систем, представляемых агрегированно. ОМММ такой конструкции сохраняет свои основные черты как модель сводного территориально-производственного прогнозирования. Она позволяет использовать условия развития остальных отраслевых систем в качестве народнохозяйственного фона для определения ключевых характеристик развития выделяемой отраслевой системы (внутри- и межотраслевых), в наибольшей степени определяющих развитие экономики страны. С другой стороны, данная модель позволяет глубже изучать взаимосвязи и взаимовлияние исследуемой отраслевой системы и народного хозяйства в целом [Гранберг, 1973].

Преимущество ОМММ подобной конструкции по сравнению с исходной агрегированной моделью состоит в том, что потребность в продукции отраслей комплекса и ее дифференциация по территории не задаются, а являются эндогенными параметрами модели. При автономной реализации моделей прогнозирования развития отраслевой системы эта величина обычно является экзогенным параметром. В отраслевых моделях затруднен учет межотраслевой взаимозаменяемости продукции – одного из факторов, который оказывает определенное влияние на развитие производства, и обычно рассматривается лишь частичная «технологическая» взаимозаменяемость отдельных видов продукции.

Получаемые характеристики развития отраслевого комплекса связаны с достижением максимального народнохозяйственного эффекта с позиций используемого в модели критерия. Одновременно с разработкой таких обобщающих параметров, как валовая продукция, численность занятых, объем межрегиональных поставок подотраслей комплекса, исчисляется также потребность в материально-технических ресурсах, необходимых для обеспечения реализуемости планов. Прогнозирование перспектив развития отраслевой системы по регионам осуществляется на основе имеющихся там сырьевых, топливных, трудовых и других ресурсов при одновременном учете прогноза развития других отраслевых комплексов. Применение ОМММ позволяет получить объективно обусловленные региональные оценки продукции и ресурсов, экономическая интерпретация которых может использоваться в анализе условий развития отдельных отраслей.

Многие исследователи[1] в качестве моделей нижнего (детализирующего) уровня предлагают использовать «специализированные» ОМММ (имеющие отличные от базовой модели и структуру, и номенклатуру), предполагая, что агрегирование выходной информации и передача ее в базовую модель не представляет собой сложную дополнительную задачу. Следуя логике структурного подхода, наличие в системе моделей народнохозяйственного прогнозирования развития многоотраслевого комплекса детализированных ОМММ вполне оправданно (хотя иногда и может быть заменено простой расчетной процедурой). С учетом этих замечаний на рис. 1.2 представим одну из систем взаимосогласованного прогнозирования народного хозяйства с детализированным (специализированным) представлением многоотраслевых комплексов в народнохозяйственной модели.

Конечно же, обмен информацией между реализуемыми моделями имеет двухсторонний характер, а достижение согласованного решения по всей системе представляет достаточно сложную задачу. Отметим только, что при таком подходе к учету народнохозяйственного фона, прогнозирование развития отдельного многоотраслевого комплекса или группы взаимосвязанных отраслей может осуществляться параллельно и не зависеть от состояния модельных разработок в других секторах экономики.

[1] См., например, [Суслов, 2008].

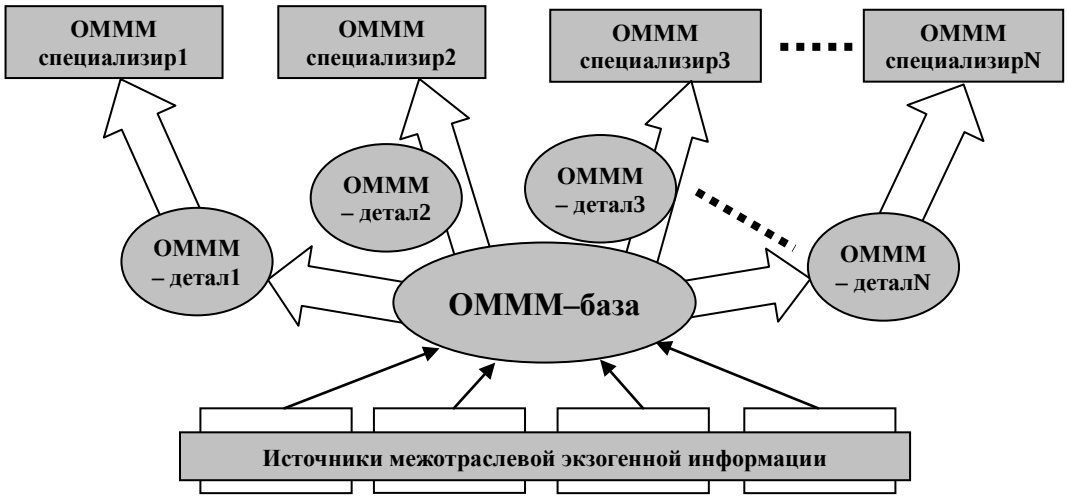


Рис. 1.2. Схема взаимодействия в системе моделей народнохозяйственного прогнозирования, построенной на базе ОМММ

Специализированные народнохозяйственные модели в данной системе имеют двухсторонние контакты с агрегированными моделями народнохозяйственного уровня и моделями собственно отраслевых систем. На основе моделей народнохозяйственного уровня (агрегированных и специализированных) организуются процедуры согласования решений по отдельным многоотраслевым комплексам. Обычный способ расширения области применимости разработанной модели состоит в добавлении и/или модификации учитываемых условий и факторов. Главное преимущество этих специализированных комплексов моделей – с одной стороны, возможность получения прогнозов развития регионов, отраслей и т.д., согласованных в масштабе народного хозяйства, а с другой стороны, – оценка сбалансированности пропорций народного хозяйства в целом, учитывающая возможности развития хозяйственных подсистем.

1.5. ЧИСЛОВОЙ ЭКСПЕРИМЕНТ СИСТЕМНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ДЕТАЛИЗИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ ОТРАСЛЕВЫЕ ПОДСИСТЕМЫ В ОМММ

Проблема получения согласованного детализированного прогноза развития взаимосвязанных экономических подсистем является альтернативной формулировкой проблемы большой размерности. Задача большой размерности – это задача, которую нецелесообразно решать как единую, и потому желательно разбивать ее на частные задачи, решения которых должны быть в определенном смысле непротиворечивы. «Естественным» подходом к формированию прогноза развития экономики в целом и принятии на его основе того

или иного решения является замена исходной детализированной задачи другой задачей, более агрегированной. Однако в результате расчета агрегированной модели мы уже не получаем детализированных переменных исходной задачи. Более того, найденные здесь значения могут не совпадать со значениями аналогов/агрегатов, получаемыми при суммировании переменных исходной задачи. Это происходит в силу того, что значения агрегатов, помимо обычных ошибок, возникающих в любых расчетах, неизбежно содержат ошибки нового рода – ошибки агрегирования.

Если при формировании исходной базы агрегированной модели используются предположительные значения детализированных переменных, то в результате, какой бы способ дезагрегации полученных значений переменных макромодели ни применялся, он не может, вообще говоря, сразу привести к точному агрегированному решению исходной (большеразмерной) задачи. Стремление уменьшить ошибку агрегирования в решении макромодели выбором наилучшего способа укрупнения привело к возникновению хорошо известной классической теории агрегирования. Но методы классического агрегирования позволяют лишь уменьшить ошибку агрегирования в решении макромодели и не способны (за исключением частных случаев) устранить ее полностью. Главное же – эти методы не позволяют получить решения исходной задачи большой размерности. Такая проблема в теории классического агрегирования даже не ставилась.

Формального разрешения указанной проблемы удалось добиться для достаточно большого класса экономических задач благодаря разработке специального подхода к проблеме агрегирования. В основу этого подхода была положена идея пересмотра привычного отношения к агрегации и дезагрегации. Полученные в результате первой агрегации и решения агрегированной модели показатели, а также показатели, получаемые в результате дезагрегации, не следует рассматривать как окончательные. Они должны рассматриваться как промежуточные, т.е. как некоторый этап первой итерации процесса решения исходной модели. Сами эти операции должны осуществляться на каждой итерации и проводиться таким образом, чтобы вместе с остальными операциями обеспечить сходимость итеративного процесса к решению исходной задачи. Разработанные в результате использования этих идей строгие методы взаимоувязки прогнозов с показателями разной степени детализации и получили название процессов итеративного агрегирования или, иначе говоря, последовательного переагрегирования укрупненных показателей, соответствующего их дез-агрегирования и уточнения детализированных показателей [Итеративное агрегирование…, 1979]. Специальным образом, обобщая и синтезируя идею агрегации и дезагрегации и идею итеративности, методы итеративного агрегирования позволяют решать проблему обеспечения строгого согласования задач, имеющих дело с показателями разной степени детализации.

Общая схема многоуровневых процессов итеративного агрегирования аналогична схеме процесса формирования и движения информации в реальной экономике с иерархической структурой управления. По аналогичной схеме могли проводиться расчеты по разработке и детализации прогноза развития экономики страны с использованием Оптимизационной Межрайонной Межотраслевой Модели. Аналогия здесь состоит в следующем. И на практике на нижних уровнях решаются локальные задачи, в каждой из которых рассчитывают значения отдельной группы детализированных переменных. Далее информация агрегируется и после этого передается на верхние уровни управления, где и проводятся макрорасчеты в агрегированных показателях. Результаты макрорасчетов (или модифицированная информационная база агрегированной модели, т.е. другая по сравнению с полученной снизу) в виде агрегированной информации, «спускаются» на нижние уровни управления (построения прогноза), где заново решаются локальные задачи с учетом агрегированной информации, полученной с верхних уровней управления.

В проекте СОНАР можно представить идею его реализации в возможности параллельной разработки группы моделей по крупным межотраслевым народнохозяйственным комплексам и согласования их решения с использованием ОМММ. Автономность работы по каждому комплексу может привести к существенной модификации базовой модели, а при принятой схеме обмена информации между ними – к несогласованности, вызванной различной структурой используемых моделей. Поэтому единственным путем поддержания целостности всего проекта является постоянный контроль за базовой информацией, доступной различным пользователям, и взаимный обмен информацией о конструктивных изменениях «ядра».

Ниже приводится описание числового эксперимента [Блам, Машкина, 2009], в котором в качестве системы, используемой для оценки взаимодействия моделей отраслевых подсистем, использовались два уровня, содержащие базовую и детализированные модели, однородные с точки зрения модельной конструкции и сервисного обеспечения, и различающиеся лишь количеством рассматриваемых отраслей (подотраслей).

Реализация единой детализированной (включающей весь набор подотраслей) модели затруднена не только из-за ее размерности, но и из-за того, что отдельные блоки предполагают привлечение разных специалистов. Использованная нами схема разбиения общей задачи на комплекс «детализированных отраслевых» является конструктивным подходом для решения этой проблемы, а схема формирования информационных потоков является вполне адекватным инструментом получения детализированного решения. Такая система моделей имитирует итерационный процесс построения прогноза, основанного на обмене агрегированной информацией между «отраслевыми комитетами».

Двухуровневая система оптимизационных моделей (рис. 1.3) построена на основе Оптимизационной Межрайонной Межотраслевой Модели (ОМММ: 27 отраслей и 8 регионов)[1]. Отметим, что вся номенклатура отраслей большеразмерной модели (27-отраслевой) представлена в «наборе» моделей подсистем, и предполагается, что композиция решений моделей второго уровня должна давать решение исходной модели.

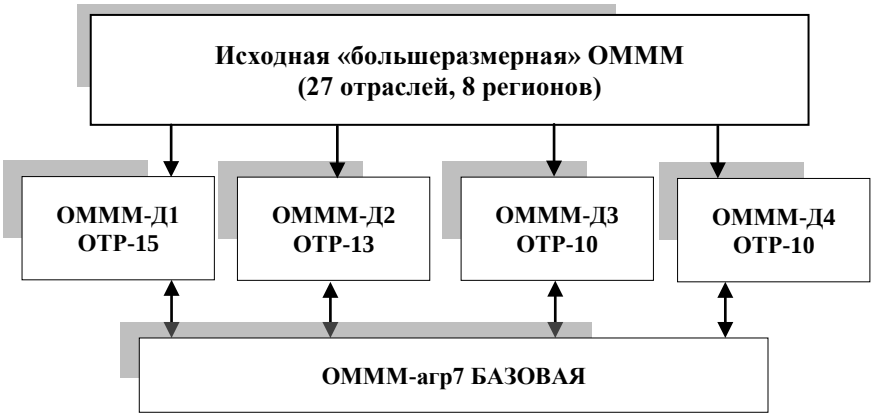


Рис. 1.3. Схема формирования и взаимодействия в двухуровневой системе оптимизационных моделей, построенных на базе ОМММ

Единая структура используемых моделей позволяет использовать модельно-программный комплекс, разработанный для реализации различных модификаций базовой ОМММ [Оптимизация…, 2010]. Кроме необходимой настройки комплекса на реализацию конкретных моделей системы, он был расширен рядом процедур агрегирования, позволившим в автоматическом режиме формировать исходные данные для каждой подсистемы.

На этапе подготовки исходных «детализированных» моделей была реализована следующая процедура агрегирования 27-отраслевой модели:

1. Коэффициенты материальных затрат, трудоемкость, капиталоемкость на действующих и новых мощностях – рассчитывались как средневзвешенные, в качестве весов использовались фиксированные объемы производства на действующих мощностях.

2. Коэффициенты транспортных затрат на экспорт и импорт, а также коэффициенты перевода цен в импортные и в экспортные, связанные с внешнеэкономической деятельностью, рассчитывались как средневзвешенные, в качестве весов использовались фиксированные объемы экспорта и импорта.

[1] Работающий модельно-программный комплекс 27-отраслевой базовой модели был предоставлен нам Н.М. Ибрагимовым, за что авторы выражают ему большую благодарность.

3. Коэффициенты транспортных затрат на межзональные перевозки на этапе формирования исходных агрегированных моделей рассчитывались как среднеарифметические значения соответствующих затрат транспортабельных отраслей.

4. Коэффициенты расчета верхних (UP) и нижних (LO) границ на новые мощности на этапе формирования исходных агрегированных моделей рассчитывались как среднеарифметические значения максимальных и минимальных значений темпов прироста объемов производства.

5. Отраслевая структура конечного потребления, значения правых частей ограничений, фиксированные объемы производства по действующим мощностям, ограничение на объемы экспорта и импорта – рассчитывались как простое сложение.

Таким образом, на информационной базе 27-отраслевой модели были сформированы четыре «детализированные» и одна агрегированная модели. Агрегируя информацию по описанному выше алгоритму, получили соответствующие файлы данных для всех пяти моделей из двухуровневой системы. Причем в исходных данных каждой детализированной модели: ОТР-15(Д1), ОТР-13(Д2), ОТР-10(Д3), ОТР-10(Д4) – присутствует информация агрегированной 7-отраслевой модели (по прямым ссылкам из данных агрегированной модели).

Опишем технологию и последовательность проведенных нами экспериментальных расчетов по взаимодействию информационных потоков.

После решения k-й детализированной модели производится агрегирование информационных массивов этой модели с учетом полученного оптимального решения в информационные массивы агрегированной модели.

На второй и следующих итерациях применялся следующий алгоритм расчета величин, определяющих нижние и верхние границы агрегированных объемов производства на новых мощностях – в качестве нижней границы задавалась величина $=[(1-\alpha)* X_{опт.}]$, а верхней $= [(1+\alpha)* X_{опт.}]$, где $X_{опт.}$ – оптимальное значение на предыдущей итерации соответствующего агрегата. В качестве α при разных экспериментах выбирались величины от 0,2 до 0,5. Представленные ниже результаты относятся к α=0,2. Отметим, что значение α нами брались одинаковыми для всех агрегатов, хотя влияние этой величины на результаты неодинаково для разных комплексов отраслей.

Далее будем обозначать используемые в расчетах модели следующим образом: исходная (27-отраслевая), Д1, Д2, Д3, Д4 и Агр7.

Очередность и процедура расчетов были следующими. На «нулевой» итерации (ИТЕР_0) решаются сформированные из 27-отраслевой модели задачи), при этом на базе решения Д1 формируется новый файл «D7_1» агрегированной модели. На первой итерации (ИТЕР_1) используя файл «D7_1», формируется и решается задача Д2. На базе решения Д2 формируется новый файл данных агрегированной модели «D7_1_2» (в котором сохраняются изменения, внесенные после решения задачи Д1 и Д2) и используя который формируется и решается задача Д3. И так далее. Ниже приводится цепочка решений.

- Итерация 0: Д1→«D7_1», Д2, Д3, Д4 и Агр7.

Далее процесс продолжается с использования полученного файла данных «D7_1»:

• Итерация 1:

«D7_1»→Д2→«D7_1_2»→Д3→«D7_1_2_3»→Д4→«D7_1_2_3_4» = «*D7».

• Итерация 2:

«*D7»→Д1→«*D7_1»→Д2→«*D7_1_2»→Д3→«*D7_1_2_3»→Д4→ «*D7_1_2_3_4» = «**D7».

• Итерация 3:

«**D7»→Д1→«**D7_1»→Д2→«**D7_1_2»→Д3→«**D7_1_2_3»→ Д4→«**D7_1_2_3_4»;

«**D7_1_2_3_4» = «***D7».

И так далее.

Вопрос о критерии прекращения итерационного процесса является, безусловно, узловым. Например, можно считать критерием прекращения итеративного процесса близость значений функционалов на нескольких последовательных итерациях. На рис. 1.4 показаны изменения значений целевых функций модели по итерациям. После третьей итерации функционалы «устойчиво близки» (разница между ними менее 0,7%), однако они на 1,5–2,1% меньше значения целевой функции исходной 27-отраслевой модели. Решения детализированных моделей на последней итерации, как и ожидалось, оказались «устойчиво повторяемы» по целому ряду основных показателей, не требуя при этом наложения каких-либо дополнительных условий. В табл. 1.1 приведены суммарные объемы производства в конечном году прогнозируемого периода. Отметим только, что даже в разрезе агрегатов наблюдаются отличия решений «детализированных» моделей от агрегированного эталонного 27-отраслевого решения.

Что касается объемов производства по детализированным отраслям, то здесь различия более существенны. По первому комплексу существенные колебания есть только по Северо-Западному федеральному округу (руды черных металлов), но в абсолютном исчислении эти отклонения не являются критичными, и ими можно пренебречь. Что касается отклонений по второму комплексу, то для отдельных федеральных округов они более существенны и требуют дополнительного изучения.

Очевидно, что если агрегируются отрасли, в решении которых есть встречные перевозки продукции подотраслей, то для базовой структуры используемой модели невозможно построить оператор агрегирования, который бы учитывал эту ситуацию (встречные перевозки внутри агрегата). Нами была экспериментально опробована модификация «узловой» модели комплекса, в которой при агрегировании подотраслей вводилось условие обязательного ввоза агрегата по регионам – потребителям продукции подотраслей (дополняющий ввоз).

Предлагаемая модификация агрегирования информации детализированных моделей предполагает фиксацию объемов встречных перевозок, полученных при решении соответствующих моделей. Проиллюстрируем процедуру учета дополняющего ввоза на примере модели, входящей в используемую нами экспериментальную систему и описывающей химико-лесной комплекс (ОМММ 10_хл – отраслевой комплекс 3). Из оптимального решения модели находим, по каким продуктам агрегируемого комплекса и между какими регионами есть встречные перевозки (табл. 1.2).

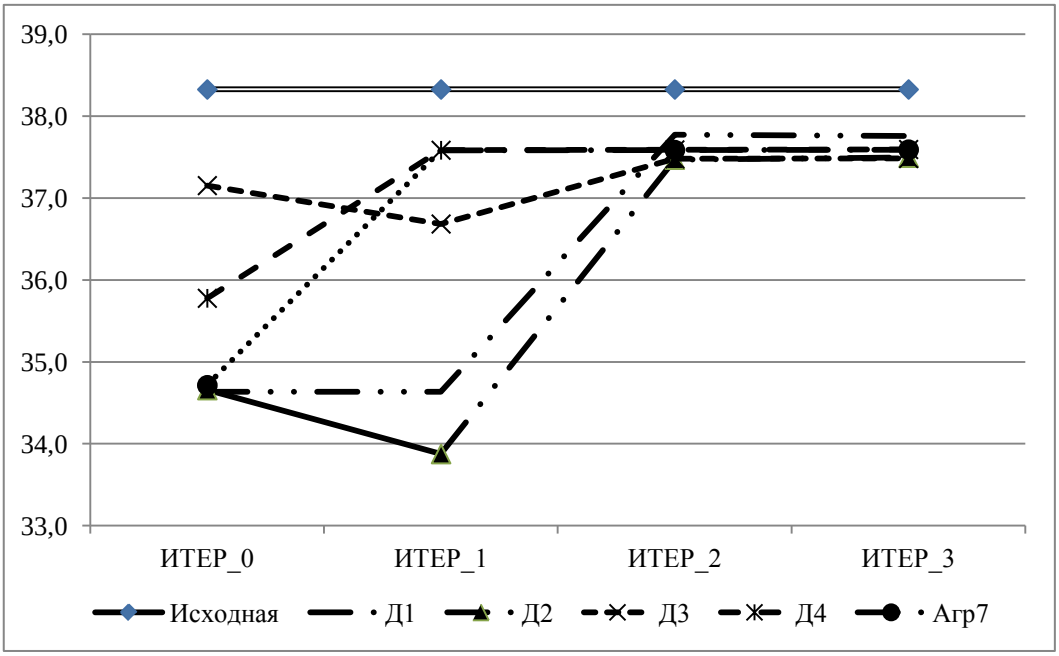


Рис. 1.4. Значения функционалов моделей по итерациям

Таблица 1.1

Суммарные объемы производства в конечном году прогнозируемого периода

Наименование	27-отр.	Д1	Д2	Д3	Д4	Агр7
Комплекс_1	12.8	12.7	12.9	12.8	12.9	12.9
Комплекс_2	2.9	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8
Комплекс_3	31.7	30.9	30.5	32.3	31.4	31.4
Комплекс_4	16.9	16.6	15.3	16.6	16.6	16.6
Машиностроение	10.3	9.5	10.4	10.4	10.6	10.6
Строительство	10.1	9.7	10.7	10.1	10.2	10.2
Транспорт и связь	5.6	5.4	5.4	6.0	6.1	6.1

Таблица 1.2

Объемы «встречных» межрегиональных перевозок в модели с детализированным химико-лесным комплексом, млн руб.

Продукция	Мне-мони-ка	«Ввоз–вывоз»			
		из СЗФО в ЦФО	из СЗФО в ПФО	из ЦФО в СЗФО	из ПФО в СЗФО
Продукты химической промышленности	XM	54388	0	0	0
Продукты нефтехимической промышленности	XN	0	0	19419	11363
Продукция лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности	LS	17650	4026	0	0
Продукция целлюлозно-бумажной промышленности	CP	57988	26515	0	0

Таблица 1.3

Формирование способа транспортировки агрегированной продукции при встречных потоках – направление СЗФО (SZ) в/из ЦФО (CN).

Мнемо-ника	XM^SZ>CN	LS^SZ>CN	CP^SZ>CN	Агрегированный способ (CH)		Показа-тель	XN^CN>SZ	Агрегированный способ (CH)	
CNXM	1			**CNCH**	1	CNXM		**CNCH**	–1
CNXN						CNXN	–1		
CNLS		1				CNLS			
CNCP			1			CNCP			
CNTR	–0.032	–0.062	–0.027	**CNTR**	–0.0340	CNTR	–0.016	**CNTR**	
SZXM	–1			**SZCH**	–1	SZXM		**SZCH**	1
SZXN						SZXN	1		
SZLS		–1				SZLS			
SZCP			–1			SZCP			
SZTR	–0.015	–0.028	–0.012	**SZTR**	–0.0155	SZTR		**SZTR**	
Объемы	**54388**	**17650**	**57988**		130036	**Объемы**	**19419**		**19419**

По регионам, задействованным на транспортировке «дополняющего ввоза», в балансовые ограничения по транспорту вводятся соответствующие средневзвешенные значения затрат на транспортировку продукции (в том числе и в транзитных регионах).

Расчет агрегированного способа представлен в табл. 1.3. «Встречные» транспортные способы взвешиваются на соответствующие оптимальные объемы поставок.

Аналогичным способом в данной модели формируется информация о встречных поставках по направлению: Северо-Западный федеральный округ (СЗФО) – Приволжский федеральный округ (ПФО). Эти способы добавляются в агрегированную модель, а затем передаются в модели других комплексов. Объемы перевозок по этим способам фиксируются на уровне, полученном в решении по соответствующей модели. Все остальные процедуры информационного обмена между детализированными моделями в используемой в расчетах двухуровневой системе остались прежними. Отметим, что в данном случае мы скорректировали структуру базовой ОМММ, введя в нее дополнительные способы, но это позволило нам, по крайней мере, учесть более полно транспортную работу.

Проведенные расчеты по данной модификации алгоритма согласования моделей показали, что таким образом можно достичь близости решений не только по значению функционалов, но и существенно приблизить детализированные объемы валовых выпусков к решению исходной «большеразмерной» 27-отраслевой модели.

ЛИТЕРАТУРА

Аганбегян А.Г., Багриновский К.А., Гранберг А.Г. Система моделей народнохозяйственного планирования. – М.: Мысль; Новосибирск: Новосиб. кн. изд-во, 1972. – 348 с.

Блам Ю.Ш. Оптимизационные модели в перспективном планировании лесного комплекса / отв. ред. В.В. Кулешов; ИЭОПП СО АН СССР. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1983. – 167 с.

Блам Ю.Ш. Структурное проектирование и реализация программно-модельных комплексов / отв. ред. Г.М. Мкртчян; ИЭОПП СО РАН. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1992. – 111 с.

Блам Ю.Ш., Машкина Л.В. Числовой эксперимент системной реализации детализированных моделей, описывающих отраслевые подсистемы в ОМММ // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Социально-экономические науки. – 2009. – Т. 9. – Вып. 4. – С. 24–32.

Гранберг А.Г. Оптимизация территориальных пропорций народного хозяйства. – М.: Экономика, 1973. – 248 с.

Итеративное агрегирование и его применение в планировании / под ред. Л.М. Дудкина. – М.: Экономика, 1979. – 328 с.

Методы и модели согласования иерархических решений / под ред. А.А. Макарова. – Новосибирск: Наука, 1979. – 240 с.

Оптимизация территориальных систем / под ред. С.А. Суспицына; ИЭОПП СО РАН. – Новосибирск, 2010. – 630 с.

Суслов Н.И. Прогнозирование развития региона на основе межотраслевых моделей // Сибирь в первые десятилетия XXI века / отв. ред. В.В. Кулешов. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2008. – Гл. 20. – С. 298–310.

Суслов В.И. Многорегиональная оптимизационная модель: реальное значение и современная спецификация // Регион: экономика и социология. – 2011. – № 2. – С. 19–45.

Суслов Н.И., Бузулуцков В.Ф. Проект СОНАР-ТЭК: системное моделирование энергетики (Раздел 1.2.) // Методология и практика построения и использования региональных топливно-энергетических балансов. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2010.

Глава 2
СОНАР-ТЭК: МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В СИСТЕМЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ[1]

2.1. СФЕРЫ «ОТВЕТСТВЕННОСТИ» ТЭК В ЭКОНОМИКЕ СТРАНЫ

Важнейшим принципом разработок в области энергетики является рассмотрение ТЭК не как изолированной структуры, а как части экономической системы. Другими словами, энергетический комплекс выступает в анализе как одна из подсистем экономики, имеющая вполне определенные, причем приоритетные, функции, и без нормальной работы которой невозможно существование и всего экономического комплекса.

ТЭК в любом случае рассматривается как важнейшая обеспечивающая и инфраструктурная подсистема, в функции которой входит поддержание надежности энергоснабжения для нормального функционирования и развития производства, социальной сферы, а также обеспечения комфортных условий жизни в домохозяйствах. В этой своей функции он также «ответственен» за достижение рационального уровня энергонасыщенности экономики, включая качество и количество используемой энергии, что очень важно с позиции обеспечения условий для реализации научно-технического прогресса. При этом объем и структура энергопотребления выступают как некие результирующие показатели, которые складываются под воздействием, с одной стороны, требований, предъявляемых потребностями социально-экономической системы, а с другой – возможностей самих энергопроизводящих отраслей, имея в виду доступность первичных источников энергии, а также технологии преобразования и доставки первичной энергии в ее конечные виды. Соответственно анализ текущего состояния и тенденций изменения энергопотребления является приоритетным направлением разработок в области топливно-энергетических балансов, составляя их расходную сторону.

При прогнозировании потребления по отраслям и регионам используется сочетание различных методов: прямого счета, анализа тенденций энергопотребления, межстрановых сравнений, экспертных оценок. На основе современных статистических методов анализируются тенденции в энергопотреблении по различным категориям потребителей как в динамике, так и на перекрестных данных регионов России и стран мира. Затем определяемые закономерности переносятся на будущее развитие в разрезе указанных потребителей (отраслей, видов экономической деятельности, групп населения). Используется также метод прогноза энергопотребления, основанный на прогнозных оценках выпуска видов энергоемкой продук-

[1] Данная глава подготовлена при поддержке гранта РГНФ 12-02-00258.

ции. При дополнительном учете воздействия на объемы энергопотребления новых инвестиционных проектов привлекается проектная, а зачастую и экспертная информация.

Важной функцией энергетики является то, что она сильно, а часто и определяющим образом, воздействует на социально-экономические и технологические структуры, порою практически полностью формируя их. Энергетические производства предъявляют спрос на другие виды продукции и ресурсы, тем самым стимулируя их производство. Совершенствование технологий добычи, преобразования, доставки и потребления ТЭР также оказывает стимулирующее воздействие на развитие науки, техники, накопление человеческого капитала (в виде подготовки кадров), что сказывается и на техническом уровне других производств. Здесь же проявляется и районообразующая роль ТЭК: имеющиеся природные энергетические ресурсы часто определяют начало и масштабы освоения новых районов, их дальнейшее развитие. Обильные источники энергии привлекают в зоны своего влияния энергоемкие производства. В таких случаях наличие энергоресурсов составляет конкурентное преимущество региона или страны.

При анализе и прогнозировании развития ТЭК, в особенности на макроуровне и в региональных разработках, следует принимать в расчет такую функцию энергетики, как ее способность генерировать большие доходы, имеющие высокую рентную составляющую. Это происходит тогда, когда энергетические производства становятся отраслями специализации регионов или стран. Проблема эффективного использования рентных доходов сама по себе не является чисто экономической, а оказывает воздействие на институциональную и политическую системы на макроуровне, может приводить к серьезным изменениям в налоговой системе, структурной и внешнеторговой политике, способствовать укреплению различных групп интересов – лобби. Зачастую, страны, обладающие значительными нефтегазовыми ресурсами, попадают в зависимость от них, характеризуемую как «институциональная ловушка» (называемая также «ресурсное проклятие»). Понятие «институциональной» или «социальной ловушки» означает неэффективное состояние социально-экономической системы, которое воспроизводится снова и снова ввиду больших социальных издержек, связанных с изменением ситуации. В таких случаях доходы от эксплуатации могут использоваться недостаточно эффективно вплоть до их вывоза за пределы стран и регионов.

Однако само наличие доходов всегда дает дополнительные возможности социально-экономическому развитию страны или регионов, где располагаются указанные ресурсы. За счет них идет наполнение бюджета, и расширяются возможности реализации социальных программ, а также финансирования инвестиций. Увеличиваются ресурсы банковской системы, стимулируется развитие фондовых рынков.

Еще одна функция ТЭК – геополитическая. В условиях глобализации и формирования мирового рынка энергоресурсов само обладание крупными источниками энергоресурсов может играть роль усиления влияния стран и регионов на международной арене. Этому способствует и формирование глобальных транспортных сетей для торговли энергоресурсами, что может вести к усилению влияния и третьих стран, через которые проходят или потенциально могут проходить трубопроводы для транспортировки углеводородов.

Мировой рынок нефти давно стал важнейшим элементом геополитического влияния. Изменения цен на нефть, зачастую вызванные политическими факторами и очень сильно увязанные с изменениями в ожиданиях, в свою очередь воздействуют на курсы валют, котировки на фондовых рынках и потоки капитала, что может изменить расстановку сил на мировой арене. Нефть является товаром особого рода: при ее важности в экономике она не имеет сколько-нибудь серьезных заменителей. Это означает, что спрос на данный товар неэластичен, т.е. изменения в цене на нефть лишь незначительно влияют на спрос на нее. Но и обратное также верно: небольшие изменения в количестве имеющихся нефти или нефтепродуктов ведут к серьезным колебаниям цен. Указанный фактор добавляет значимости рынкам углеводородов в смысле их воздействия на геополитическом уровне.

2.2. ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ ЭКОНОМИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП

В ИЭОПП в рамках разработок, направленных на анализ проблем ТЭК, усилия направлены на учет всех рассмотренных функций ТЭК, что потребовало развития подходов к моделированию энергетических систем. Энергетическая ветвь СОНАР, получившая название СОНАР-ТЭК, идентифицировалась в общем потоке отраслевых разработок в середине 80-х годов прошлого века. Ее основу составила модель ОМММ-ТЭК, созданная на основе известной Оптимизационной Межрайонной Межотраслевой Модели А.Г. Гранберга. Позже система СОНАР-ТЭК стала дополняться другими элементами – модельными конструкциями и целыми модельными комплексами, которые могут использоваться и изолированно. Указанные разработки являются содержанием многолетних исследований института в области ТЭК страны и регионов, рассматриваемых как часть национальной экономики или региональной экономической системы.

Комплексные исследования энергетики в системе ее внешних взаимосвязей восходят к широко известному плану восстановления экономики России после потрясений революций и войн ГОЭЛРО. Идеи системного подхода к изучению энергетики, положенные в основу данного плана, зало-

жили «основы отечественной энергетической научной школы, созданной академиком Г.М. Кржижановским» [Мелентьев, 1983, с. 8]. Прогресс в сфере вычислительной техники сделал возможным применение математических методов в области исследования и прогнозирования ТЭК с начала 60-х годов XX столетия [Кузнецов и др., 1962; Методы…, 1964]. Задача оптимизации по математической форме ставилась как распределительная задача линейного программирования, достоинствами которой являются простота реализации и, вместе с тем, достаточные возможности по описанию вариантности распределения топлива и энергии. Недостаток такой постановки – ограниченные возможности учета затрат на производство ТЭР – не позволяет, однако, использовать ее для оптимизации приходной части топливно-энергетического баланса. В дальнейшем были предложены блочные модели линейного программирования [Методика…, 1975; Методические положения…, 1975], значительно лучше отражающие закономерности процесса энергообеспечения экономики. Они позволяли учесть практически все важнейшие внутренние взаимосвязи энергетики: связи в рамках единого технологического процесса добычи и переработки топлива производства и преобразования энергии, доставки их потребителям, выработки и потребления конечных видов энергии.

Вместе с тем применение, хотя и развитых, но изолированных моделей ТЭК сужает возможности анализа взаимодействия энергетики и экономики, что особенно ощущается при долгосрочном прогнозировании, когда, как правило, имеется усиление воздействия ТЭК на экономику в целом. Осознание указанного недостатка изолированных моделей привело к формированию системного подхода к исследованию и моделированию ТЭК (методологические основы которого заложены в работах [Макаров, Мелентьев, 1973; Мелентьев, 1976, 1977]), предполагавшего, наряду с анализом и моделированием внутренних связей и объектов ТЭК, явный учет внешних связей ТЭК. Это достигается за счет включения в систему моделей таких конструкций, которые способны в той или иной степени описать взаимовлияние энергетики и экономики.

В 1970–1980-е годы прошлого века разрабатывалось и использовалось несколько модельных комплексов исследования ТЭК, включающих наряду с чисто энергетическими моделями, также модели, охватывающие другие сферы экономики: система моделей оптимизации ТЭК, развивавшаяся в ЦЭМИ АН СССР [Оптимизация…, 1981], система моделей обоснования оптимального развития топливно-энергетического комплекса, разрабатывавшаяся во ВНИИКТЭП при Госплане СССР [Крашенинников и др., 1979; Любочская, Орлов, 1979]. По-видимому, методически наиболее разработанным подходом к исследованию ТЭК на основе комплексов экономико-математических моделей, имевшим значительные результаты применения, являлся подход, развивавшийся в СЭИ СО АН СССР (ныне ИСЭ им. Л.А. Мелентьева СО РАН) и ИВТ АН СССР [Гершензон, 1983; Кононов,

1981; Криворуцкий, 1983; Макаров, Вигдорчик, 1979; Макаров и др., 1984; Макаров, Мелентьев, 1973; Методы…, 1977; Системные исследования…, 2000; Энергетический комплекс…, 1983]. Указанными коллективами в рамках единой концепции выбора оптимальных направлений развития ТЭК были разработаны две системы моделей – среднесрочного прогнозирования развития энергетики и долгосрочного прогнозирования развития энергетики.

Система среднесрочного прогнозирования развития энергетики [Макаров, Вигдорчик, 1979; Макаров и др., 1984] была предназначена для расчетов на периоды времени от 10 до 20 лет и нацелена на решение вопросов, связанных с определением рациональных тенденций в энергоснабжении, электрификации, в экспорте, внутренней структуре ТЭК, в специализированных видах транспорта топлива и энергии, в размещении энергоемких производств. Она также предназначалась для нахождения значения замыкающих затрат на топливо и энергию, оценки требований со стороны энергетики к развитию смежных отраслей народного хозяйства и выделению ТЭК народнохозяйственных ресурсов.

Система моделей для долгосрочного прогнозирования [Кононов, 1981; Макаров и др., 1984] позволяла проводить расчеты на период от 20 до 40 лет и включала существенно более агрегированные модели, чем предыдущая. Она была нацелена в первую очередь на учет внешних связей энергетики, что обуславливало существенное внимание к макроблоку – модели народного хозяйства.

Зарубежные исследования в области взаимосвязей энергетики и экономики в какой-либо заметной степени начались лишь в 70-е годы прошлого века, вызванные энергетическим кризисом [Bullard, Pilati, 1976; Danzig, Parikh, 1976; Hogan, 1974; Hudson, Jorgenson, 1974; Van der Voort, 1982; Манн, 1978]. Причем использовались как большие модели, включающие энергетику как сектор экономики, так и объединения экономических и энергетических моделей в единые комплексы[1]. Пристальное внимание исследователей занимали вопросы воздействия цен на энергоресурсы на энергопотребление и структуру экономики, научно-технический прогресс; вопросы налоговой торговой политики. В дальнейшем создание систем моделей концентрировалось на аспектах долгосрочного прогнозирования энергопотребления и развития ТЭК с выявлением его возможного воздействия на экономическое развитие [Chateau, Quercia, 2003 (эл. ист. инф.); The Energy… (эл. ист. инф.); The National…, 2009 (эл. ист. инф.); Voβ и др., 1995; Wade, 2003 (эл. ист. инф.)].

С началом экономических реформ существенным образом поменялись как условия функционирования экономики и ТЭК, так и положение науки в России. Распад старой системы управления экономикой привел к ликвидации централизованного планирования, управления отраслевыми

[1] Обзор западных подходов и моделей см. в кн.: Методы и модели прогнозных исследований взаимосвязей энергетики и экономики. – Новосибирск: Наука, 2009.

министерствами. В результате институциональных реформ были созданы самостоятельные субъекты рынка, работающие на началах самоуправления и самофинансирования. Роль государства при этом сводится, главным образом, к косвенному регулированию экономикой через вновь созданные органы экономического управления и пакеты акций крупных компаний, которые остаются в собственности государства. Постепенно повышалась роль механизма рыночного саморегулирования в экономике, значение финансовых и бюджетных ограничений. Экономика постепенно приобретала «чувствительность» к ценовым сигналам.

Указанные коренные изменения в роли государства и планирования, в статусе непосредственных производителей, всего хозяйственного механизма привели к изменению приоритетов, подходов и методологии анализа и прогнозирования процессов в области производства и потребления топливно-энергетических ресурсов. Это, прежде всего, выразилось в следующем:

– произошло изменение соотношения между позитивным и нормативным подходами в пользу первого: «…темпы роста и структура экономики больше не являются исходными условиями для прогнозирования энергетики» [Новая энергетическая политика…, 1995];

– в области прогнозирования повысилась роль краткосрочных прогнозов по сравнению с долгосрочными, хотя составлению последних все еще уделяется значительное внимание;

– сложные модели и методы, требующие длительного времени и больших усилий и средств на подготовку и адаптацию (отладку) в значительной мере уступили место более простым методам статистического анализа, имитационным и балансовым моделям, моделям простого счета. В частности, балансовые модели стали более распространенными по сравнению с оптимизационными;

– расширился предмет анализа и моделирования в области ТЭК: значительно большее внимание стало уделяться финансовым аспектам проблемы, ценовой и налоговой политики, взаимоотношениям с бюджетной сферой;

– появился обширный пласт литературы, посвященной исследованию институциональных проблем.

В целом, как нам представляется, имеет место тенденция к использованию менее строгих и более прагматических методов и моделей анализа и прогнозирования в энергетике, что, особенно в сочетании с развитием технических средств анализа и расчетов, позволяет минимизировать время и средства на получение результатов, имеющих практическую и теоретическую значимость.

Новым этапом в развитии модельных комплексов взаимосвязей экономики и энергетики как ИНЭИ РАН, так и ИСЭМ СО РАН явились разработки в рамках исследовательской Программы фундаментальных

исследований «Создание интерактивного модельно-компьютерного комплекса для исследования стратегий развития ТЭК во взаимосвязи с экономикой и оценки последствий оперативных решений» под руководством академика А.А. Макарова. Для обоих комплексов предполагалось на основе уже имеющихся моделей и вновь создаваемых конструкций создать комплекс компьютерных средств для прогнозирования и системной оценки эффективности, рисков и последствий принятия решений в области развития ТЭК во взаимосвязи с вариантами развития экономики страны при учете рыночных реалий и стратегий и направлений государственной политики. При этом комплекс средств анализа и прогнозирования ИНЭИ акцентирован на оценке и детальной проработке вариантов энергетической политики и мониторинга их реализации, т.е. по-прежнему достаточно сильно специализирован на разработке и сопровождении «Энергетической стратегии России».

Развиваемый в настоящее время комплекс модельно-компьютерных средств ИСЭМ акцентирован именно на долгосрочных расчетах. Он при этом, с одной стороны, нацелен на анализ воздействия внешних для ТЭК России факторов, таких как развитие экономики страны, выбор экономической политики, изменений внешней конъюнктуры, а, с другой стороны, наоборот, на исследование влияния стратегий и характеристик энергетического комплекса на развитие страны и регионов. Это означает учет в анализе прямых и обратных связей ТЭК страны [Методы…, 2009].

Комплекс имеет весьма сложную структуру и включает в себя как уже упоминавшиеся выше конструкции, так и новые. В качестве элементов комплекса выступают системные блоки, сами являющиеся модельными комплексами, которые могут использоваться самостоятельно. Как удается понять, первичными элементами системы моделей для комплексной оценки долгосрочных последствий изменений в условиях развития ТЭК страны [Методы…, 2009, с. 31] выступают: модельный комплекс МЭСТЭК, система моделей для расчета спроса на энергоносители по регионам, оптимизационная динамическая модель ТЭК, модели ИНТАР и ТАРИН, работающие совместно. Для расчетов используются характеристики ВВП, внешней конъюнктуры и налоговой и ценовой политики. На выходе – характеристики вариантов развития ТЭК по регионам страны, включая спрос на энергоносители, объемы производства и переработки ТЭР, цены на энергоресурсы, а также, как можно ожидать, показатели экономического развития, включая объемы выпуска продукции по отраслям и регионам, инвестиции, темпы инфляции, финансовые показатели в отраслях ТЭК, а также бюджеты регионов. В дальнейшем для лучшей оценки реализуемости вариантов развития ТЭК предполагается включение в общую систему еще одного модельного комплекса – ИМПАКТ-2.

Модельный комплекс МЭСТЭК представляет собой «сообщество» моделей макро- и мезоуровня. Это динамическая народнохозяйственная

модель МИДЛ, базирующаяся на межотраслевой информации; модели ИНФЛЯЦИЯ, ОРГАН; модель энергопотребления; модель МАКРОТЭК [Методы…, 2009, с. 147]. Использование МЭСТЭК непосредственно позволяет анализировать воздействие изменений в ТЭК на экономику в целом – темпы и структуру производства, цены, финансы, социальную сферу.

Комплекс моделей энергопотребления включает опять-таки модель МИДЛ и имитационную модель энергопотребления в производственной сфере. Из первой модели во вторую поступают объемы производства в отраслях хозяйства, включая выпуски на вновь вводимых мощностях. Использование цен на энергоресурсы и другие виды продуктов, а также показателей эластичности спроса на энергоносители и встраивание процедуры оценки «*экономической целесообразности ускорения перехода к новой технологии*» [Методы…, 2009, с. 50] позволяет учесть воздействие рыночных стимулов к энергосбережению. Еще одна модель – называемая НЕПРЭН – предназначена для прогноза и анализа потребления энергоресурсов в непроизводственной сфере. В ней, как можно понять из описания [Там же, с. 59–67] реализованы процедуры и нормативы расчетов, утвержденных Правительством РФ. В целом, представляется, что обсуждаемый блок общего МКК позволяет построить расходную часть региональных ТЭБ на перспективу, и при этом остаются понятными лежащие в основе прогнозов гипотезы.

Оптимизационная динамическая модель ТЭК позволяет подробно рассчитать параметры развития отраслей ТЭК на перспективу до 30 лет для каждого пятого года по федеральным округам, что делает возможным расчет приходной части перспективных региональных ТЭБ. Модель позволяет также осуществлять выбор между конкурирующими технологиями.

Две модели – ИНТАР и ТАРИН – предназначены для прогнозных расчетов цен и тарифов. При этом в модели ИНТАР, исходя из требований осуществления необходимых платежей и окупаемости затрат, определяются уровни цен за период, а модель ТАРИН осуществляет развертку средней за период цены в динамике, используя критерий дисконтированного потока денежных средств на строительство новых электростанций. Таким образом, одновременно выбираются и варианты инвестирования в новое строительство. Верхние границы цен определяются дополнительно на основе анализа связанных с транспортом и экспортными налогами. Данная процедура выглядит вполне логично и отражает закон выравнивания цен. Однако имеются факторы, учесть которые в моделировании и прогнозировании на длительную перспективу достаточно сложно. Цены на топливо на внутреннем рынке могут оказаться и выше внешних цен ввиду, например, политики ценовой дискриминации, проводимой российскими компаниями, обладающими рыночной властью. Это может привести и к высоким тарифам на электро- и теплоэнергию.

2.3. АРХИТЕКТУРА СОНАР-ТЭК

Энергетическая ветвь СОНАР, получившая название СОНАР-ТЭК, идентифицировалась в общем потоке отраслевых разработок в середине 80-х годов прошлого века. Ее основу составила модель ОМММ-ТЭК, созданная на основе известной оптимизационной межрайонной межотраслевой модели А.Г. Гранберга [Гранберг, 1973]. Позже система СОНАР-ТЭК стала дополняться другими элементами – модельными конструкциями и целыми модельными комплексами, которые могут использоваться и изолированно. Указанные разработки являются содержанием многолетних исследований института в области ТЭК страны и регионов, рассматриваемых как часть национальной экономики или региональной экономической системы. Основными принципами ее проектирования и строительства явились:

– укрупненное описание комплекса внутренних и внешних связей энергетического комплекса экономики в единой модельной конструкции;

– комплексный учет взаимосвязей различного типа – межотраслевых, межрегиональных, связей конкуренции между сферами хозяйства за основные народнохозяйственные ресурсы;

– выделение магистральных направлений исследования и создание под них основных модельных модулей – достаточно автономных программно-модельных комплексов, способных функционировать совместно и при этом формирующих «ядро системы»;

– создание модельных конструкций «под возникающую проблему»; указанные конструкции также увязываются с ядром системы;

– создание средств для реализации интерактивного режима функционирования средств СОНАР-ТЭК, обеспечивающего «диалог» между экспертом-исследователем и модельным комплексом;

– создание средств и моделей, отражающих специфику конкретных подсистем и объектов энергетики.

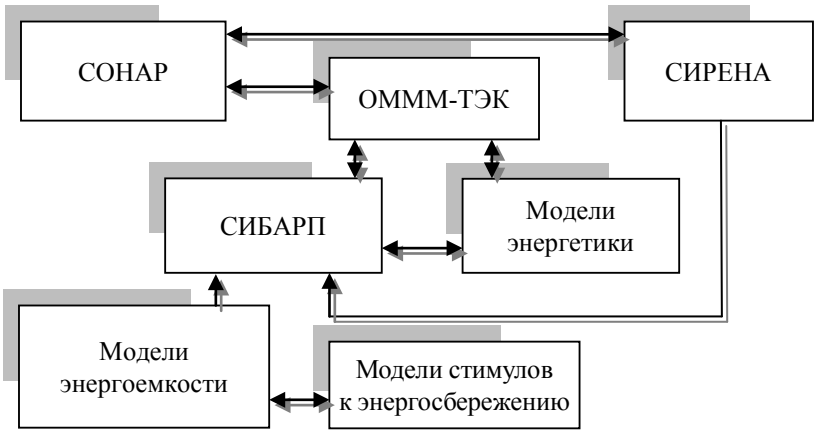


Рис. 2.1. Принципиальная структура и связи СОНАР ТЭК

Современная архитектура системы СОНАР-ТЭК (рис. 2.1), во-первых, отражает его взаимосвязи с общей системой СОНАР. Речь идет, прежде всего, о согласовании общих параметров развития национальной экономики, ее крупных секторов и регионов, осуществляемого на основе взаимодействия различных детализированных или специализированных ОМММ. Взаимосвязи с родственным комплексом разработок СИРЕНА также возможны и практически имели и имеют место. Например, в ходе разработки Стратегии развития Новосибирской области (НСО) оказалось удобным сформировать особый модельный комплекс, включающий как модели комплекса СИРЕНА, так и СОНАР [Методология…, 2010].

Далее взаимодействия центральной модели проекта ОМММ-ТЭК детализируются как по региональной линии, так и по отраслевой. Связи по региональной линии реализуются через программно-модельный комплекс СИБАРП (СИстема БАлансовых Расчетов на Перспективу), позволяющий осуществлять комплексный прогноз экономики региона на перспективу. Данная система включает несколько конструкций – базовые модели региональных межотраслевых балансов, модели макроэкономического прогноза, микроэкономические модели прогноза по секторам экономики региона, прогнозные модели межотраслевого баланса, а также модели энергопотребления. В настоящее время система реализована для Новосибирской области и апробирована при обосновании программы энергоэффективности и энергобезопасности НСО и «Стратегии социально-экономического развития Новосибирской области на период до 2025 г.». Данная система, предназначенная, главным образом, для обоснования долгосрочных прогнозов, работает в увязке со статической моделью экономики НСО, включающей также связи производственной и бюджетной сфер экономики региона. Результаты расчетов с использованием системы СИБАРП передаются в блок энергетических моделей региона для построения показателей расходной части ТЭБ. Модельный комплекс позволяет строить и анализировать укрупненные перспективные межотраслевые балансы территорий.

Связи по отраслевой линии реализуются с моделями энергетических систем, которые охватывают более чем один административный район, например на территориях Сибири или России. Это энергетические модели как ТЭК в целом, так и его подсистем. Соответствующие конструкции использовались при обосновании перспектив угольной промышленности, электроэнергетики, энергетической стратегии Сибири. Важнейшие из них описаны в следующей главе монографии.

Основные направления исследований в рамках проекта СОНАР-ТЭК (рис. 2.2) концентрируются вокруг некоторых устойчивых модельных конструкций – кроме ОМММ-ТЭК и СИБАРП применяются также сетевые модели освоения нефтегазовых территорий, называемые также моделями мегапроектов [Пляскина, 2007].

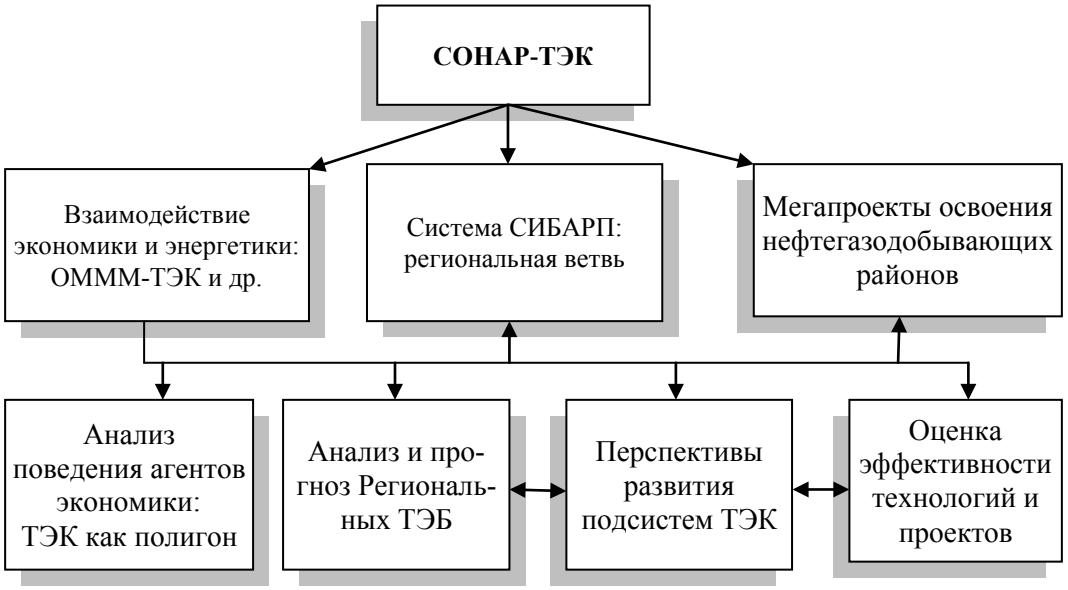


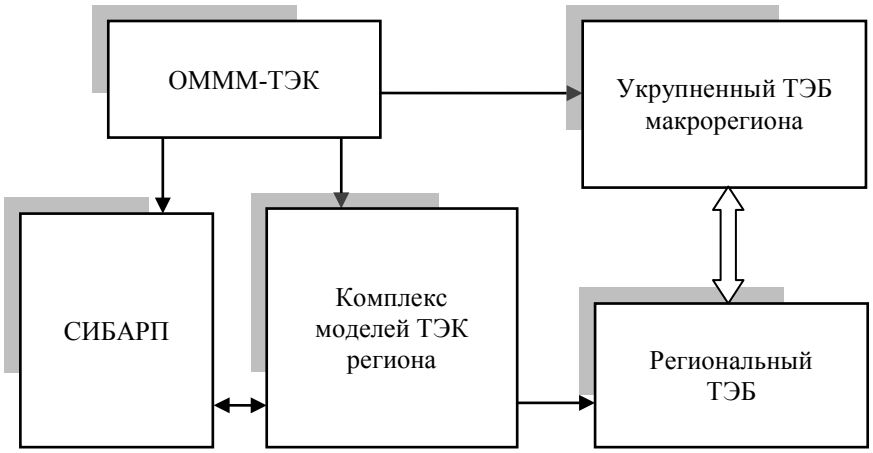
Рис. 2.2. Основные направления исследований в рамках СОНАР-ТЭК

Анализ поведения агентов экономики основывается на теоретических моделях, проливающих свет на решения, принимаемые производителями и потребителями энергоресурсов в зависимости от различных ценовых и институциональных условий. Для тестирования указанных моделей и конкретных расчетов, экономических параметров, характеризующих поведение агентов, применяются практические модели балансового типа или эконометрические. Встроенность таких разработок в общую систему исследований СОНАР-ТЭК обеспечивается тем, что входные параметры для прикладных моделей поведения, например цены и объемы выпуска по отраслям хозяйства, рассчитываются в моделях верхнего уровня. Далее параметры, оцененные в рамках использования моделей поведения, такие как коэффициенты эластичности спроса на энергоресурсы по видам энергоносителей, отраслям и регионам экономики, могут использоваться в ОМММ-ТЭК, системе СИБАРП и для расчета потребностей в энергоресурсах для энергетических моделей. Такая схема реализована для прогноза и анализа региональных ТЭБ сибирских административных районов [Методология…, 2010].

При построении и прогнозе региональных ТЭР используется модель национальной экономики (ОМММ-ТЭК или имитационная макромодель проекта СИРЕНА), комплекс СИБАРП и модель топливно-энергетического баланса региона с информационным наполнением, зависящим от конкретного объекта анализа – области или края. Система СИБАРП сама по себе включает блок расчета коэффициентов энергоемкости по отраслям на основе эконометрических моделей, что позволяет обосновать коэффициенты затрат энергии на производство выделяемых видов экономической

деятельности. Указанная информация затем используется в модели ТЭБ региона для конструирования его расходной части. Как правило, расчеты ТЭБ осуществляются для перспективы на 15–20 лет с шагом по пятилетиям. На рис. 2.3 представлена схема для расчета и прогноза регионального ТЭБ. ОМММ-ТЭК позволяет сконструировать укрупненный ТЭБ макрорегиона – Западной Сибири, Восточной Сибири, Дальнего Востока. Строимые ТЭБ по полной схеме расчетов детализируют этот ТЭБ макрорегиона.

Важное направление – оценка эффективности распространения тех или иных технологий в области производства, транспорта или потребления энергоресурсов, а также крупных инвестиционных проектов, необязательно акцентирующихся на использовании новых технологий. ОМММ-ТЭК при этом позволяет оценить народнохозяйственные последствия анализируемого мероприятия: структурные сдвиги в производстве как по видам деятельности, так и по регионам, изменение макроэкономических показателей, объем и распределение инвестиций. Полученная оценка эффективности как прирост (убыль) ВВП и фонда потребления в последнем году горизонта прогноза включает прямые и косвенные эффекты и может отличаться от оценки эффективности для инвестора. Такие оценки делаются с использованием моделей энергетики и далее – моделей инвестиционных проектов, предполагающих расчеты чистой текущей стоимости и внутренней нормы рентабельности. Таким образом, применение комплекса средств СОНАР-ТЭК позволяет дать комплексную оценку эффективности распространения новых технологий и инвестиционных проектов.



Примечание: фигурная стрелка между блоками ТЭБ макрорегиона и ТЭБ региона означает, что осуществляется неформальное согласование выходных показателей.

Рис. 2.3. Принципиальная структура региональной ветви СОНАР-ТЭК:

2.4. ОМММ-ТЭК – ЦЕНТРАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СОНАР-ТЭК

Первоначальная версия ОМММ-ТЭК. Центральной моделью энергетической ветви остается специализированная ОМММ-ТЭК с детализированным представлением отраслей ТЭК. Она была разработана в ИЭОПП Н.И. Сусловым и А.А. Чернышовым в середине 1980-х годов [Суслов, Чернышов, 1989, 1992]. Ее основой стала уже обсуждавшаяся «каноническая ОМММ», предложенная и развитая академиком А.Г. Гранбергом [Гранберг, 1973; Гранберг и др., 2007].

Трансформация на основе использования агрегированной канонической ОМММ, выступающей в качестве протомодели, осуществлялась по следующим направлениям:

1) детализация внутренней структуры выделяемого межотраслевого комплекса;
2) детализация отраслей, сопряженных с выделяемым комплексом;
3) учет особенностей функционирования и развития выделяемого межотраслевого комплекса и сопряженных с ним отраслей;
4) связанная с двумя предыдущими направлениями детализация инвестиционного блока;
5) блочная структура информационного наполнения модели; выделение «ядра» модели и ее периферийных элементов, что обеспечивает возможность автономного развития различных блоков модели; при этом другие ее блоки, а также программный сервис могут не меняться;
6) совмещение в рамках единой модели различных методических подходов, в том числе макроэкономического и межрайонного анализа, принципов стоимостного межотраслевого и натурального топливно-энергетического балансов.

Рассмотрим некоторые из этих направлений более подробно.

♦ *Детализация отраслей ТЭК.* Детализация отраслей ТЭК имела целью представление энергетических продуктов в натуральных показателях. Было пройдено несколько эволюционных этапов (создано несколько версий отраслевой номенклатуры модели), пока не была найдена такая степень детализации отраслей ТЭК, которая позволяла бы, с одной стороны, учесть комплексность выпуска некоторых продуктов, а с другой – представить в качестве объекта оптимизации в разрезе страны и макрорегионов натуральные пропорции топливно-энергетического баланса в целом. В конечном итоге детализация ТЭК была доведена до 8 отраслей: добыча твердого топлива, переработка угля, добыча нефти и попутного газа, добыча газа и газового конденсата, производство темных нефтепродуктов, производство светлых нефтепродуктов, производство электроэнергии, производство тепла. Как следствие была получена возможность отслеживания в процессе оптимизации соотношения между первичными энергетическими ресурсами и конечной энергией.

♦ *Выделение сопряженных с ТЭК отраслей.* Для полного учета затрат на развитие энергетики машиностроение было разделено на 3 отрасли: производство машин и оборудования для электроэнергетики (энергетическое машиностроение), производство машин и оборудования для топливной промышленности и остальное машиностроение (машиностроение общего вида). Из строительства была выделена как отдельная отрасль бурение, из отрасли «химия и нефтехимии» – нефтехимия. Из отрасли «транспорт и связь» выделяются две отрасли трубопроводного транспорта (газо- и нефтепроводы), а все остальные отрасли образуют агрегат «транспорт общего вида и связь». Число видов инвестиций в технологической структуре, представленных в протомодели двумя видами (оборудование и строительно-монтажные работы), таким образом, увеличивается до пяти: три вида машин и оборудования, СМР и бурение).

Выделение трубопроводного транспорта вызвало необходимость превращения отрасли «черная металлургия» в фондосоздающую и учета еще одного вида капитальных вложений – «трубы для газо- и нефтепроводов». В основе такого превращения лежит исключение из стоимости общего объема строительно-монтажных работ, являющегося результатом деятельности отрасли «строительство», стоимости труб и учет их – тоже как вида основных фондов и капитальных вложений – отдельной позицией. В этом случае удается учесть важную особенность капитальных вложений в транспорт нефти и газа – повышенную долю в них продукции черной металлургии. В результате детализации отраслей ТЭК и сопряженных с ним отраслей номенклатура модели увеличилась с 16 до 28 отраслей[1].

♦ *Учет особенностей функционирования ТЭК.* Учет особенностей рассматриваемого межотраслевого комплекса и сопряженных с ним отраслей необходим при исследовании его внешних связей, а также в целях повышения адекватности отражения его взаимодействия со всем народным хозяйством. При построении ОМММ-ТЭК учитывались следующие особенности энергетики:

1) специфика воспроизводства мощностей в нефте- и газодобывающей промышленности;
2) высокая зависимость развития добывающих отраслей ТЭК от наличия и эффективности разведки и разработки запасов топливных ресурсов в том или ином районе и в стране в целом;
3) комплексность выпуска различных видов энергетической продукции отдельными технологическими способами (нефти и попутного газа, газа и газового конденсата);

[1] При адаптации ОМММ-ТЭК к Системе национальных счетов в начале 2000-х годов номенклатура отраслей увеличилась до 29 за счет включения новой отрасли «сфера нематериальных услуг», объединяющей все виды деятельности нематериального производства, представленные в СНС, и формирования соответствующих региональных производственных способов [Суслов, Бузулуцков, 2010, с. 40–41].

4) особенности трубопроводного транспорта нефти и газа;
5) возможность альтернативного производства электроэнергии и тепла различными обобщенными технологиями (ТЭЦ, КЭС, АЭС, котельными и т.д.), использующими разные виды топлива (уголь, мазут, газ).

В «классической» версии ОМММ производство продукции каждой отрасли осуществляется технологическими способами на «старых» и «новых» мощностях. Под старыми мощностями, с которых снимается продукция в последнем году прогнозного периода, понимаются те, что уже действовали на его начало. На новых мощностях осуществляется прирост производства за счет капиталовложений на расширение и создание мощностей. Понятие «старые мощности» для чисто добывающих отраслей не имеет тот же смысл, что для обрабатывающих, поскольку их деятельность заключается в извлечении невоспроизводимых ресурсов. В этих условиях каждая новая порция капитальных вложений связана с вовлечением в производство дополнительной доли промышленных запасов нефти и газа и может считаться затратами на новые мощности. Кроме того, в нефте- и газодобыче относительно велики годовые объемы выбытия мощностей.

Названные особенности обусловили иной подход к описанию процесса воспроизводства мощностей в рассматриваемых отраслях, чем применявшийся в традиционной схеме построения ОМММ. Суть его заключается в том, что параметры удельных капитальных вложений представляются как нелинейные функции от общего объема ввода мощностей за весь прогнозный период. Эти функции, во-первых, отражают удорожание новых мощностей в связи с переходом от более эффективных месторождений нефти и газа к менее эффективным, во-вторых, позволяют учесть повышенные объемы выбытия мощностей по добыче данных ресурсов.

Введение специфических условий по отображению добычи нефти и газа дополняется формированием блока запасов нефти и газа, отражающим связи между вводом новых мощностей по добыче и вводом промышленных запасов в данном районе или по отрасли в целом. Это необходимо сделать ввиду важности отслеживания в прогнозах кратности запасов нефти и газа годовой добыче. Законы воспроизводства в описываемых отраслях требуют, чтобы данная величина находилась в некоторых заданных пределах. Если она окажется больше допустимой, то это приведет к замораживанию значительных средств, вложенных в геологоразведку, если же опустится за нижнюю границу – возникнут затруднения с формированием обеспеченных прогнозов добычи нефти и газа. Таким образом, при данных коэффициентах кратности запасов последние выполняют функцию верхних границ на переменные по вводу мощностей по добыче нефти и газа, а инвестиции в запасы (в геологоразведку) по выделенной ранее отрасли «бурение» включаются в общий баланс инвестиций.

Описание в модели трубопроводного транспорта отличается от представления транспорта общего вида в ОМММ выделением «старой» и «новой» пропускной способности трубопроводов в межрайонных поставках и отнесением капитальных вложений, затрачиваемых на него, непосредственно на межрайонные потоки нефти и газа. Удельные затраты капитальных вложений в межрайонный транспорт конструируются таким же образом, как и капиталоемкость производства продукции. Большие сроки службы трубопроводов предопределяют существенное различие в уровне коэффициентов капиталоемкости на старых и новых участках.

♦ *Блочная структура модели.* ОМММ-ТЭК строится как объединение различных функциональных блоков. Блоком является часть столбцов и строк уравнений модели, объединяемых общностью смысловой нагрузки, обуславливающей общность приемов моделирования. Критерием выделения блоков служит целесообразность создания отдельной подпрограммы (или набора подпрограмм) для их автономного построения. Выделяются производственный, транспортный, инвестиционный, региональные блоки, блок макроэкономических показателей. Формируются также блоки стоимостных и натуральных продуктов и блок взаимосвязей между ними. Каждый региональный блок матрицы распадается на подматрицу макроэкономических соотношений и подматрицу производственно-транспортных уравнений и ограничений.

Поясним назначение некоторых специфических блоков модели.

Макроэкономический блок модели позволяет преобразовывать искомые переменные модели, оптимизируемые в отраслевом разрезе по каждому региону в конечные макропоказатели экономики региона (валовая и чистая продукция, амортизационный фонд, производственные инвестиции, накопление оборотных фондов, ввоз продукции в регион, вывоз продукции из региона, фонд непроизводственного потребления и т.д.).

Стоимостной блок модели составляет ее ядро – неизменную часть. Он объединяет подблок переменных, которые не детализированы по сравнению с протомоделью, подблок сопряженных с ТЭК отраслей и подблок стоимостного выпуска энергетических видов продукции. В этот же подблок входят переменные, носящие расчетный характер и являющиеся «суммами» переменных, входящих в другие подблоки стоимостного блока. С их помощью происходит сведение 28-отраслевой номенклатуры модели к стандартной. Таким образом, решение модели представляется одновременно в детализированной 28-отраслевой номенклатуре и в стандартной 16-отраслевой, что облегчает формализованный анализ решений и их сравнение с решением агрегированной ОМММ и специализированных ОМММ других отраслевых «ветвей» проекта СОНАР.

Натуральный блок модели делится на подблоки натуральных выпусков агрегированных и детализированных энергетических продуктов. Первый из указанных подблоков относится наряду со стоимостным блоком к неизмен-

ной части модели – «ядру», а подблоки отдельных энергетических производств – к развиваемой части модели. Данные подблоки в зависимости от имеющейся информации или задач исследования могут представляться с различной степенью детальности и включать при этом те или иные дополнительные условия. Так, например, электроэнергетика первоначально была представлена в модели всего двумя отраслями – «традиционной» и атомной энергетикой, вырабатывающими агрегированный энергетический продукт, но затем число технологий было доведено до 12 альтернативных способов производства тепла и электроэнергии. Взаимосвязи между стоимостным и натуральным блоком, а также внутри натурального – осуществляются через специальный блок перехода, учитывающий различия статистических подходов межотраслевого и топливно-энергетического балансов.

Наличие натурального блока модели позволяет прогнозировать расходную часть ТЭБ выделяемых в ней территориальных единиц. Для этого получаемые в расчетах выпуски по отраслям промышленности и народного хозяйства умножаются на натуральные экзогенно задаваемые коэффициенты затрат энергоресурсов на выпуск единицы соответствующего продукта в неизменных ценах базового года. Модель позволяет также определить и другие показатели ТЭБ – объемы преобразования топлива и энергии, его транспортировки за пределы региона. Однако следует признать, что указанные показатели не обладают достаточной обоснованностью ввиду огрубленного представления в модели процессов выпуска и переработки видов топлива и энергии. Поэтому объемы ввоза, вывоза, переработки и преобразования энергоресурсов, полученные на основе расчетов с использованием ОМММ-ТЭК, могут приниматься во внимание как первичные оценки, нуждающиеся в дальнейшем обосновании с использованием других моделей.

Современная версия ОМММ-ТЭК. Приведем описание модели ОМММ-ТЭК с элементами национальных счетов, достаточное для освещения методических вопросов функционирования программно-модельного комплекса [Суслов и др., 2007; Суслов, Бузулуцков, 2010; Бузулуцков, 2002]. Она является современной версией модели, разработанной Н.И. Сусловым и А.А. Чернышевым с таким же названием [Суслов, Чернышов, 1989, 1992]. ОМММ-ТЭК строится как система объединенных прогнозных балансов:

1) региональных межотраслевых балансов производства и распределения продукции (МОБ) в последнем году прогнозного периода;
2) балансов наличия и использования трудовых ресурсов (занятых в «производственной деятельности», понимаемой в методологии СНС) в каждом регионе в последнем году прогнозного периода;
3) балансов производства и потребления инвестиций в основной капитал в регионах за весь прогнозируемый период.

Условием объединения региональных балансов является межрегиональная система производственно-транспортных связей и задаваемые экзогенно соотношения уровней жизни населения регионов, которые связываются единым максимизируемым критерием – затратами на фактическое конечное потребление домашних хозяйств в заданной межрегиональной и отраслевой структуре.

Единичным решением модели является вариант развития экономики в последнем году прогнозного периода, включающий производство общественного продукта в разрезе отраслей (видов деятельностей), регионов и технологических способов; объемы перевозок транспортабельной продукции между регионами по выделяемым видам транспорта; объемы фактического конечного потребление домашних хозяйств, выступающие в качестве показателя роста или снижения эффективности функционирования экономики; объемы инвестиций в основной капитал за последний год и за весь прогнозный период.

ОМММ-ТЭК относится к типу полудинамических моделей, поскольку ее внутрипериодная динамика представляется заданием закона роста капитальных вложений в рамках прогнозного периода, и, таким образом, темп роста инвестиций является эндогенным параметром модели. Так как ОМММ-ТЭК входит в класс линейных моделей, то кривая роста капитальных вложений линеаризуется по определенной методике. Капитальные вложения в производство рассчитываются исходя из заданных параметров отраслевой капиталоемкости продукции и услуг, дифференцированной по регионам.

В модели выделяется 6 российских регионов: Европейская Россия, Тюменская область, «остальная Западная Сибирь», Восточная Сибирь, Дальний Восток и Урал (Уральский федеральный округ без Тюменской области). Таким образом, в модели представлено 3 восточных федеральных округа (Уральский, Сибирский и Дальневосточный), а остальная часть страны объединена в один макрорегион.

Обобщающим конечным показателем производственной деятельности региона и его экономических взаимосвязей выступает валовой региональный продукт (ВРП) как сумма валовой добавленной стоимости отраслей и видов деятельностей региона. Он представлен в блоке макроэкономических показателей модели и является расчетным показателем. В ОМММ-ТЭК расчет ВРП осуществляется как производственным методом, так и по элементам конечного использования [Бузулуцков, 2002, с. 17–20].

ОМММ-ТЭК принадлежит к классу нормативных народнохозяйственных моделей с достаточно высокой степенью агрегированности, поэтому наиболее целесообразно ее использовать для анализа последствий крупномасштабных и долгосрочных решений в структурной, инвестиционной, экспортно-импортной политике, влияющих на уровни народнохозяйственного и регионального энергопотребления в перспективе 10–15 лет. Применяемый в СОНАР принцип рассмотрения развития отраслевых сис-

тем совместно с условиями функционирования всего народного хозяйства и адекватный модельный аппарат позволяют «включать» прогнозы отдельных отраслевых систем в общую систему обоснования народнохозяйственного прогноза и строить взаимосвязанные сценарии, где внешние связи рассматриваемой отраслевой системы выступают как эндогенные. Так, в настоящую версию модели «включены» «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» (2009 г.) и «Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года» (2008 г.).

Отправной точкой для сценарных расчетов с использованием моделей данного класса является, как правило, центральный вариант решения модели. Центральный вариант – это единичное сбалансированное решение, представляющее «нормативный», («оптимальный», «желаемый») и в то же время достаточно вероятный прогноз развития экономики и многоотраслевого комплекса на последний год прогнозного периода.

Далее рассмотрим отраслевую и технологическую структуру ОМММ-ТЭК. Производственная структура регионов, адаптированная к ОКВЭД включает 45 производств товаров и услуг, в том числе 8 отраслей (видов деятельностей) ТЭК. Структурной особенностью модели является одновременное моделирование в рамках производственного блока стоимостных и натуральных пропорций отраслей ТЭК. Натуральный подблок отраслей ТЭК представлен набором технологических способов (от 1-го до 20-го) производства и переработки энергоресурсов, включая способы, производящие два продукта.

Отраслевая и технологическая структура ОМММ-ТЭК дается с краткими комментариями, в которых отрасли (виды деятельности) модели идентифицируются с официальной классификацией ОКВЭД, а в некоторых случаях – с предшествующей ей классификацией ОКОНХ [Российский статистический ежегодник. Приложение…, 2004]. Градация группировок видов деятельности в ОКВЭД по степени убывания общности принята следующая: раздел, подраздел, класс, подкласс, группа, подгруппа, вид. Если отрасль (вид деятельности) характеризуется более чем одной технологией (это касается только отраслей ТЭК), то они называются здесь же. Порядок отраслей и видов деятельности приводится в соответствии с блочной структурой построения модели (сложившейся исторически при создании предыдущих версий), при которой производственный блок состоит из трех самостоятельных программно формируемых подблоков: 1) группа отраслей, не связанных с ТЭК: с 1-й по 22-ю отрасль; 2) группа отраслей, включающих сопряженные с ТЭК отрасли: с 23-й по 37-ю отрасль; 3) 8 отраслей ТЭК.

Ниже приведен перечень товаров и услуг, входящих в отраслевую и технологическую структуру ОМММ-ТЭК.

1. Руды черных металлов. Включает добывающие подотрасли черной металлургии.

2. Черные металлы. Включает часть металлургического производства раздела обрабатывающих производств. Часть продукции черных металлов,

а именно – трубы для нефте- и газопроводов, используется как элемент капитальных вложений в балансах инвестиций, и, таким образом, отрасль черная металлургия становится фондосоздающей.

3. Руды цветных металлов. Включает добывающие подотрасли цветной металлургии.

4. Цветные металлы. Включает часть металлургического производства раздела обрабатывающих производств (ОКВЭД, подраздел DJ, класс 27).

5. Готовые металлические изделия. Входит в подраздел металлургического производства и производства готовых металлических изделий (ОКВЭД, подраздел DJ, класс 28). В значительной степени объединяет ту часть продукции, которая в ОКОНХ входила в отрасль «машиностроение и металлообработка» как в части металлообработки, так и в части самого машиностроения.

6. Добыча полезных ископаемых, кроме металлических руд и части топливно-энергетических полезных ископаемых (ОКВЭД, подраздел CA, класс 12; подраздел CB, класс 14). В данной отрасли присутствует такой вид деятельности по добыче топливно-энергетических полезных ископаемых, как добыча урановой и ториевой руды, входящих в состав подраздела CA, тогда как основной массив деятельностей по добыче топливно-энергетических ископаемых сохранил свое присутствие в топливно-энергетической части модели.

7. Деревообработка (ОКВЭД, подраздел DD, класс 20).

8. Целлюлозно-бумажная производство (ОКВЭД, подраздел DE, класс 21).

9. Издательская и полиграфическая деятельность (ОКВЭД, подраздел DE, класс 22).

10. Производство прочих неметаллических минеральных продуктов (ОКВЭД, подраздел DI, класс 26).

11. Легкая промышленность. Объединяет виды деятельности – текстильное и швейное производство (ОКВЭД, подраздел DB, классы 17,18) с производством кожи, изделий из кожи и производством обуви (подраздел DC, класс 19).

12. Пищевая промышленность с мукомольно-крупяной и комбикормовой. Помимо производства пищевых продуктов включает производство табачных изделий (ОКВЭД, подраздел DA, классы 15,16).

13. Прочие промышленные производства. В соответствии с ОКВЭД включают производство мебели, обработку вторичного сырья и прочее (ОКВЭД, подраздел DN, классы 36, 37).

14. Сельское хозяйство. Включает растениеводство и животноводство (ОКОНХ, коды 21100, большинство кодов 21200, за исключением кода 21242 – птицеводство мясное и части деятельностей под кодом 21243 – птицеобъединения мясо-яичные, которые отнесены в ОКВЭД к пищевой отрасли), эксплуатацию ирригационных и мелиоративных систем, сельскохозяйственное водоснабжение, а также другие организации по обслуживанию сельского хозяйства (ОКОНХ, коды 22100, 21300).

15. Охота и лесное хозяйство. Включает охоту, пушной промысел, разведение дичи (ОКОНХ, код 21400), лесоводство, сбор дикорастущих и недревесных продуктов, обслуживание лесного хозяйства (ОКОНХ, коды 31100, 31300, 32000). Основной удельный вес в данном агрегате занимает лесозаготовительная промышленность (ОКОНХ, код 15100), которая в ОКОНХ входила в состав лесного комплекса (лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности).

16. Рыболовство и рыбоводство. В этот вид деятельности вошла рыбная промышленность (ОКОНХ, код 18300), а также рыбоводство и вылов рыбы и других водных биоресурсов (ОКОНХ, коды 21300, 21500).

17. Торговля, оптовая и розничная, ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования. Совокупность видов деятельностей, которые полностью формируют в ОКВЭД раздел G.

18. Гостиницы и рестораны. Деятельность гостиниц и ресторанов, включает отрасль «общественное питание», входившую в ОКОНХ в состав «торговли и общественного питания» (ОКОНХ, коды 71310, 71320), а также подотрасли «жилищно-коммунального хозяйства», такие как «гостиничное хозяйство» и «эксплуатация общежитий учебных заведений» (ОКОНХ, коды 90220, 90120). Кроме того, сюда отнесены такие виды деятельности, как оздоровительные учреждения и учреждения отдыха, а также частично туризма (ОКОНХ, коды 91610, 91620), относимые ранее по ОКОНХ к здравоохранению, физической культуре и социальному обеспечению.

19. Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг. Соответствует разделу K в ОКВЭД.

20. Финансовая деятельность. Соответствует разделу J в ОКВЭД.

21. Образование. Здравоохранение и предоставление социальных услуг. Объединяет два раздела ОКВЭД – M и N.

22. Государственное управление и обеспечение военной безопасности; обязательное социальное обеспечение. Соответствует разделу L в ОКВЭД. В предыдущей версии модели фактическое конечное потребление государства (расходы на услуги, оказываемые за счет бюджета предприятиями и организациями, которые удовлетворяют потребности не отдельных домохозяйств, а общества в целом или отдельных групп населения) выделялось в самостоятельный вектор, непосредственно не связанный с критерием оптимизации, а представимый как фиксированная переменная, зависящая от ВВП. Теперь выделяется вид деятельности, производящий данный вид услуг. К нему «пристегнуто» «государственное страхование» (ОКОНХ, код 96210) в части государственного медицинского страхования и «государственное пенсионное обеспечение» (ОКОНХ, код 96310) в части государственного (обязательного) пенсионного обеспечения.

23. Машиностроение общее (неспециализированное). Включает 3 подраздела машиностроительной продукции за исключением выделенного специализированного оборудования для ТЭК (ОКВЭД, подразделы DK, DL, DM).

24. Машиностроение для энергетических отраслей. Выделено из подразделов машиностроения DK и DL как специализированная отрасль, обслуживающая электроэнергетику и энергетическое хозяйство.

25. Машиностроение для топливных отраслей. Выделено из подразделов машиностроения DK и DL как специализированная отрасль, обслуживающая топливную промышленность.

26. Химическое производство. Включает перерабатывающие отрасли химического производства (ОКВЭД, раздел DG, класс 24).

27. Производство резиновых и пластмассовых изделий (ОКВЭД, подраздел DH, класс 25). В прежней версии модели продукции этой группы деятельностей целиком включалась в отрасль «нефтехимия». В то же время последняя представлялась более широким перечнем подотраслей, часть из которых при переходе к ОКВЭД попала в «химическое производство».

28. Строительство (ОКВЭД, раздел F, код класса 45). Класс 45 соответствует, в основном, отрасли «строительство» по ОКОНХ (код 60000), за исключением группировок «организации, осуществляющие эксплуатационное бурение» (код 65000), входящие по ОКВЭД в класс 11 подраздела CA(добыча сырой нефти и природного газа; предоставление услуг в этой области) и «проектные, проектно-изыскательские и изыскательские организации» (код 66000), входящие по ОКВЭД в раздел K (операции с недвижимым имуществом…) и класс 74 (предоставление прочих видов услуг).

29. Бурение. Охватывает эксплуатационное и разведочное бурение на нефть и газ. Соответственно извлекается из подраздела CA (добыча топливно-энергетических полезных ископаемых) и класса 11 (добыча сырой нефти и природного газа; предоставление услуг в этой области), а также раздела K (операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг) и класса 74 (предоставление прочих видов услуг).

30. Железнодорожный транспорт. Включает пассажирский и грузовой железнодорожный транспорт. В ОКВЭД представлен как подкласс класса «деятельность сухопутного транспорта» (ОКВЭД, раздел I, подкласс 60.10). По сравнению с предшествующими версиями ОМММ-ТЭК, в которых выделялись только сопряженные с ТЭК отрасли трубопроводного транспорта, а остальные виды транспорта и связь входили в агрегат «транспорт общего пользования и связь», в настоящей осуществлено выделение железнодорожного транспорта в самостоятельную номенклатурную единицу модели.

31. Прочий транспорт общего пользования. Включает все виды грузового и пассажирского транспорта, кроме трубопроводного и железнодорожного. В ОКВЭД охватывает деятельность водного транспорта, деятельность воздушного транспорта и частично деятельность сухопутного транспорта (ОКВЭД, раздел I, классы 60–62). Кроме того, поскольку класс 63 (один из пяти классов, образующих в ОКВЭД раздел «услуги транспорта, складского хозяйства и связи») представляет бурно прогрессирую-

щую в последние годы деятельность туристических агентств, включавшуюся ранее в ОКОНХ в группировку «туризм» (код 91620), она помещена в модели в данный агрегат.

32. Нефтепроводный магистральный транспорт. Включает магистральный нефтепроводный транспорт, выделяется по ОКВЭД из класса 60.

33. Газопроводный магистральный транспорт. Включает магистральный газопроводный транспорт, выделяется по ОКВЭД из класса 60.

34. Связь. Является в ОКВЭД самостоятельным классом (ОКВЭД, раздел I, класс 64). По сравнению с предшествующими версиями ОМММ-ТЭК выделена в самостоятельную номенклатурную единицу модели.

35. Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг. Объединяет два раздела ОКВЭД: предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг (раздел О) и предоставление услуг по ведению домашнего хозяйства (раздел Р).

36. Сбор, очистка и распределение воды. Новый вид деятельности, не выделявшийся в прежней номенклатуре модели. Целиком соответствует классу 41 «сбор, очистка и распределение воды» в ОКВЭД, включает группировки ОКОНХ «коммунальное и бытовое водоснабжение» (код 90213) из отрасли «коммунальное хозяйство» и «полносистемные водопроводы» (код 19780) из отрасли «промышленность».

37. Производство, передача и распределение газа. Выделяется отдельно в номенклатуре модели как совокупность следующих видов деятельности из класса 40: 1) оказание услуг по распределению газообразного топлива по трубопроводам (распределительные сети газоснабжения); 2) топливо газообразное, получаемое из горючих газов различного типа (как природных, так и искусственных) путем их очистки, смешивания и других процессов; 3) газ горючий природный (пропанобутановая смесь) – топливо для двигателей внутреннего сгорания; 4) газ природный компримированный – топливо для двигателей внутреннего сгорания; 5) газ горючий природный – топливо для промышленного назначения; 6) газ горючий природный – топливо для энергетического назначения; 7) газ горючий природный – топливо для стационарных котельных и технологических установок; 8) газ горючий природный – топливо для коммунально-бытового потребления; 9) газ горючий природный – сырье для промышленного использования.

38. Добыча твердого топлива. Отрасль представлена в модели тремя технологиями, различающимися затратными характеристиками: добыча угля открытым способом, добыча угля в шахтах и производство прочего твердого топлива (торф, сланцы, дрова и т.д.).

39. Добыча жидкого топлива. В модели представляется двойственным образом, в продуктовом (натуральном) разрезе и в разрезе межотраслевого баланса. Технологические способы предполагают комплексный выпуск двух продуктов – нефти и попутного газа, в стоимостном балансе жидкого топлива участвует газовый конденсат.

40. Добыча газа. В модели представляется двойственным образом, в продуктовом (натуральном) разрезе и в разрезе межотраслевого баланса. Технологические способы предполагают комплексный выпуск двух продуктов – природного газа и газового конденсата, в стоимостном балансе естественного газа участвует попутный газ.

41. Переработка твердого топлива. В номенклатуре прежней версии модели отрасль, включавшая производство кокса и продуктов углехимии, изымалась из состава отрасли «черная металлургия» (ОКОНХ, коксохимическая промышленность, код 12160). При переходе к ОКВЭД кокс попал в один класс с продуктами нефтепереработки и производством ядерных материалов (ОКВЭД, подраздел DF, класс 23). Поэтому, учитывая то обстоятельство, что нефтепереработка уже представлена в энергетической части модели двумя отраслями (смотри далее), производство кокса (подкласс 23.1) также выделяется из последнего источника в самостоятельную отрасль, а производство ядерных материалов (подкласс 23.3) относится к отрасли модели «цветные металлы».

42. Производство темных нефтепродуктов. Темные нефтепродукты расходуются как на конечные цели (мазут, используемый в качестве топлива в энергетике, масла и т.д.), так и как промежуточный внутриотраслевой продукт для дальнейшей переработки и получения светлых нефтепродуктов. В модели темные нефтепродукты являются продуктами деятельности технологии по первичной переработке нефти.

43. Производство светлых нефтепродуктов. Светлые нефтепродукты преимущественно расходуются как моторное топливо. В модели являются продуктами деятельности технологий по первичной и углубленной переработке нефти.

В целом переработка углеводородного сырья представлена в модели тремя технологиями: 1) первичной переработкой нефти, результатом которой является производство светлых и темных нефтепродуктов т.е. технологическим способом, предполагающим комплексный выпуск двух продуктов; 2) углубленной переработкой, результатом которой является производство только светлых нефтепродуктов; 3) переработкой газового сырья, результатом которой является производство светлых нефтепродуктов.

44. Производство, передача и распределение электроэнергии. Выделяется из ОКВЭД (раздел Е, подкласс 40.1 «производство, передача и распределение электроэнергии»), полностью совпадает с отраслью, существовавшей в старой номенклатуре модели. Блок генерации электроэнергии и тепла (в случае комплексного выпуска двух продуктов) включает следующие 9 обобщенных технологий: АЭС (АТЭЦ), ГЭС, нетрадиционные источники энергии, КЭС, ТЭЦ. Последние две обобщенные технологии детализируются по каждому из трех видов используемого котельно-печного топлива – углю, газу, мазуту.

45. Производство, передача и распределение пара и горячей воды. Данная отрасль модели лишь частично покрывается подклассом деятельностей ОКВЭД 40.3 «производство, передача и распределение пара и горячей воды (тепловой энергии)», поскольку включает генерацию всей тепловой энергии (централизованной и децентрализованной), тогда как по ОКВЭД ведется учет только централизованного тепла. Блок генерации тепла включает следующие 11 обобщенных технологий: теплоутилизационные установки (ТУУ), электрокотлы, крупные котельные, мелкие котельные, автономные источники теплоснабжения (АИТ); последние три технологии детализируются по каждому из трех видов используемого котельно-печного топлива – углю, газу, мазуту.

Схема функционирования программно-модельного комплекса ОМММ-ТЭК. Рассматриваемая современная версия программно-модельного комплекса (ПМК) ОМММ-ТЭК[1] состоит из двух полудинамических (прогнозных) моделей и статической модели базового года (базовой модели). Каждая прогнозная модель описывает свой перспективный период (2008–2020 гг., 2021–2030 гг.) и может использоваться самостоятельно. Связь между базовой и прогнозными моделями осуществляется на основе принципов построения многопериодной (в данном случае двухпериодной) модели с прямой рекурсией, когда часть результатов расчетов базовой модели переносится в виде граничных и начальных условий в модель первого периода, а часть результатов решения модели первого периода переносится в виде граничных и начальных условий в модель второго периода [Суслов, Чернышов, 1992, с. 42, 50–51].

➢ *Особая роль базовой модели в условиях неполной информации.*

Базовая модель (2007 г.) выступает как прототип будущей прогнозной модели, поскольку отличается от нее по структуре функциональных блоков отсутствием только характеристик динамики. Назначение базовой модели – получить сбалансированное решение за последний (как правило, уже прошедший) отчетный год, предшествующий началу прогнозного периода, которое может быть верифицировано по данным текущей статистики, и задать систему стоимостных и натуральных измерителей, в которых будут представляться решения прогнозных моделей.

Необходимость построения базовой модели объясняется следующими дополнительными обстоятельствами. В основе построения исследовательских прогнозных моделей балансового типа, как правило, лежат отчетные МОБ (таблицы «затраты–выпуск»). В период 1990-х годов в национальной статистике наряду с положительными тенденциями, связанными с переходом к Системе национальных счетов, возник ряд негативных моментов. Основной из них – коммерциализация статистической информации о воспроизвод-

[1] Создателем программного сервиса ПМК ОМММ-ТЭК является А.Н. Сизов.

ственных процессах и как следствие – резкое сужение доступности ее исследователям. Так, впервые разработанный Росстатом (Госкомстатом России) в расширенной номенклатуре в Системе национальных счетов МОБ России за 1995 г. (227 наименований товаров и услуг) до сих пор остается неизвестным широкому кругу исследователей.

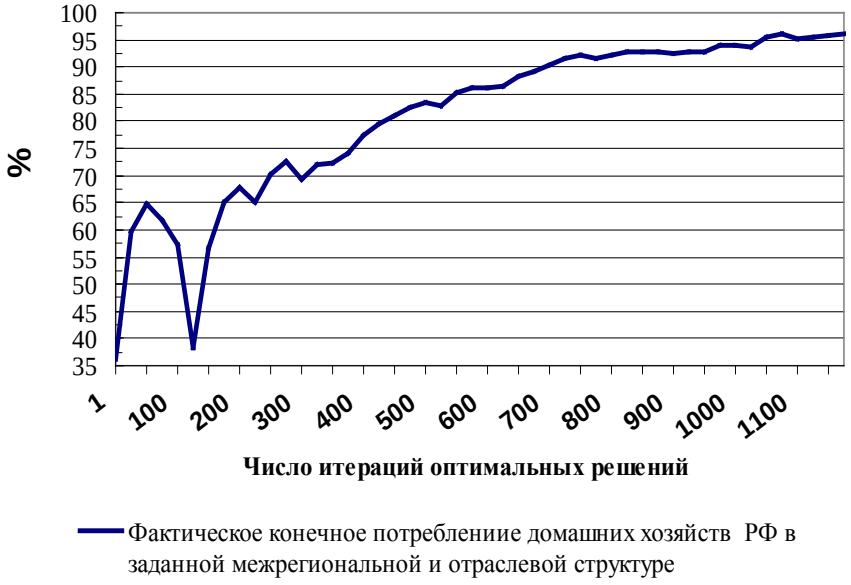
Начиная с 2000 г. на основе детализированного МОБ за 1995 г., стали регулярно выходить специальные издания Росстата «система таблиц “затраты-выпуск”» с итогами разработки межотраслевого баланса производства и распределения товаров и услуг в экономике России по краткой схеме (22–25 отраслей промышленности и народного хозяйства, в том числе 7–9 отраслей промышленности). Всего до перехода на ОКВЭД в системе ОКОНХ вышло девять таких систем балансов (1995–2003 гг.). В то же время, насколько нам известно, на протяжении 90-х годов прошлого и в первое десятилетие нового века под эгидой Росстата в научный оборот не было введено ни одного регионального баланса.

После перехода национальной статистике к ОКВЭД (2004–2005 гг.) вместо системы таблиц «затраты–выпуск» и самих межотраслевых балансов в «Национальных счетах России» стали публиковаться (не регулярно) два вида кратких таблиц «Таблица ресурсов товаров и услуг» и «Таблица использования товаров и услуг в ценах покупателей» в разрезе 15 разделов ОКВЭД. В них промышленность была представлена только тремя разделами [Национальные счета…, 2008, с. 188–195]. Наконец, в 2008 г. руководством Росстата было заявлено о том, что в 2009–2014 гг. будет осуществлен комплекс работ по построению базовых таблиц «затраты–выпуск» за 2011 г. [Соколин, 2008, с. 7], которые будут официально опубликованы в IV квартале 2015 г. [Методологические принципы…, 2009]. Пользователям будет представлено 188 видов деятельностей, 338 групп товаров и услуг [Нашей экономике…, 2011, с. 22].

Таким образом, отсутствие отчетных достаточно детализированных МОБ (в разрезе страны и регионов) предопределяет предварительный этап построения прогнозной модели, а именно, на нем может быть осуществлено экспертное построение региональных МОБ отчетного года в форме отладочного процесса решений оптимизационной базовой модели с заданной степенью приближения. Действительно, если известны или достаточно точно оценены (в нашем случае в основных ценах) отраслевые объемы производства и конечного потребления в регионах, региональные ресурсные ограничения, а также межотраслевые потоки в масштабе страны, экспорт и импорт, то можно с помощью эвристических процедур итеративным путем построить в заданном приближении правдоподобные региональные матрицы межотраслевых потоков.

На рис 2.4 по горизонтальной оси отложены итерации приближения функционала (конечного потребления домашних хозяйств) базовой статической модели к фактическому значению 2007 г., по вертикальной оси отложе-

ны относительные уровни этого приближения. Итеративный процесс (последовательно получаемые оптимальные решения модели) разбивался на серии из 25 итераций, и на вертикальной оси помещалось лучшее значение функционала из серии. Таким образом, на графике показан сглаженный ряд значений функционала.



Примечание: отношения значений текущего решения к фактическому значению в отладочных расчетах базовой ОМММ-ТЭК, %

Рис. 2.4. Динамика приближения функционала решения модели к фактическому значению за 2007 г.

Непосредственно процедуры отладки заключаются в корректировке после каждого решения оптимизационной задачи (очередной итерации) матричных массивов региональной материалоемкости, структуры потребления домашних хозяйств, сальдо экспорта-импорта при заданных сверху ограничениях на объемы производства по отраслям и регионам на уровне фактических значений отчетного года. Поскольку отсутствуют единые информационные источники для формирования матриц материалоемкости и первоначально оцениваемые ее коэффициенты являются приближенными с разной степенью точности, то задание ограничений на объемы производства осуществляется отдельными порциями в зависимости от уровня оценок дефицитности продуктов. По мере роста числа итераций (и соответственно корректировок) растет число поставленных ограничений на объемы выпуска.

На конечных стадиях степень «отлаженности» модели проверяется, в частности, по близости оптимизируемых объемов производства к поставленным границам, а для тех переменных, на которые ограничения отсутствуют – к фактическим значениям при достижении приемлемого низкого и

равномерного уровня оценок дефицитности для всех продуктов. Как можно видеть на рис. 2.4, для того чтобы функционал приблизился к фактическому уровню настолько, чтобы составлять от него 96%, понадобилось пройти 1175 итераций (получить оптимальных решений). Построение на следующем этапе прогнозной модели на основе базовой позволяет иметь достаточно взаимно увязанную систему межрегиональных экзогенных и эндогенных показателей, определяющих динамику производства и распределения материально-вещественных потоков по отношению к отчетному году в отраслевом и региональном разрезах.

➢ *Общая схема функционирования ПМК ОМММ-ТЭК.* Общая схема функционирования ПМК ОМММ-ТЭК показана на рис. 2.5. Результаты решения каждой модели средствами разработанного программного обеспечения (на языке VisuaI Basic) представляются в табличном виде в среде Excel, а сами комплексы программ формирования оптимизационной задачи линейного программирования и обработки решения, собственно процедуры оптимизации[1] соответственно привязаны к каждой модели и являются автономными, т.е. независимыми от других моделей.

Подготовка условий задачи для работы оптимизационного пакета и обработка оптимального решения осуществляется по модульному принципу, в соответствии с которым отдельные результаты решения каждой модели группируются в смысловые блоки и представляются перед пользователем самостоятельными частями, последовательно, по завершению запуска каждого из модулей программ обработки. Исходным моментом является запуск модуля формирования задачи, предшествующего работе процедуры оптимизации. Таким образом, все модули условно можно разделить на модули обработки и модуль формирования задачи.

Модули обработки состоят из двух частей: а) из пользовательской части – это организованные в виде книги Excel (один модуль – одна книга) наборы выходных таблиц с результатами решения и формализованного анализа, снабженные системой меню, позволяющей осуществлять выбор режимов обработки решения модели, а также быстрый поиск и просмотр выходных таблиц; б) из сервисных программ, обрабатывающих текущее решение и осуществляющих расчет выходных таблиц и их представление для пользователя.

Модуль формирования задачи состоит: а) из пользовательской части – т.е. организованных в виде книги Excel сегментов исходных данных, соответствующие функциональным информационным массивам, из которых формируются условия оптимизационной задачи; б) из сервисных программ, организующих из сегментов исходных данных входной файл в MPS-формате для работы процедуры оптимизации.

---

[1] В связи с увеличением размерности моделей при адаптации информационной базы к ОКВЭД был осуществлен переход к использованию более производительного оптимизационного пакета LP-VC вместо LPSYST.

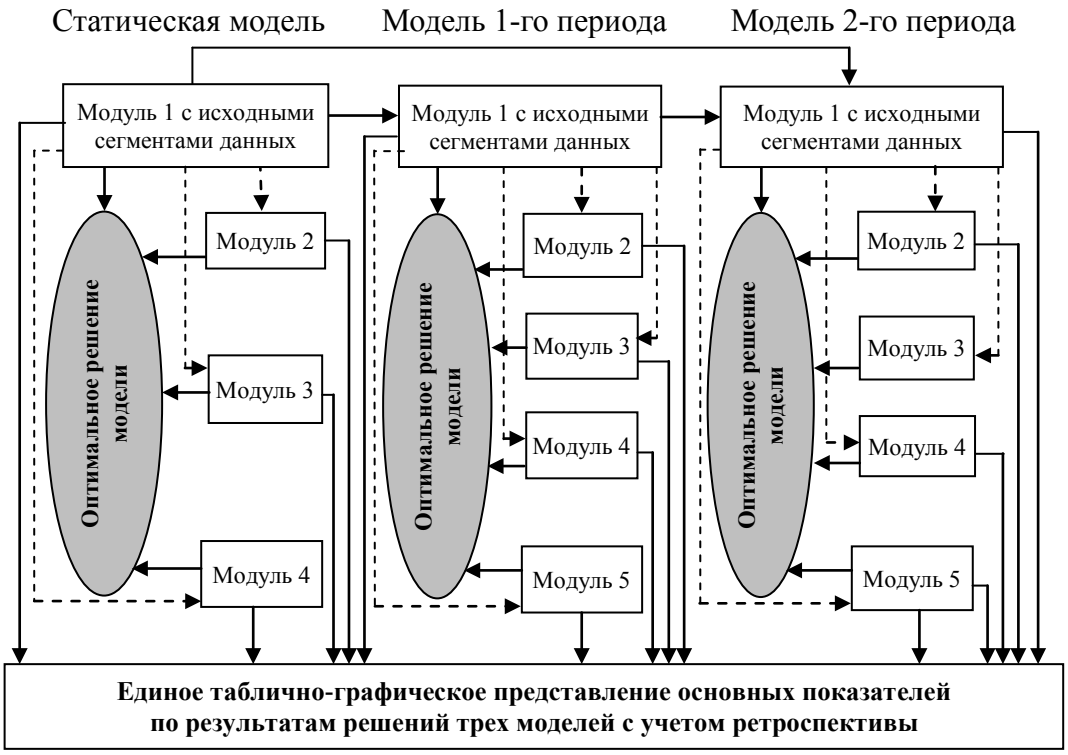


Рис. 2.5. Схема функционирования программно-модельного комплекса ОМММ-ТЭК

Охарактеризуем более детально функции каждого из модулей. Полный цикл работы прогнозной модели состоит из запусков пяти модулей (статической модели – из запусков четырех модулей) и включает следующие этапы и стадии расчетов (см. рис. 2.5).

Модуль 1: модуль формирования задачи линейного программирования. Информация для программ формирования задачи организована в виде диапазонов (матричных массивов) на листах книги Excel по принципу: один лист – один или два однородных сегмента данных, соответствующих определенному функциональному элементу в блочной структуре модели. Например, на листе «трудоемкость 1» помещено два сегмента трудоемкостей первых 22 неэнергетических отраслей, не сопряженных с ТЭК: трудоемкость «старых мощностей»[1], т.е. технологий, введенных в предшествующем

[1] В соответствии с методикой построения ОМММ для неэнергетических отраслей и для большинства отраслей ТЭК число технологических способов, представляющих отрасль, удваивается в результате разбиения производства на «старые» (действующие) мощности, т.е. введенные до начала данного прогнозного периода и продолжающие в нем действовать, которые не могут выпускать продукции больше некоторого уровня, достигнутого в предыдущем периоде, и «новые», т.е. введенные в течение данного прогнозного периода, которые обеспечивают прирост продукции [Гранберг, 1973, с. 72–74].

периоде (который может быть и прогнозным, и базовым) и трудоемкость «новых мощностей» т.е. технологий, введенных в текущем прогнозном периоде. На листе «трудоемкость 2» помещено два аналогичных сегмента трудоемкостей следующих 15 неэнергетических отраслей, часть из которых – сопряженные с ТЭК отрасли.

Такая организация значительно облегчает проведение вариантных расчетов: вся входная информация «разложена по полочкам» (на сегменты данных) и может задаваться пользователем в виде формул, описывающих конкретный вариант расчета, с привлечением вспомогательной информации и различных параметров, которые рассчитываются здесь же или вызываются по системе ссылок из других сегментов данных. Всего таких сегментов данных в модуле 1 прогнозной модели около 50, а базовой – около 20. Связи, идущие от модулей 1 на рис 2.5, отмеченные пунктирными стрелками, означают, что как сами сегменты исходных данных, так и результаты работы программ модуля 1, преобразующих эти данные в формат MPS-потока, используются при формализации результатов решения оптимизационной задачи всеми другими модулями.

Перечислим основные начальные и граничные условия, которые образуют прямые связи между моделями и участвуют в формировании условий оптимизационной задачи последующих периодов. Они отражены на рис. 2.5 как связи между модулями 1. Будем различать абсолютные начальные условия, т.е. те сегменты данных, которые в неизменном виде присутствуют во всех модулях 1 и участвуют в формировании условий задач всех прогнозных периодов (сокращенно – абс.) и относительные начальные условия, т.е. те сегменты данных из модулей 1 предыдущих периодов, которые выступают в качестве протоматрицы для расчета сегментов данных последующих периодов (сокращенно – отн.). Так, например, массивы (диапазоны) трудоемкостей неэнергетических отраслей базовой модели выступают как протоматрицы для расчета с помощью корректирующих коэффициентов матриц трудоемкостей модели первого периода, которые, в свою очередь, являются протоматрицами для расчета матриц трудоемкостей модели второго периода.

К *начальным условиям* отнесены:

1) матрицы среднероссийской материалоемкости неэнергетических отраслей (удельные материальные затраты 45 отраслей и видов деятельностей на 37 не топливно-энергетических отраслей за 2007 г.) (2 сегмента данных, абс.);

2) матрицы региональной дифференциации неэнергетических отраслей, которые «индивидуализируют» среднероссийские показатели материалоемкости с учетом технологической, отраслевой и природно-ресурсной специфики регионов (4 сегмента данных, отн.);

3) матрицы индексов изменений среднероссийской материалоемкости неэнергетических отраслей за время прогнозного периода (4 сегмента данных, отн.); в соответствии с используемой нами методикой построения

информационной базы ОМММ [Суслов, 1989, с. 31–37] результатом работы модуля 1, является, в частности, матрица региональной материалоемкости неэнергетических отраслей последнего прогнозного года, полученная как произведение трех перечисленных выше экзогенных параметров: среднероссийской материалоемкости, коэффициентов региональной дифференциации и индексов изменений во времени. Коэффициенты матрицы индексов изменений отражают в обобщенном виде тенденции НТП и эффекты организационно-структурных мероприятий, проявляющиеся в изменении структуры промежуточных затрат на производство продукции данной отрасли;

4) матрицы региональной трудоемкости неэнергетических отраслей (удельные трудовые затраты 37 отраслей и видов деятельностей) (4 сегмента данных, отн.);

5) матрицы региональной капиталоемкости неэнергетических отраслей (удельные капитальные затраты 37 отраслей и видов деятельностей) (4 сегмента данных, отн.);

6) матрицы региональной материалоемкости, трудоемкости и капиталоемкости энергетических отраслей (удельные материальные, трудовые и капитальные затраты 45 отраслей и видов деятельностей на производственные способы 8 топливно-энергетических отраслей) (1 сегмент данных, отн.);

7) оптимизируемые в модели первого прогнозного периода инвестиции последнего года, которые используются при оптимизации темпов инвестиций в модели второго периода в виде начальных инвестиций для расчета параметров линеаризации закона роста капитальных вложений [Гранберг, 1973, с. 107–116]. При оптимизации темпов инвестиций в модели первого периода в качестве начальных условий используются инвестиции модели базового года, которые являются не результатом оптимизации, а фиксируются как вычеты из оптимизируемых объемов производств фондосоздающих отраслей (1 сегмент данных, отн.).

К *граничным условиям* относятся оптимизируемые в моделях предыдущих периодов объемы производства неэнергетических отраслей и большинства отраслей ТЭК, которые с некоторой корректировкой используются в виде ограничений на «действующие» мощности модели последующего периода (2 сегмента данных, один – для отраслей ТЭК, другой – для остальных отраслей).

Развитие модульного принципа на протяжении продолжительного периода развития самой модели (здесь следует отметить такие этапы, как переход к Системе национальных счетов, адаптация к ОКВЭД и соответствующее увеличение отраслевой номенклатуры модели, разделение генерации тепла на централизованное и децентрализованное) означало и развитие самого комплексного подхода к анализу решений, которое выразилось в росте числа показателей, описывающих решение, и в их объединении (группи-

ровке) по содержательному признаку. Это становится ясным из характеристики модулей обработки, которые функционируют на настоящий момент времени в составе ПМК.

Модуль 2: модуль макроэкономических и отраслевых решений. Формализованная обработка общего решения задачи линейного программирования. В модуле рассчитываются как показатели динамики (темпы роста за период, среднегодовые темпы прироста), так и объемные и структурные показатели на последний год прогнозного периода[1]. Модуль включает вывод в табличной форме макропоказателей в национальном и региональном разрезах (ВВП, ВРП, валовой общественный продукт, инвестиции в основной капитал, изменение запасов материальных оборотных средств, фактическое потребление домашних хозяйств, государственные расходы, сальдо экспорта и импорта, суммарный ввоз и вывоз из регионов, и т.д.), объемов и темпов роста производства 45 отраслей в стоимостном выражении, межотраслевых пропорций (региональной и отраслевой структуры производства), межрайонных связей (объемов перевозок), оценок дефицитности продуктов и ресурсов и пр.

Отрасли ТЭК представлены в модуле как в общей стоимостной структуре производства, соответствующей методике межотраслевого баланса, так и в виде натуральных показателей со стороны предложения и спроса (не детализированного по отраслям и секторам экономики), соответствующих методике топливно-энергетического баланса. К макроэкономическим показателям следует отнести рассчитываемую динамику энергоемкости ВВП или ВРП по первичным энергетическим ресурсами (ПЭР) и размер экономии ПЭР в последнем году прогнозного периода, а также саму величину ПЭР в абсолютном и подушевом измерении. К отраслевым решениям, детализирующим ТЭК, следует отнести расчет производства электрической и тепловой энергии в разрезе 20 обобщенных энергетических технологий. По дополнительному пользовательскому запросу рассчитывается валовая добавленная стоимость в разрезе отраслей и регионов. Всего пользователь имеет возможность работать с 33 таблицами прогнозной модели и с 25 – базовой модели.

Модуль 3: модуль натуральных, стоимостных и натурально-стоимостных показателей ТЭК. Включает расчет затрат 8 видов топливно-энергетических ресурсов (нефти с газовым конденсатом, природного и попутного газа, твердого топлива, продуктов переработки угля, темных и светлых нефтепродуктов, электрической и тепловой энергии) на производство 45 отраслей и видов деятельностей (а также на потребление домашних хозяйств) в стоимостном и натуральном выражении. Здесь же осуществляется

[1] Следует иметь в виду, что все приводимые здесь и далее показатели во всех модулях обработки представляются как в региональном, так и национальном разрезе, поэтому упоминание о региональном разрезе будет опускаться за исключением тех случаев, где это важно подчеркнуть.

расчет сводных балансов, производных от натуральных балансов отдельных продуктов ТЭК, таких как балансы конечной энергии (тепловой и электрической) и котельно-печного топлива. В этом же модуле производится расчет натурально-стоимостных показателей, таких как энергоемкость, электроемкость, теплоемкость производства в разрезе 45 отраслей и видов деятельностей. Помимо расчетов топливных и энергетических балансов в этом модуле осуществляется расчет отраслевых затрат трудовых ресурсов (занятых) в последнем году прогнозного периода, соответствующих полученному решению. Всего в нем насчитывается 77 выходных таблиц (для прогнозной и базовой модели).

Модуль 4: модуль стоимостных балансов неэнергетических отраслей. Включает расчет материальных затрат остальных (кроме отраслей ТЭК) 37 видов деятельности и отраслей на производство 45 отраслей (а также на потребление домашних хозяйств и другие элементы конечного использования) в стоимостном выражении. Всего в данном модуле насчитывается 112 выходных таблиц (для прогнозной и базовой модели);

Модуль 5: модуль балансов инвестиций. Включает расчет затрат инвестиций в основной капитал на 45 отраслей и видов деятельностей за прогнозный период по 6 видам инвестиций (три вида оборудования, соответствующих трем отраслям машиностроения, – СМР, бурение и трубы для трубопроводного транспорта). Для инвестиций в целом (сумме всех видов инвестиций) в модуле рассчитывается отраслевая динамика (среднегодовые темпы прироста инвестиций в данную отрасль). В этом же модуле выводятся капиталоемкости 45 отраслей и видов деятельностей, дифференцированных по регионам и «старым» и «новым» мощностям. Отдельными таблицами в модуле представлены капиталоемкости 20 энергетических технологий, выпускающих тепло и электроэнергию на «старых» и «новых» мощностях. Всего число выходных таблиц в модуле достигает 20 (только для прогнозной модели).

С учетом того, что количество выходных таблиц с результатами решения в каждом модуле составляет несколько десятков, а в отдельных модулях может превышать сотню, оперативная работа с модельным комплексом, в частности на стадии построения центрального варианта или при проведении сценарных расчетов, значительно замедляется. Действительно, чтобы получить полную информацию о решениях трех моделей (статической и двух прогнозных), нужно осуществить последовательный запуск 11 модулей обработки (3+4+4), а чтобы проанализировать сквозное решение по двум временным периодам, нужно обращение к сотням таблиц! Поэтому, как показано на рис. 2.5, модульное представление дополняется единым (т.е. полученным из всех модулей, но выборочным по числу показателей) таблично-графическим представлением результатов решения.

Развитие комплексного подхода при анализе решений программно-модельного комплекса ОМММ-ТЭК. Разработчики ОМММ-ТЭК уже при построении первых версий модели (в 80-х годах прошлого века), отталкиваясь как от ее общих родовых свойств, унаследованных от канонической ОМММ, так и от новых характеристик специализированной модели, углубленно описывающих ТЭК, поставили задачу выработки приемов комплексного анализа решений модели путем совмещения нескольких подходов: макроэкономического и межрегионального, принципов стоимостного межотраслевого и натурального топливно-энергетического балансов. Переход от применения отдельной модели, охватывающей один прогнозный период, к комплексу пошаговых однородных моделей, когда используется принцип построения многопериодной модели с прямой рекурсией, значительно расширяет общий прогнозный горизонт и требует развития приемов комплексного анализа.

➢ *Развитие методики работы с модельным комплексом.* Основная идея совмещения различных подходов, на реализацию которой были направлены значительные трудовые усилия в последние годы, состоит в превращении программно-модельного комплекса ОМММ-ТЭК (ПМК) в информационно-программно-модельный комплекс (ИПМК). Эта цель достигается созданием и постоянным пополнением в рамках ИПМК банков данных, ориентированных на детализацию отдельных направлений комплексного анализа. Специфика банков данных заключается в том, что они состоят из динамических рядов, описывающих одновременно как ретроспективную динамику, так и прогнозную динамику (основных показателей модели), получаемую на данный момент по результатам оптимальных решений. Банки данных создаются в среде Excel, т.е. в той же среде, где осуществляется основная часть работы пользователя с модельным комплексом, а именно – работа с данными при подготовке условий для оптимизационных задач линейного программирования и анализ полученных таблиц с результатами решений.

Рассмотрим это направление более детально.

Формирование центрального варианта сквозного решения ПМК ОМММ-ТЭК (равно как и сквозных сценариев) является согласованной совокупностью решений трех моделей и осуществляется на основе задаваемой системы гипотез относительно поведения экзогенных и эндогенных показателей, которыми описывается функционирование каждой из прогнозных моделей. В соответствии со структурой моделей они задаются или apriori как экзогенные параметры (например экспорт и импорт отраслей и отдельных продуктов) или получаются в результате оптимизации в процессе отладочных расчетов (объемы отраслевого и продуктового производства, потребления домашних хозяйств, межрегиональных и внутренних перевозок, инвестиций и т.д.).

В методическом плане решение каждой прогнозной ОМММ-ТЭК можно представить как систему относительно гладких траекторий показателей модели, поскольку конечный результат оптимизации всегда можно выразить через среднегодовые темпы роста, рассчитываемые на основе объемных показателей статической и прогнозной моделей в случае первого периода (2007 г., 2008–2020 гг.), или соответствующих показателей моделей первого и второго периода. В последнем случае в качестве базы для расчета темпов выступают показатели решения модели первого периода.

Продолжительная (многолетняя) эксплуатация модельного комплекса приводит к возникновению специфики первого периода, которая состоит в том, что часть его по мере удаления во времени от отчетного года, т.е. последнего года, предшествующего прогнозному периоду, становится фактом, превращается в ретроспективу и, следовательно, гладкие траектории (экономического роста, развития отраслей, динамики производства и потребления топливно-энергетических ресурсов), полученные в результате решения, начинают охватывать как ретроспективный, так и прогнозный подпериоды первого периода. Таким образом, возникает противоречие (отклонение) между гладкостью траекторий решения, получаемых из заданных первоначальных гипотез, охватывающих весь период, и фактической динамикой части первого периода. Так, прослеживая функционировавшие ранее версии двухпериодных и однопериодных ОМММ-ТЭК в исторической ретроспективе, можно назвать следующие временные периоды и соответствующие им базовые точки (годы), выбранные для начала прогнозных периодов [Суслов, Чернышов, 1992, с. 51; Суслов и др., 2007, с.110–112]: 1986–2000 гг., 2001–2010 гг. (1985 г.); 1991–2005 гг. (1990 г.); 1999–2010 гг., 2011–2020 гг. (1998 г.); 2008–2020 гг., 2021–2030 гг. (2007 г.). Как видно, за 27 лет эксплуатации модели (без учета значительного перерыва в 1990-е годы) было всего 4 базовые точки.

Для разрешения этого противоречия предлагаются следующие подходы информационно-методического характера, позволяющие рассматривать ПМК как ИПМК:

1. Сквозной прогнозный горизонт обеих моделей достраивается ретроспективным периодом за пределами отчетного года. В частности, поскольку в действующем комплексе ОМММ-ТЭК отчетным годом является 2007 г., то ретроспективный период охватывает весь период новейшей истории России (1991–2007 гг.).

2. По каждому из отслеживаемых показателей ретроспектива «доотчетного периода» соединяется с фактической частью первого прогнозного периода в единый ретроспективный период. По мере увеличения ретроспективного периода появляется возможность использования статистических методов для выявления сложившихся тенденций и сравнения их с принятыми гипотезами относительно прогнозных траекторий.

3. Во всем временном пространстве, включающем ретроспективу и перспективу, вводится единое табличное и графическое представление отслеживаемого показателя через траекторию относительной динамики с точкой отсчета в 2007 г. принятой за единицу (индексный ряд). Таким образом, сквозные решения ПМК встраиваются в общую траекторию, включающую ретроспективные тенденции, действовавшие как до начала прогнозного горизонта ПМК, так и в течение ряда лет первого прогнозного периода.

4. В процессе отладочных расчетов корректируются гипотезы первого периода, т.е. устанавливаются факторы, не учитывавшиеся ранее, которые вызывают отклонения фактических траекторий от решения модели. Осуществляется поиск такого «усредненного» решения оптимизационной задачи первого периода, которое исходя из принимаемых новых представлений наилучшим образом объединяет два подпериода – ретроспективный и прогнозный. Выбор усредненного решения не означает обязательное получение наиболее гладкой траектории отслеживаемого показателя, он предполагает соединение ее нормативного характера с возможностью смены тенденции не в начале, а в какой-то внутренней точке первого периода.

5. В процессе отладочных расчетов корректируются гипотезы второго периода с учетом изменившегося решения первого периода.

➢ *Банки данных и их назначение.* С учетом применяемого при функционировании ПМК ОММ-ТЭК модульного принципа, описанного выше, банки данных в структуре ИПМК выполняют еще одну функцию, позволяющую повысить оперативность комплексного анализа, что особенно важно при проведении отладочных расчетов. Раздельное модульно-табличное представление результатов решений дополняется единым, (т.е. полученным из всех модулей, но выборочным по числу показателей) порядно-графическим представлением (см. рис. 2.5). Термин «порядно» означает, что отдельный показатель решения (эндогенная или экзогенная переменная модели) хранится в банке данных (в абсолютном выражении как натуральный и/или стоимостной объемный показатель и/или в индексной форме) в виде динамического погодового ряда в общем массиве динамических рядов других переменных. Графическое представление на основе динамических рядов позволяет сразу визуально охватить оба прогнозных периода и увидеть точки рассогласования между траекториями ключевых макроэкономических, отраслевых и региональных показателей решений прогнозных моделей. Кроме того, графическое представление позволяет увидеть эти траектории как продолжение ретроспективной динамики допрогнозного периода.

Заметим, что хотя начало ретроспективного периода отнесено к 1991 г. (году провозглашения РФ и прекращению существования СССР), формирование динамических рядов показателей модели в их ретроспективной части является непрерывным процессом, поскольку при многолет-

ней эксплуатации ИПМК по мере того, как часть первого прогнозного периода (2008–2020 гг.) становится фактом, ретроспективный период в целом все время удлиняется. Следует также подчеркнуть, что в условиях неполной информации формирование ретроспективой части динамических рядов показателей решений модели несет в значительной степени груз экспертных оценок. Довольно часто ретроспективная часть динамического ряда какого-либо показателя решения является комбинированной оценкой, полученной из нескольких источников, которые в виде «обрывочных» (т.е. неполных) динамических рядов помещаются в соответствующем банке данных ИПМК в окружении данного показателя.

Например, официальная статистика объема работ, выполненных по виду деятельности «строительство» (ОКВЭД) в РФ, показывает динамику его физических объемов (в сопоставимых ценах) с 2000 г. Официальные данные по региональной статистике субъектов Федерации (в частности издание Росстата «Регионы России») показывают эту динамику только с 2005 г. С другой стороны, Росстатом с 1990 до 2004 года приводится динамика объема работ, выполненных по договорам строительного подряда (для РФ). Комбинированный динамический ряд для отраслевой номенклатурной единицы модели «строительство» в своей ретроспективной части составляется из этих «неполных» динамических рядов, охватывающих вместе весь ретроспективный период.

На настоящий момент в состав ИПМК входит 5 банков данных (один банк – одна книга Excel). Четыре из них содержат порядно-графическое представление показателей решения моделей, т.е. выполняют собственно информационные и аналитические функции ИПМК. Пятый банк данных, сохраняя преимущественно табличное представление, используется непосредственно для повышения оперативности расчетов. Он сводит показатели из модулей макроэкономических и отраслевых решений моделей разных периодов в единые табличные формы общего решения, выполняя функцию объединения модулей. Как отмечалось выше, все банки данных с порядно-графическим представлением показателей решений включают три вида динамических рядов: объемные (динамические ряды натуральных и стоимостных показателей) индексные и структурные. Последний вид является производным динамическим соотношением объемных показателей.

Перечислим эти банки данных, сопроводив отдельными замечаниями.

❖ *Банк макроэкономических показателей.* Включает динамические ряды макроэкономических показателей модели и расчетных производных от них показателей в разрезе страны и регионов: ВВП (ВРП), инвестиции в основной капитал, потребление домашних хозяйств, государственные расходы, потребление первичных энергетических ресурсов, производительность общественного труда, материалоемкость совокупного общественного продукта, энергоемкость ВВП (ВРП), норма накопления основного капитала и т.д.

❖ *Банк отраслевых показателей.* Включает группировки динамических рядов, дающих как индивидуальные, так и обобщенные характеристики отраслей и производственных секторов экономики в национальном разрезе. В графическом представлении, т.е. на отдельном графике отраслевые траектории группируются в соответствии с задачами оперативного анализа. При этом часто используется вторая ось ординат для отображения структурных динамических рядов (изменения доли одного показателя в отношении другого). Так, на одном графике любая отрасль промышленности описывается следующей стандартной системой траекторий и обобщающих показателей: 1) инвестиции в основной капитал отрасли; 2) инвестиции в основной капитал промышленности; 3) производство отрасли; 4) промышленное производство; 5) импорт продукции отрасли; 6) экспорт продукции отрасли; 7) доля экспорта в выпуске продукции отрасли; 8) доля импорта в потреблении продукции отрасли; 9) эластичность выпуска продукции отрасли по инвестициям в основной капитал.

❖ *Банк показателей ТЭК.* Представляет 8 отраслей ТЭК модели в натуральном и стоимостном выражении. Кроме продуктовых характеристик отраслей ТЭК (см. выше графическое описание отрасли) банк данных включает динамические ряды потребления конечных видов энергии по отраслям и секторам экономики, а также ряды, характеризующие траектории 20 обобщенных технологий производства электро- и тепловой энергии (см. выше). К этим характеристикам примыкают графики относительной динамики удельных затрат топлива на выработку энергии по типам генерирующих мощностей. В этом банке данных выводятся такие обобщающие структурные показатели, как доля инвестиций в ТЭК в общем объеме инвестиций, доля централизованного теплоснабжения в общем отпуске тепла и т.д.

❖ *Банк региональных показателей.* На настоящий момент находится в стадии интенсивного расширения. На основе региональных динамических рядов выпусков отраслей и видов деятельностей формируются графики двух видов: 1) график динамики данного сектора экономики (промышленность, сельское хозяйство, строительство, рыболовство и т.д.) в шести регионах модели; 2) график динамики секторов экономики и промышленности (добывающая промышленность, обрабатывающая промышленность, энергетика, сельское хозяйство, строительство, торговля, железнодорожный транспорт, прочий транспорт общего пользования) в данном регионе.

2.5. ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОМММ-ТЭК: ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОМПРЕССИОННЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Рядом институтов СО РАН физического, химического и экономического профиля в совместном интеграционном проекте проводились исследования по развитию и оценке эффективности энергосберегающей технологии тепловых насосов (ТН)[1]. В рамках экономического направления этих исследований была предпринята попытка оценить с народнохозяйственных позиций эффективность распространения ТН компрессионного типа в ряде макрорегионов России с помощью инструментария ОМММ-ТЭК.

ТН – это устройство, которое служит для преобразования теплового потока, полученного от источника тепловой энергии (природного или техногенного характера), имеющего низкую температуру, в высокотемпературный поток. Компрессионные тепловые насосы приводятся в действие с помощью электроэнергии (механической энергии). Переданное потребителю тепло может в несколько раз превосходить энергию источника, т.е. иметь коэффициент преобразования (трансформации) энергии в диапазоне от 3 до 7 раз. Масштабное распространение ТН, с одной стороны, сокращает использование традиционных технологий выработки тепла и, соответственно органического топлива для его выработки, а с другой – требует дополнительных затрат электроэнергии.

Согласно прогнозам специалистов из международной Энергетической комиссии к 2020 г. в экономически развитых странах доля тепловых насосов в теплоснабжении достигнет 70% [Воронов, Комаров, 2004, с. 89]. Поскольку в России в настоящее время идет период начального освоения этой технологии, мы исходим из более скромных цифр.

Сценарные расчеты проводились по отношению к базовому варианту ОМММ-ТЭК, который представляет собой некоторую модификацию центрального варианта одной из версий ОМММ-ТЭК, описанной в предыдущем параграфе, с горизонтом прогноза 1999–2010 гг. Модификация заключалась в том, что для более полной оценки межсистемных эффектов (электро- и топливообеспечения), получаемых в связи с распространением новой технологии, было сделано допущение о неизменной эффективности традиционных генерирующих мощностей тепла и электроэнергии в прогнозном периоде. В частности удельные затраты топлива на электростанциях и котельных были взяты на уровне базового года (1998 г.), предшествующего прогнозному периоду.

---

[1] См.: Отчет по междисциплинарному интеграционному проекту СО РАН № 133 «Развитие теоретических основ тепловых насосов: физика, экономика и экология» за 2003–2005 гг. Координатор проекта – академик В.Е. Накоряков. – Новосибирск, 2005.

При проведении прогнозных расчетов в качестве условий используются следующие установки: 1) при государственной поддержке федеральных и региональных властей тепловые насосы распространяются в масштабе, удовлетворяющем 10% потребности тепла в регионе; 2) в данных расчетах предполагается нейтральность таких факторов, как ядерная и гидроэнергетика, а также уровня развития нетрадиционной энергетики. Это означает, что производственные программы наращивания гидро- и атомной энергетики не меняются при распространении новой технологии; 3) предполагается ограниченность уровней добычи нефти и газа в крупнейших функционирующих в настоящее время топливных базах страны в пределах целевых ориентиров Энергетической стратегии России на 2010 г. По отношению к Тюменской области, в частности, это условие означает, что дополнительные потребности в электроэнергии при использовании новых электроемких технологий не могут быть удовлетворены за счет прироста добычи газа в регионе, направляемого в энергетику, а могут являться результатом как маневрирования мощностей газовой и угольной энергетики, так и приростов добычи газа в других регионах.

С учетом указанных условий в производственный блок региона модели вводился новый производственный способ, описывающий технологию производства тепла на тепловых насосах, и определялась реакция народного хозяйства на его функционирование с заданной интенсивностью. При этом делалось допущение, что средняя капиталоемкость, материалоемкость и трудоемкость выработки тепла на тепловых насосах не превышает капиталоемкость новых котельных на твердом и жидком топливе. Задача сценарных расчетов – по совокупности меняющихся по отношению к базовому варианту решения модели показателей определить отрицательность или положительность народнохозяйственного эффекта, возникающего при масштабном использовании новой технологии в данном регионе.

Всего было осуществлено 4 серии расчетов с разными уровнями коэффициентов трансформации энергии тепловых насосов (далее – коэффициентов трансформации) – от 3 до 6. В каждую серию расчетов входят 6 вариантов, обозначенные порядковыми номерами от 1 до 6 (табл. 2.1). В первом варианте представлена реакция на выработку с использованием новой технологии 10% от общей потребности в тепле в масштабе всей страны (реализация национального сценария). В каждом из последующих 5 вариантов (реализации региональных сценариев) рассматривается реакция народного хозяйства России на распространение новой технологии только в данном макрорегионе, возникающая по цепочкам межотраслевых и межрегиональных материально-вещественных связей. Таким образом, каждый региональный сценарий состоит из 4 вариантов (по числу коэффициентов трансформации).

Полученная в результате оптимизации по каждому варианту система показателей сравнивается с соответствующими показателями базового варианта, который не включает производство тепла тепловыми насосами. Прирост ВВП и объема потребления населения (потребления домашних хозяйств) при условии поддержания достаточного инвестиционного задела характеризует рассматриваемый вариант как эффективный, снижение указанных показателей свидетельствуют о его неэффективности. Народнохозяйственный подход при оценке эффективности новой технологии заключается, в частности, в том, что полученные приросты ВВП и потребления домашних хозяйств суммируются в каждом варианте по всем регионам, тогда как внедрение новой технологии осуществляется, как указывалось ранее, в каком-то одном макрорегионе (за исключением вариантов национального сценария 1.1–4.1)[1].

В большинстве региональных сценариев при заданных коэффициентах трансформации положительные или отрицательные приросты ВВП соответствуют положительным или отрицательным приростам потребления домашних хозяйств. Но возможны ситуации, когда ВВП растет в силу роста его инвестиционной составляющей и других элементов (капитального ремонта, накопления оборотных фондов, государственных расходов и т.д.), а потребление падает. Так, в частности происходит в случае Тюменской области при коэффициенте трансформации 3. Для таких случаев необходимо определить приоритетность критериев эффективности.

В расчетах для каждого варианта применены 2 критерия: 1) отношение прироста ВВП (в масштабе страны) к затратам электроэнергии на тепловых насосах в данном регионе; 2) отношение прироста потребления домашних хозяйств в масштабе страны к затратам электроэнергии на тепловых насосах в данном регионе. Приоритетность отдается нами последнему критерию. Это означает, что вариант 1.6 (см. табл. 2.1), в котором при производстве 10% тепла от необходимой потребности в Тюменской области на тепловых насосах со средним коэффициентом трансформации 3 прирост ВВП на единицу затраченной электроэнергии положителен, а прирост потребления домашних хозяйств отрицателен, следует рассматривать как относительно неэффективный. Ясно, что в случае национальных сценариев общая положительная или отрицательная эффективность является результатом совмещения условий всех региональных сценариев.

Для интерпретации полученных результатов необходимо принять во внимание следующий факт: для обеспечения работы тепловых насосов требуется электроэнергия – существенно более качественный и дорогой энергоноситель по сравнению с генерируемым теплом. Таким образом,

[1] Будем обозначать эти варианты 1.2, 1.3 и т.д., где первая цифра указывает номер серии (т.е. номер коэффициента трансформации), а вторая – номер варианта в данной серии (т.е. номер региона, где распространяется новая технология), – см. табл. 2.1.

Таблица 2.1

Отклонения от базового варианта по РФ при производстве 10% тепловой энергии от потребности региона (страны) на тепловых насосах (ТН), в ценах 2004 г.

Показатель	1. Россия		2. Европейская Россия		3. Зап. Сибирь без Тюменской области		4. Восточная Сибирь		5. Дальний Восток		6. Тюменская область	
	абсол.	%	абсол.	%	абсол.	%	абсол.	%	абсол.	%	абсол.	%
1. Коэффициент трансформации 3												
ВВП, млн руб.	–20328	–0,10	–22678	–0,11	4492	0,02	1609	0,01	–3411	–0,02	414	0,002
Потребление домашних хозяйств, млн руб.	–28613	–0,27	–27288	–0,26	3342	0,03	1085	0,01	–4212	–0,04	–317	–0,003
Инвестиции за период, млн руб.	37017	0,10	18098	0,05	6307	0,02	3665	0,01	4356	0,01	2731	0,01
Потребление первичных энергетических ресурсов, млн тут	–1	–0,08	2	0,21	–2,8	–0,25	–2,8	–0,25	0,9	0,08	–0,23	–0,02
Потребление электроэнергии в экономике, млрд кВт·ч	80	7,0	61	5,3	5,6	0,49	6,0	0,52	4,4	0,39	2,7	0,24
Энергоемкость ВВП (в последнем году периода), %		0,02		0,32		–0,27		–0,26		0,10		–0,02
Прирост ВВП на единицу затрат электроэнергии на ТН, руб./1000 кВт·ч	–273		–406		761		271		–834		156	
Прирост потребления домашних хозяйств на единицу затрат электроэнергии на ТН, руб./1000 кВт·ч	–385		–489		566		183		–1030		–119	
2. Коэффициент трансформации 4												
ВВП, млн руб.	–504	–0,002	–5696	–0,03	4770	0,02	1883	0,01	–2046	–0,01	898	0,004
Потребление домашних хозяйств, млн руб.	–6945	–0,07	–9492	–0,09	3763	0,04	1512	0,01	–2721	–0,03	247	0,002
Инвестиции за период, млн руб.	31582	0,08	17398	0,04	5461	0,01	2806	0,01	3647	0,01	2488	0,01
Потребление первичных энергетических ресурсов, млн тут	–8	–0,73	–3	–0,26	–2,8	–0,25	–2,8	–0,25	0,40	0,04	–0,43	–0,04
Потребление электроэнергии в экономике, млрд кВт·ч	59	5,2	45	4,0	4,1	0,36	4,4	0,39	3,2	0,28	2,0	0,17
Энергоемкость ВВП (в последнем году периода), %		–0,72		–0,23		–0,27		–0,26		0,05		–0,04
Прирост ВВП на единицу затрат электроэнергии на ТН, руб./1000 кВт·ч	–9		–136		1079		424		–668		450	
Прирост потребления домашних хозяйств на единицу затрат электроэнергии на ТН, руб./1000 кВт·ч	–125		–227		851		340		–888		124	

Окончание табл. 2.1

Показатель	1. Россия		2. Европейская Россия		3. Зап. Сибирь без Тюменской области		4. Восточная Сибирь		5. Дальний Восток		6. Тюменская область	
	абсол.	%	абсол.	%	абсол.	%	абсол.	%	абсол.	%	абсол.	%
3. Коэффициент трансформации 5												
ВВП, млн руб.	12732	0,06	4292	0,02	4934	0,02	2049	0,01	–1229	–0,01	1186	0,01
Потребление домашних хозяйств, млн руб.	5725	0,05	1101	0,01	4015	0,04	1765	0,02	–1829	–0,02	586	0,01
Инвестиции за период, млн руб.	34900	0,09	16572	0,04	4959	0,01	2304	0,01	3231	0,01	2344	0,01
Потребление первичных энергетических ресурсов, млн тут	–12	–1,07	–6	–0,54	–2,8	–0,25	–2,8	–0,25	0,1	0,01	–0,54	–0,05
Потребление электроэнергии в экономике, млрд кВт·ч	47	4,1	36	3,1	3,1	0,27	3,5	0,30	3	0,22	1,5	0,14
Энергоемкость ВВП (в последнем году периода), %		–1,13		–0,56		–0,27		–0,26		0,01		–0,05
Прирост ВВП на единицу затрат электроэнергии на ТН, руб./1000 кВт·ч	286		128		1395		576		–501		743	
Прирост потребления домашних хозяйств на единицу затрат электроэнергии на ТН, руб./1000 кВт·ч	128		33		1136		496		–746		367	
4. Коэффициент трансформации 6												
ВВП, млн руб.	21393	0,10	11117	0,05	5044	0,02	2160	0,01	–688	0,00	1375	0,01
Потребление домашних хозяйств, млн руб.	13809	0,13	8091	0,08	4185	0,04	1934	0,02	–1238	–0,01	811	0,01
Инвестиции за период, млн руб.	37838	0,10	16910	0,04	4620	0,01	1962	0,01	2951	0,01	2246	0,01
Потребление первичных энергетических ресурсов, млн тут	–14	–1,28	–8	–0,72	–2,8	–0,25	–2,8	–0,25	–0,1	–0,01	–0,6	–0,06
Потребление электроэнергии в экономике, млрд кВт·ч	39	3,41	30	2,6	2,5	0,22	2,8	0,25	2	0,18	1,2	0,11
Энергоемкость ВВП (в последнем году периода), %		–1,38		–0,77		–0,27		–0,26		–0,01		–0,06
Прирост ВВП на единицу затрат электроэнергии на ТН, руб./1000 кВт·ч	575		398		1710		728		–336		1033	
Прирост потребления домашних хозяйств на единицу затрат электроэнергии на ТН, руб./1000 кВт·ч	371		290		1418		652		–605		609	

распространение тепловых насосов в существенных масштабах, с одной стороны, уменьшает потребность страны в топливе для котельных и индивидуальных тепловых установок, а с другой, – увеличивает потребность в электроэнергии, и, следовательно, требует введение дополнительных мощностей по ее генерации и дополнительных затрат топлива, доставляемого преимущественно из восточных районов страны.

Из-за возможных ограничений использования высококачественного топлива (газа) в энергетике и приоритетности его использования для неэнергетических целей и в домашних хозяйствах имеет смысл в качестве показателя эффективности рассматривать экономию топлива не собственно в энергетике, а в народном хозяйстве в целом. Следует исходить из того, что экономия в любой отрасли экономики энергоносителя любого вида, вызванная непосредственным внедрением прогрессивных технологий, в конечном счете должна приводить к сбережению невозобновляемых первичных энергетических ресурсов. Поэтому в качестве показателя в табл. 2.1 наряду с электроэнергией фигурирует экономия (прирост) потребления первичных энергетических ресурсов, получаемая в масштабе страны.

Из анализа табл. 2.1, построенной по результатам расчетов, можно сделать следующие выводы:

- Очевидной является благоприятная народнохозяйственная реакция на распространение новой технологии в заданных масштабах в Сибири, и особенно на территории Сибирского федерального округа, где при всех коэффициентах трансформации возрастают как фонд потребления домашних хозяйств, так и ВРП.
- Из восточных регионов отрицательными показателями эффективности по обоим критериям при всех коэффициентах трансформации характеризуется Дальний Восток, где ожидается наиболее напряженный баланс электроэнергии.
- Показатели эффективности по обоим критериям для Европейской России являются отрицательными при коэффициенте трансформации 3 и 4 и положительными – при 5 и 6.
- В национальном сценарии повторяются тенденции сценария Европейской России: показатели эффективности по обоим критериям являются отрицательными при коэффициенте трансформации 3 и 4 и положительными – при 5 и 6. В то же время влияние сибирских регионов смягчает общий отрицательный эффект и увеличивает общий положительный эффект.

2.6. СИСТЕМА БАЛАНСОВЫХ РАСЧЕТОВ НА ПЕРСПЕКТИВУ

Назначение и структура Системы балансовых расчетов на перспективу (СИБАРП). Важным элементом системы СОНАР-ТЭК является ее региональная ветвь – комплекс средств моделирования СИБАРП – «СИстема БАлансовых Расчетов на Перспективу», используемый для анализа и прогнозирования экономического развития в отдельном регионе [Суслов, 2006, 2008, 2010]. Сама структура СИБАРП универсальна в методическом плане, но варьируется в своем информационном наполнении в зависимости от моделируемого и анализируемого региона. В настоящее время в наиболее полном объеме подход реализован для Новосибирской области, в каких-то отдельных фрагментах – для других регионов Сибирского федерального округа, а также территории округа в целом. Комплекс основан на построении укрупненных балансов производства и распределения продукции в регионе (межотраслевых балансов – МОБ региона), но включает и другие модельные средства: макромодели, упрощенные конструкции для отдельных секторов экономики, а также может работать во взаимодействии с детальными моделями ТЭК и эконометрическими моделями.

Базовая структура комплекса СИБАРП (рис 2.6) изначально включала:

1) блок опорных межотраслевых балансов, относящихся к ретроспективе;
2) блок макроэкономического прогноза;
3) блок микроэкономических прогнозов;
4) блок построения перспективных МОБ региона;
5) блок межотраслевой модели региона.

Данная система позволяет осуществлять комплексные прогнозные расчеты по развитию региональной экономики при заданных внешних гипотезах о развитии мировой экономической системы и страны в целом, а следовательно, спросе на продукцию и услуги отраслей специализации региона и возможностях ресурсного обеспечения предстоящего роста.

Первый блок модельного комплекса реализует составление базовых межотраслевых балансов региона (в настоящее время для Новосибирской области – для 2005 г. и 2010 г.) с использованием всей доступной статистической информации, предоставляемой статистическими органами. При этом составление ретроспективных МОБ предполагает поддержку имеющихся отчетных балансов за более ранние периоды времени или их фрагментов. Так, для Новосибирской области фрагменты для составления I квадранта имеются для периода середины 90-х годов предыдущего столетия.

Второй блок предполагает осуществление макроэкономического прогноза с использованием регрессионных моделей и/или экспертных оценок. В результате строятся прогнозные показатели ВРП и его элементов: потребление домашних хозяйств, государства, накопление основного капитала (инвестиции), накопление материальных оборотных средств, чистый вывоз (сальдо вывоза и ввоза).

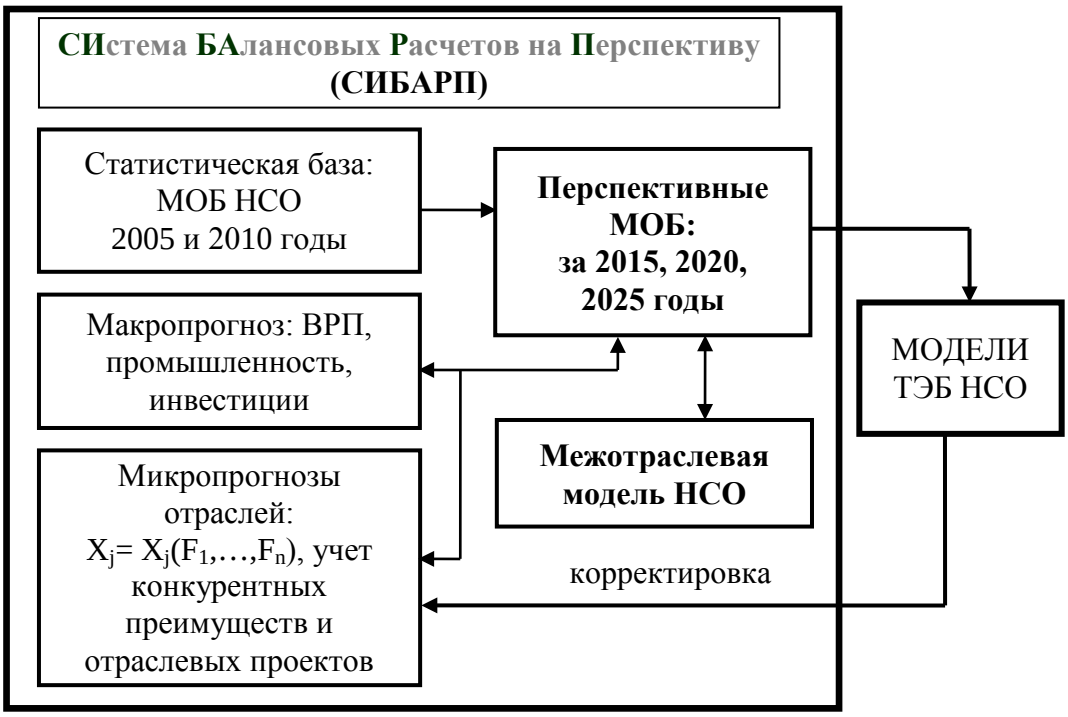


Рис. 2.6. Базовая версия СИБАРП, используемая для Новосибирской области

Третий блок – реализация микроэкономических прогнозов выпуска отраслей хозяйства области и отраслей промышленности с использованием регрессионных моделей и при учете осуществления на перспективу конкретных проектов в отраслях. Результат – объемы выпуска и объемы добавленной стоимости по рассматриваемым позициям. При этом учитывается специфика соответствующих секторов.

Результаты расчетов по первым трем блокам поступают в четвертый блок комплекса, где строятся перспективные межотраслевые балансы НСО по пятилетиям. При этом используются формализованные процедуры балансировки матриц показателей, получившие название «RAS-методов». Их особенность состоит в том, что они позволяют на основе базовых МОБ и заданных общих объемах выпуска, конечной продукции и добавленной стоимости по отраслям получить межотраслевые потоки продукции (или коэффициенты технологической матрицы) как эндогенные показатели.

Полученная информация перспективных МОБ НСО затем поступает в пятый блок, где соответствующим образом корректируется технологическая матрица межотраслевой модели НСО, а также экзогенно задаваемая часть конечного продукта. Применение данной модели позволяет уточнить прогноз показателей по ввозу и вывозу продукции, финансовым показателям, а также провести оценку воздействия тарифной политики на уровни выпуска.

Далее информация об изменении удельных затрат энергоресурсов на выпуск продукции по отраслям поступает в Блок анализа и прогнозирования топливно-энергетического баланса НСО для расчета прогноза ТЭБ НСО. Здесь также рассчитываются показатели выпусков по отраслям ТЭК области в стоимостной оценке. Эти показатели могут поступать обратно в Блок прогноза социально-экономического развития НСО (СИБАРП), конкретно – в третий блок, для корректировки соответствующих микроэкономических прогнозов. Далее система расчетов может быть повторена до приемлемого согласования между двумя блоками общей системы.

Балансировка матрицы межотраслевых потоков. Особенность построения перспективных балансов – использование в качестве экзогенных переменных объемов выпуска, добавленной стоимости и конечной продукции по выделяемым секторам. В этом случае в процессе итеративной балансировки в качестве эндогенных переменных выступают потоки продукции между отраслями, что реализуется в рамках известного «RAS-метода». Процедура балансировки, называемая «RAS-метод», осуществляется следующим образом. Решается система линейных уравнений:

$$\begin{pmatrix} r_1,\ldots,0 \\ \ddots \\ 0,\ldots,r_n \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} x^0_{11},\ldots,x^0_{1n} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ x^0_{n1},\ldots,x^0_{nn} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} s_1 \\ \vdots \\ s_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} i_1 \\ \vdots \\ i_n \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} r_1,\ldots,r_n \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} x^0_{11},\ldots,x^0_{1n} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ x^0_{n1},\ldots,x^0_{nn} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} s_1,\ldots,0 \\ \ldots\ldots\ldots \\ 0,\ldots,s_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_1,\ldots,m_n \end{pmatrix}$$

где матрица $X = \begin{pmatrix} x^0_{11},\ldots,x^0_{1n} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ x^0_{n1},\ldots,x^0_{nn} \end{pmatrix}$ – базовая матрица межотраслевых потоков,

$r_1,\ldots, r_n$ – индексы строк,
$s_1,\ldots, s_n$ – индексы столбцов,
$i_1,\ldots, i_n$ – промежуточная продукция отраслей,
$m_1,\ldots, m_n$ – материальные затраты в отраслях.

Результат расчета – новые значения межотраслевых потоков $x_{ij}=x^0_{ij}*r_i*s_n$, полностью соответствующие построенным балансам.

Оценка возможностей энергосбережения за счет структурных сдвигов. Могут оцениваться возможности снижения энергосбережения за счет межотраслевых структурных сдвигов. Отрасли с различными уровнями удельных энергозатрат с течением времени начинают менять свою долю в общем выпуске, поскольку имеют различную динамику уровней

производства. В результате даже при неизменных показателях энергоемкости на уровне отраслей суммарная энергоемкость промышленного производства может достаточно сильно меняться. Таким образом, структурные сдвиги в производстве вносят свою лепту в общее изменение удельных затрат энергоресурсов.

Теоретически общий индекс изменения энергоемкости J может быть представлен следующим образом:

$$J = J_{эфф} \times J_{стр} \times J_{совм},$$

$$J_{эфф} = \left(\sum_{i=1}^{N} э_{i2} \times q_{i1})\right) \Big/ \left(\sum_{i=1}^{N} э_{i1} \times q_{i1})\right),$$

$$J_{стр} = \left(\sum_{i=1}^{N} э_{i1} \times q_{i2})\right) \Big/ \left(\sum_{i=1}^{N} э_{i1} \times q_{i1})\right),$$

$$J_{совм} = \left[\left(\sum_{i=1}^{N} э_{i1} \times q_{i1})\right) \times \left(\sum_{i=1}^{N} э_{i2} \times q_{i2})\right)\right] \Big/ \left[\left(\sum_{i=1}^{N} э_{i1} \times q_{i2})\right) \times \left(\sum_{i=1}^{N} э_{i2} \times q_{i1})\right)\right],$$

где $J_{эфф}$ – индекс изменения энергоемкости за счет изменения затрат энергии, но при неизменной структуре производства; $J_{стр}$ – индекс изменения энергоемкости за счет изменения структуры производства, но при неизменных удельных затратах энергии; $J_{совм}$ – индекс совместного воздействия коэффициентов энергоемкости и структуры; $э_{it}$ – коэффициент энергоемкости отрасли i в период t, q_{it} – доля отрасли i в общем выпуске в период t.

Таким образом, общее снижение энергоемкости нельзя в точности разложить на два фактора – изменение структуры и изменение удельных затрат в отраслях, поскольку $J_{совм}$ вовсе не обязательно равен единице, а может быть как больше, так и меньше данного значения. С другой стороны, его экономическая интерпретация, на наш взгляд, затруднена. Поэтому мы в данном изложении оперируем лишь двумя индексами – за счет изменения удельных энергозатрат в отраслях $J_{эфф}$ и за счет изменения структуры $J_{стр}$, имея в виду, что их произведение не дает в точности общего индекса роста энергоемкости и может отличаться от него в любую сторону.

Развитие СИБАРП: регрессионные методы анализа потребления энергии. В рамках развития СИБАРП проведено встраивание блока регрессионных методов анализа энергопотребления в регионах России и Сибири в общую систему аналитических и прогнозных расчетов (рис 2.7). Данный блок строится как на межстрановой, так и отечественной информации и позволяет проводить анализ влияния факторов климатических различий, ценовой политики, институциональных условий, переменных экономической активности на энергопотребление и энергоемкость производства в разрезе сфер хозяйства, а также на уровни экономической активности. Соответственно, прогноз энергопотребления строится в зависимости от указанных

факторов. Более высокие темпы экономического роста означают при этом большее потребление ТЭР, однако более быстрая динамика цен на энергоресурсы вызывает и более сильное энергосбережение.

В связи с этим была модифицирована схема расчетов потоков продукции на выпуск продукции по отраслям, которая теперь в отличие от прежней схемы предполагает особый подход к расчетам межотраслевых связей отраслей энергетического комплекса. Коэффициенты затрат энергетической продукции на производство других продуктов строятся на основе прогноза энергоемкости отраслей, выполненного с использованием указанных регрессионных моделей.

2.7. ПРИМЕР СОЗДАНИЯ МОДЕЛЕЙ ПОД ПРОБЛЕМУ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ГРАНИЦ ПОВЫШЕНИЯ ТАРИФОВ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ДЛЯ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В 2010 г.

Для оценки воздействия тарифов на электроэнергию на объемы промышленного производства и определения предельных границ их повышения в условиях развивающегося экономического кризиса был построен специальный модельно-методический аппарат, сочетающий возможности межотраслевого анализа и эконометрического моделирования поведения потребителей электроэнергии (рис. 2.7) [Суслов, 2011].

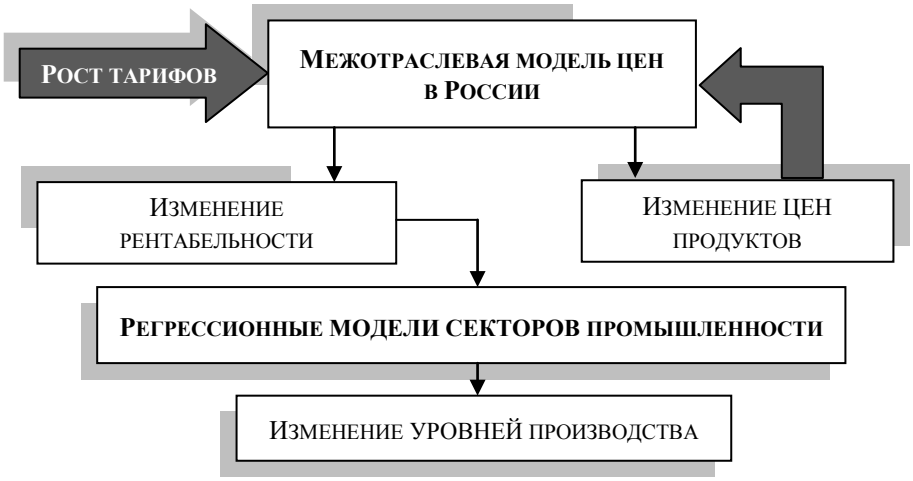


Рис. 2.7. Модельно-методический комплекс для определения предельных границ повышения тарифов для промышленных предприятий в условиях экономического кризиса

Были определены две границы увеличения тарифов для отраслей промышленности. Первая из них, более высокая, означает такой рост тарифа для данной промышленной отрасли (вида экономической деятельности), когда соответствующее снижение рентабельности приводит к заметному уменьшению выпуска предприятий, вовлеченных в данный вид деятельности промышленного производства. Но при этом все цены, кроме тарифа на электроэнергию рассматриваются как неизменные. Нижняя из них, называемая нами «границей риска», возникает тогда, когда появляются дополнительные риски, вызванные тем обстоятельством, что в некоторых сферах деятельности в ответ на рост издержек возможно повышение цен собственного выпуска (индексация издержек), а в других нет. Отрасли первого типа мы называем индексируемыми, а второго типа – неиндексируемыми. В неиндексируемых отраслях объем прибыли и уровень рентабельности снижаются не только за счет повышения затрат на оплату энергии, но и других составляющих издержек, поскольку возрастают цены продукции индексируемых отраслей, а, следовательно, и затраты, связанные с закупкой этой продукции. В то же время в индексируемых отраслях, хотя издержки и возрастают, но уровни рентабельности сохраняются. Таким образом, при определении границы риска дополнительно учитывается воздействие отраслей друг на друга. Наше деление отраслей на индексируемые и неиндексируемые, основанное на экспертном анализе, приведено в табл. 2.2.

Сначала мы построили модель межотраслевого баланса российской экономики, которая позволяет оценивать изменение рентабельности производства в секторах экономики в ответ на изменение издержек, вызванное ростом тарифов на электроэнергию. Затем, используя статистические данные в динамике и по видам экономической деятельности (т.е. панельные данные), мы строим эконометрические модели, увязывающие изменения физического объема их выпуска с уровнями и изменениями рентабельности. Затем, имея указанные модели, которые реально описывают взаимосвязи между финансовым состоянием предприятий в данной сфере деятельности и динамикой их выпуска, мы определяем, при каких уровнях повышения тарифов на электроэнергию и возникающих сопряженных эффектов, наступает значимое сокращение выпуска. Такие уровни мы и принимаем в качестве границ повышения тарифов. При этом для индексируемых отраслей определяется лишь одна граница – максимальная, для неиндексируемых – две границы: и максимальная, и граница риска.

Модель МОБ России была построена на основе «Таблицы выпуска и использования продукции и услуг за 2007 год». Для этого мы рассчитали технологические коэффициенты (коэффициенты текущих материальных затрат) по выделяемым секторам, используя показатели данной таблицы, в предположении, что структура и уровень материальных затрат секторов экономики обладает достаточной стабильностью. Процедура – следующая:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j}, \qquad (2.1)$$

где a_{ij} – искомые технологические коэффициенты, имеющие смысл затрат продукции сектора i на производство единицы продукции сектора j по стоимости; x_{ij} – общие затраты (потоки) продукции (услуг) сектора i на выпуск продукции (услуг) сектора j; X_j – выпуск сектора j.

Таблица 2.2

Классификация рассматриваемых секторов промышленности и экономики с позиций возможности индексировать растущие издержки

Раздел, подраздел	Наименование сектора промышленности и экономики
Индексируемые	
Раздел A	Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство
Раздел B	Рыболовство, рыбоводство
Подраздел DA	Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака
Подразделы DB, DC	Текстильное и швейное производство, кожа и обувь
Подраздел DF	Производство кокса нефтепродуктов и ядерных материалов
Подразделы DK, DL, DM	Производство машин и оборудования
Подраздел DN	Прочие промышленные производства
Раздел E	Производство, передача и распределение газа, пара и воды
Раздел G	Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования
Раздел H	Гостиницы и рестораны
Раздел I	Транспорт и связь
Раздел J	Финансовая деятельность
Раздел K	Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг
Неиндексируемые	
Раздел C	Добыча полезных ископаемых
Подраздел DD	Обработка древесины и производство изделий из дерева
Подраздел DE	Целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность
Подраздел DG	Химическое производство
Подраздел DH	Производство резиновых и пластмассовых изделий
Подраздел DI	Производство прочих неметаллических минеральных продуктов
Подраздел DJ	Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий
Раздел F	Строительство
Раздел L	Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное страхование
Разделы M, N, O	Прочие услуги

Базовая модель МОБ для определения цен секторов выглядит следующим образом:

$$p_j = \sum_{i=1}^{I} a_{ij} \cdot p_i + u_j,\ j = 1,...,N \ , \qquad (2.2)$$

где p_j – ценовая переменная по сектору; u_j – доля валовой добавленной стоимости в цене сектора. Мы используем термин «ценовая переменная», поскольку p_j измеряются не в деньгах, а в долях к единице и, по сути, являются индексами цен, которые показывают отклонение агрегированных цен секторов от некоего первоначального уровня, при котором рассчитывались показатели p_j и u_j.

Обычно модель (2.2) рассматривают как линейную систему N уравнений с N неизвестными и при определенных достаточно естественных условиях имеющую единственное решение. В ней коэффициенты всегда рассматриваются как заданные, хотя могут меняться от одного просчета к другому (такие переменные называют экзогенными). Если зафиксировать величины u_j, то задача (2.2) может быть решена относительно переменных p_j, как уже говорилось индексов цен секторов. Если коэффициенты a_{ij} определены по формуле (2.1), а величины u_j следующим образом:

$$u_j = \frac{U_j}{X_j} \ , \qquad (2.3)$$

где U_j – объемы валовой добавленной стоимости по сектору j, то решением системы (2.2) будут единичные ценовые показатели, т.е. $p_j = 1$, $j = 1, \ldots, N$.

Такая постановка, однако же, не совсем подходит для наших целей. Во-первых, потому, что изменение ценовой переменной для сектора «Производство и распределение электроэнергии» должно не находиться из решения задачи, а задаваться экзогенно. Во-вторых, потому что требуется определить не изменение уровней цен (инфляцию), а изменение уровней рентабельности.

В связи с указанными обстоятельствами мы изменили базовую модель и использовали две постановки, первая из которых, называемая версией I, использовалась нами для определения изменения рентабельности производства в секторах, если растут только уровни тарифов для производственных потребителей, а цены на их продукцию являются достаточно жесткими. Затем результаты этих расчетов использовались нами как основа для определения верхней предельной границы увеличения тарифов для каждой из отраслей промышленности.

Пусть сектор «Производство и распределение электроэнергии» имеет индекс 1 (т.е. отрасль стоит первой в общем списке отраслей). Тогда версия модели I имеет вид:

$$\pi_j = p_j - a_{1j} \cdot p_{1j} - \sum_{i=2}^{I} a_{ij} \cdot p_i - v_j \ , j=1, \ldots, N. \qquad (2.4)$$

Здесь π_j есть определяемые в модели величины прибыли на единицу выпуска (в используемых измерителях они же имеют смысл рентабельности продукции); v_j есть задаваемые экзогенно величины валовой добавленной стоимости минус прибыль: $v_j = u_j - \pi f_j$, где πf_j отличаются от π_j тем, что они есть фактические (отчетные) нормативы прибыли и фиксируются на фактическом уровне, π_j – определяемые в модели величины. Величина p_{1j} есть тариф на электроэнергию для сектора j; таким образом, модель предусматривает возможность дифференциации тарифов по категориям электропотребителей. Все ценовые переменные здесь являются экзогенными, т.е. фиксируемыми, однако величины p_{1j} фиксируются на специально выбираемом уровне – том, воздействие которого на рентабельность требуется определить.

Модель в версии II включает два типа ограничений: для неиндексируемых отраслей и сферы производства и распределения электроэнергии (2.5) – уравнения, похожие на (2.4), и для индексируемых отраслей (2.6). Пусть отрасли первого типа имеют номера с 1 (для производства и распределения электроэнергии) по N_1, а индексируемые отрасли – с N_1+1 до N. Тогда модель имеет следующий вид:

$$\pi_j = p_j - a_{1j} \cdot p_{1j} - \sum_{i=2}^{I} a_{ij} \cdot p_i - v_j, \ j = 1, \ldots N_1 \ , \qquad (2.5)$$

$$p_j \cdot (1 - u_j) = a_{1j} \cdot p_{1j} + \sum_{i=2}^{I} a_{ij} \cdot p_i, \ j = N_1 + 1, \ldots, N \ , \qquad (2.6)$$

где все обозначения соответствуют введенным выше. Смысл уравнений (2.5) – такой же, как и (2.4), и они отличаются лишь множеством секторов, к которым относятся: уравнения (2.5) – для более узкой группы. Смысл уравнений (2.6) состоит в том, что по индексируемым отраслям цена возрастает в той же мере, что и сумма текущих материальных издержек, а, следовательно, предполагается, что индексируются и составляющие валовой добавленной стоимости.

Для определения воздействия условий хозяйствования на предприятиях в отраслях промышленности на их уровни производства были построены эконометрические модели для разделов экономической деятельности классификатора ОКВЭД C и D, а также некоторых подразделов раздела D «обрабатывающие производства». Для построения указанных отраслей мы сначала очерчиваем основные причины сокращения производства на предприятиях промышленности во время экономического кризиса 2008–2009 гг.

Представляется, что имелись две основные общие причины промышленного спада, обе инспирированные внешними для России условиями, но усиленные внутренними особенностями российской экономики. Эти причины – во-первых, сокращение спроса на продукцию российских предприятий, сначала со стороны зарубежных партнеров, а затем и внутри страны, а, во-вторых, возобновившийся вывоз из России капитала, превысивший уровни начала 1990-х годов. Так, по данным ЦБ России чистый вывоз капитала за IV квартал 2008 г. и I первый квартал 2009 г. составил 193,3 млрд долл. [Сайт ЦБ РФ… (эл. ист. инф.)].

Последнее обстоятельство резко усилило ликвидные ограничения как банковской системы страны, так и предприятий реального сектора. Если раньше главной проблемой кредитования реального сектора страны был недостаток «длинных денег», что обуславливало быстрый рост внешней задолженности корпоративного сектора, кредитовавшегося в зарубежных банках, то в период экономического кризиса на первое место выдвинулась проблема недостатка уже и «коротких денег», что не позволяло предприятиям кредитоваться «под оборот», а, следовательно, вело к уменьшению оборотных средств. Недоступность кредитов усиливалась высокой инфляцией, устойчиво сохранявшейся на уровнях выше 10% в год.

Обстоятельствами, которые усиливали экономический кризис в России, явились:

– чрезмерная открытость ее экономики и специализация на добыче природных ресурсов и производствах, составляющих первые переделы указанных ресурсов;

– чрезмерная зависимость финансовой системы и государственного бюджета от поступлений выручки от экспорта сырой нефти и природного газа, а также, в меньшей степени, других сырьевых товаров и товаров первых уровней передела;

– неразвитость банковской системы и финансового сектора;

– излишне крупные фирмы, что усиливает монополизм корпораций;

– в целом непоследовательная политика государства, что снижает его репутацию и ведет к финансовой нестабильности и высокой инфляции.

Наш анализ основан на построении регрессий (эконометрических уравнений), предполагающем статистическую оценку неких переменных – в нашем случае индексов физического объема выпуска секторов промышленности – в зависимости от изменения других переменных – регрессоров. В качестве регрессоров выступают такие факторы, воздействие которых на оцениваемые переменные (зависимые переменные) ожидается исходя из априорных соображений, например из теоретических представлений или экспертных оценок.

Однако, наш анализ связан с выявлением и количественной оценкой не всех причинно-следственных связей, опосредовавших трансмиссию мирового кризиса на российскую экономику, а только тех, которые непосредственно

затрагивают ухудшение финансового состояния предприятий как одну из причин спада и не увязываются с уменьшением внешнего спроса на российскую продукцию. Это вызвано тем обстоятельством, что повышение тарифов на электроэнергию для предприятий промышленности, если и может усилить спад производства (или затормозить выход из рецессии), то будет воздействовать через систему взаимосвязей между финансовыми активами предприятий и возможностями финансирования издержек производства продукции. Это значит, что те модели, которые мы строим, учитывают сокращение спроса на продукцию рассматриваемых секторов как внешнее воздействие и не включают соответствующих регрессоров.

Мы построили 8 регрессионных уравнений. Из них 7 сконструированы для конкретных секторов промышленности: «добычи полезных ископаемых», «обработки древесины и производства изделий из дерева», «целлюлозно-бумажного производства (вместе с издательской и полиграфической деятельностью)», «химического производства», «производства резиновых и пластмассовых изделий», «производства прочих неметаллических минеральных продуктов», «металлургического производства и производства готовых металлических изделий». Одна регрессия построена на статистических данных по «обрабатывающим производствам» в целом и предназначена для оценки границ повышения тарифов на электроэнергию в отраслях, для которых, как мы считаем, не имеется серьезных угроз роста издержек и снижения рентабельности при удорожании электроэнергии. Это – «производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака»; «текстильное и швейное производство, кожа и обувь»; «производство машин и оборудования» и «прочие промышленные производства». Во-первых, в указанных отраслях в среднем по секторам затраты электроэнергии на выпуск продукции заметно ниже средних уровней, во-вторых, указанные отрасли мы отнесли к числу индексируемых, т.е. способных компенсировать растущие издержки повышением цен своей продукции. Для них мы все же определили верхние границы изменения тарифов, которые, как мы и ожидали, оказались весьма высокими (табл. 2.3) и не лимитирующими рост тарифов для предприятий указанных секторов.

Поскольку мы анализируем лишь воздействие изменения финансового состояния предприятий промышленности на их выпуски, то в качестве регрессоров мы использовали соответствующие показатели – рентабельность продукции, изменение рентабельности продукции и их сочетание. Такой выбор обусловлен следующими соображениями:

Рентабельность производства есть интегральный показатель работы предприятий, по которому инвесторы и собственники судят об эффективности их работы.

Рентабельность производства, в конечном счете, наиболее адекватно и полно отражает финансовое состояние предприятий.

Рентабельность предприятий по секторам (видам деятельности) приводится официальной статистикой по регионам за достаточно длительные периоды времени, в том числе не только в годовом измерении, но и по кварталам, что важно с позиции наших целей.

Общий вид регрессий, который мы построили, может быть представлен следующим образом:

$$IND=\beta_0+\beta_1\cdot RENT+\beta_2\cdot \Delta RENT+\beta_3\cdot RENT\cdot \Delta RENT+\varepsilon, \quad (2.7)$$

где *IND* – индекс физического объема выпуска сектора промышленности к аналогичному периоду прошлого года; *RENT* – уровень рентабельности продукции в данном периоде времени, $\cdot\Delta RENT$ – изменение уровня рентабельности продукции сектора по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года, $RENT\cdot\Delta RENT$ – интерактивный член как произведение двух указанных переменных.

Таблица 2.3

Предельные индексы увеличения тарифов на электроэнергию в секторах (по видам деятельности) промышленности

Вид деятельности	Верхняя граница, раз	Граница риска, раз
1	2	3
Раздел C «добыча полезных ископаемых»	1,58	1,54
Раздел D «обрабатывающие производства»		
Подраздел DA «производство пищевых продуктов, включая напитки, и производство табака»	4,00	
Подразделы DB, DC «текстильное и швейное производство, кожа и обувь»	2,25	
Подраздел DD «обработка древесины и производство изделий из дерева»	1,47	1,14
Подраздел DE «целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность»	1,15	1,02
Подраздел DF «производство кокса нефтепродуктов и ядерных материалов»	2,99	
Подраздел DG «химическое производство»	1,49	1,47
Подраздел DH «производство резиновых и пластмассовых изделий»	1,29	1,12
Подраздел DI «производство прочих неметаллических минеральных продуктов»	1,47	1,29
Подраздел DJ «металлургическое производство и производство готовых металлических изделий»	1,05	1,01
Подразделы DK, DL, DM «производство машин и оборудования»	3,40	
Подраздел DN «прочие промышленные производства»	1,98	

Воздействие переменной *RENT* на индекс физического объема выпуска связано с тем, что определенному уровню использования производственных мощностей соответствует достаточно определенный уровень рентабельности. Если это так, то возможно установить и статистическую зависимость. Данная гипотеза оказалась верной для двух секторов – для раздела С «добыча полезных ископаемых» и для подраздела DE «целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность».

Воздействие переменной *ΔRENT* связано с основной нашей гипотезой, что ухудшение финансового состояния предприятий снижает их возможности финансирования закупок производственных ресурсов, что вынуждает их сокращать масштабы производства. Данное предположение подтвердилось так или иначе для всех тестируемых секторов промышленности.

Однако описанные взаимосвязи вовсе не обязательно носят линейный характер, с чем и связано использование нами переменной *RENT·ΔRENT* – комбинации двух предыдущих переменных, называемой в литературе «интерактивный член» регрессии. Если коэффициент оценки при данной переменной положителен, то это значит, что сокращение производства происходит сильнее при высоких уровнях рентабельности. Другими словами, процесс спада более интенсивно идет в начале кризиса, когда рентабельность выше и постепенно теряет интенсивность по мере приближения к минимальному уровню выпуска. Это оказалось характерным для четырех исследуемых отраслей: «добычи полезных ископаемых», «обработки древесины и производства изделий из дерева», «целлюлозно-бумажного производства» и «производства резиновых и пластмассовых изделий». Наоборот, коэффициент оценки интерактивного члена оказался отрицательным для «производства прочих неметаллических минеральных продуктов», что означает, что предприятия данного сектора долго сопротивляются финансовым проблемам и не уменьшают выпуск (или уменьшают его незначительно). Но с определенного, уже достаточно низкого уровня рентабельности, спад усиливается.

Для сектора DD «обработка древесины и производство изделий из дерева» выявлена и другого рода нелинейность взаимосвязи между финансовыми показателями и уровнем выпуска, которая наилучшим образом описывается экспоненциальным законом. Такая зависимость также показывает, что спад сильнее проявляется при сокращении рентабельности на начальных ее высоких уровнях, а потом несколько тормозится.

Для большинства секторов (кроме «добычи полезных ископаемых») диагностированы невысокие коэффициенты детерминации, что подтверждает наше предположение о том, что для обрабатывающих отраслей ведущей причиной спада явилось сокращение внешнего спроса на их продукцию, а возникшие финансовые проблемы – усиление ограничений ликвидности – было, скорее, дополнительным обстоятельством, усиливающим рецессию.

Созданный модельный аппарат – модель МОБ России и регрессионные уравнения – был использован для оценки предельных тарифов повышения электроэнергии для предприятий секторов промышленного производства. Мы провели две серии расчетов. Первую – для определения верхней предельной границы повышения тарифов, вторую – для оценки нижней границы, называемой также «границей риска».

В обоих случаях сначала при помощи модели МОБ выявлялась связь между ростом тарифов на электроэнергию, а затем с помощью соответствующей регрессионной модели оценивалась конкретная интенсивность воздействия изменения рентабельности на уровень выпуска. В качестве предельного тарифа выбирался такой его уровень, что спад, вызванный ростом тарифа, становился значимым по выбранному нами критерию.

В качестве такого критерия мы во всех случаях использовали *однопроцентный дополнительный спад,* вызванный ростом тарифа для рассматриваемого сектора, и, таким образом, однопроцентный спад мы рассматривали как пороговый. Для обоснования данного выбора мы можем привести следующие доводы.

1. Точность использованных моделей в смысле их предсказательной силы сопоставима с однопроцентным отклонением, поэтому мы считаем, что если рассчитанный уровень спада не превышает одного процента, то он не является доказанным, а если превышает – то возможное снижение производства в действительности является очень вероятным.

2. Однопроцентный спад производства для оцениваемых больших агрегатов отраслей на самом деле может означать, что на некоторых предприятиях, входящих в данный агрегат, сокращение производства достигнет очень больших масштабов.

Итак, представим ниже процедуру определения верхней и нижней предельной границы повышения тарифов на электроэнергию для предприятий секторов промышленного производства.

➢ *Определение верхней предельной границы повышения тарифов на электроэнергию для промышленных предприятий*

Такая граница определена для каждого сектора промышленного производства индивидуально при помощи модели МОБ в версии I и соответствующей регрессионной модели. Как уже говорилось выше, в основе таких расчетов лежит предположение о том, что все цены, кроме тарифа на электроэнергию для данного сектора фиксированы и, таким образом, каждый сектор рассматривается индивидуально вне взаимосвязи с другими секторами. Такое представление можно считать достаточно адекватным при анализе ближайших последствий роста тарифов для промышленных предприятий. Очевидно, что уровень данной границы зависит от трех составляющих: доли затрат на энергию в себестоимости продукции, ее рентабельности и степени зависимости выпуска продукции предприятий данного сектора от рентабельности.

Анализ результатов данной серии расчетов (см. табл. 2.2, столбец 2) показывает, что имеются лишь две проблемные отрасли, на развитие которых может значимо повлиять рост тарифов на электроэнергию – «целлюлозно-бумажное производство» и «металлургическое производство», если все отрасли рассматривать изолированно, т.е. без учета взаимовлияния их цен. Это объясняется, во-первых, тем обстоятельством, что уровень затрат на оплату электроэнергии на единицу выпуска в указанных секторах значительно выше среднего – в секторе металлургии – самый высокий, в секторе целлюлозно-бумажного производства – третий после металлургии и химической промышленности. Но в секторе химического производства уровень рентабельности продукции вдвое выше, чем в первых двух секторах; кроме того, как показывает сравнение регрессионных уравнений, оцененная зависимость выпуска от изменения рентабельности в данном секторе существенно ниже.

➢ *Определение нижней предельной границы повышения тарифов на электроэнергию для промышленных предприятий (границы риска)*

Данная граница определена с использованием модели МОБ в версии II и соответствующих регрессионных уравнений для конкретных секторов промышленности. Она учитывает не только непосредственно воздействие изменения тарифов на электроэнергию, но и влияние цен отраслей друг на друга. Так, принимается во внимание, что увеличение тарифов на электроэнергию для всех отраслей может по-разному воздействовать на уровни цен различных секторов промышленности. Одни отрасли, используя более мягкие спросовые ограничения и собственную рыночную власть, имеют возможность увеличивать цены на свою продукцию по мере роста издержек, т.е. индексировать выпуск. Другие отрасли, в большей степени, страдающие от снижения спроса, такой возможности не имеют, т.е. являются неиндексируемыми отраслями.

В таких условиях в действие вступает дополнительный фактор – рост общего уровня цен, вызванный не только увеличением тарифов на электроэнергию, но и повышением цен на продукцию ряда секторов промышленности и экономики в целом. Тогда неиндексируемые отрасли попадают в еще более сложное положение. Они страдают не только от повышения тарифов на электроэнергию, но и от роста цен на другие составляющие материальных затрат, и страдают в тем большей мере, чем более высокие уровни текущих материальных затрат, вызванные технологическими особенностями производства, имеют место на входящих в них предприятиях. Речь идет о неком системном эффекте, который возникает, во-первых, при более или менее одновременном повышении тарифов для всех потребителей, а во-вторых, не сразу вслед за их повышением, а через один-два производственных цикла, т.е. через 3–6 месяцев после такого повышения. Именно, через такой промежуток времени можно ожидать проявления негативных

последствий слишком сильного роста тарифов для производственных потребителей в полной мере. Этот эффект может выразиться либо в дополнительном спаде производства и, прежде всего, в неиндексируемых отраслях, или в торможении выхода из рецессии.

В сложившейся ситуации предельные границы увеличения тарифов для неиндексируемых отраслей сдвигаются вниз и в тем большей мере, чем выше уровень материалоемкости конкретного сектора производства. Такие границы мы называем «границами риска», имея в виду, что их превышение порождает вероятность спада в ближайшие месяцы. Однако указанные риски возникают при соблюдении двух условий: неиндексируемость продукции (т.е. невозможность, или, по крайней мере, сильная затрудненность увеличения цены в ответ на рост издержек) и общий рост тарифов во всех отраслях. Такой общий рост для индексируемых отраслей мы называем «фоновым ростом». Конкретно в расчетах он был принят на уровне 12% – уровень ожидаемой инфляции в 2010 г., который рассматривается нами приемлемым для однократного повышения в указанном году. (Результаты представлены в табл. 2.2, столбце 3.) Если, однако, фоновый рост будет выше 12%, то границы риска еще сдвинутся вниз. По двум отраслям – «целлюлозно-бумажному производству» и «металлургии» – границы риска смещаются до минимума, что вызвано не только их высокой электроемкостью, но и материалоемкостью в целом. Еще по двум секторам промышленности происходит существенное снижение предельных границ увеличения тарифов на электроэнергию, которые все же не доходят до слишком низких уровней. Это «производство древесины и изделий из дерева» и «производство резиновых и пластмассовых изделий».

2.8. СОНАР-ТЭК: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАЧЕСТВА ИНСТИТУТОВ НА СТИМУЛЫ К ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

В данном разделе мы обсуждаем пример применения теоретических моделей для анализа условий, воздействующих на стимулы к энергосбережению. Далее мы будем употреблять термин *качество экономических институтов* как совокупность условий, воздействующих на поведение фирм, и способствующих или не способствующих достижению Парето-эффективного состояния экономической системы. Мы полагаем, что важным следствием наличия «хороших» институтов является минимизация транзакционных издержек, в то время как при «плохих» институтах уровень транзакционных издержек может быть настолько высоким, что экономическое поведение фирм искажается, и они принимают решения, которые (сильно) отклоняют систему от Парето-эффективного состояния.

Мы также исходим из того, что качество институтов можно выразить в количественных показателях. Для учета воздействия качества институтов при осуществлении эконометрических оценок мы строим теоретические модели, соответствующие идентифицируемым проблемам институционального строительства, которые мы считаем важными с позиции формирования стимулов к энергосбережению. Первая проблема – проблема высоких издержек использования рынка, связанная с недостатками законодательства, качества управляющего аппарата и регулирования, неразвитостью рыночной инфраструктуры и банковской сферы. Она является своего рода внешней для отдельных фирм. Вторая идентифицируемая нами проблема является, скорее, внутренней для данной фирмы. Мы полагаем, что в условиях излишне крупных корпоративных образований могут быть актуальными классические проблемы контроля, связанные с несовершенством информации и систем стимулирования.

Модель равновесия энергопотребляющей отрасли в условиях увеличения цен на энергию: значение транзакционных издержек. Для учета в модели воздействия институтов на энергосбережение фирм, мы рассматриваем модель Курно для представительного сектора с явным описанием потребления энергии. Предполагается, что в секторе имеется n симметричных фирм, имеющих некоторую степень рыночной власти, производящих одинаковую продукцию и наряду с другими факторами использующие энергию E. Процесс производства описывается производственной функцией с постоянной отдачей от расширения масштаба, но усилия и затраты, связанные с торговлей и взаимодействием с другими агентами (включая органы управления), не входят в факторы данной функции и являются экзогенными параметрами.

Мы полагаем, что в условиях недостатков институциональной системы и, как следствие, высоких и неопределенных транзакционных издержек, экономические агенты могут демонстрировать искаженное экономическое поведение по сравнению с фирмами, оперирующими в условиях полноценных экономических институтов. Например, мы ставим задачу показать, что даже если имеются технические возможности вытеснения подорожавшей энергии более дешевыми факторами, фирмы могут отказываться от реализации соответствующих проектов, опасаясь, что транзакционные издержки окажутся при этом слишком высокими. Мы хотим продемонстрировать, что чем хуже институциональное окружение в данной экономике, тем ниже вероятность, что фирмы адекватным образом отреагируют на рост цены энергии, т.е. тем меньшее количество фирм изменят структуру своих затрат, вытесняя энергетический фактор.

Далее мы представляем модель сектора и описываем равновесное состояние указанного сектора до изменения цены исходя из предположения, что все фирмы симметричны; а затем – равновесное состояния после того, как рост цены произошел, допуская при этом различную реакцию фирм.

Пусть Q_j есть выпуск фирмы j, и, таким образом, выпуск сектора равен $Y=\sum_{j=1}^{n} Q_j$. Производственная функция фирмы j выглядит следующим образом: $Q_i=F(E_i,\ldots)$ и обладает свойствами функции с постоянной эластичностью замещения между факторами производства – CES-функции. Функцию издержек для фирмы j можно записать: $C(Q_j)=c\cdot Q_j$. Поскольку все фирмы симметричны, то в условиях первоначального равновесия данная функция одинакова для всех них. Однако если фирмы по-разному реагируют на рост цен, то соответствующие функции становятся различными.

Мы предполагаем, что спрос на продукцию сектора описывается обратной функцией спроса, имеющей линейный характер:

$$P=G-H\cdot Y, \tag{2.8}$$

где P есть цена продукции сектора, Y – суммарный спрос на продуцию сектора, а G и H – положительные параметры.

Рассмотрим равновесие сектора до ценового шока:

$$Q_j^0 = Q^0 = \frac{G-c}{H\cdot(n+1)}, \tag{2.9}$$

$$Y^0 = n\cdot Q^0 = \frac{n}{n+1}\cdot\frac{G-c}{H\cdot(n+1)}, \tag{2.10}$$

$$P^0 = \frac{G+n\cdot c}{n+1}). \tag{2.11}$$

Далее, пусть β – индекс роста цены энергии, так что $\beta>1$. Нормальная реакция фирмы, которую мы называем «энергосберегающий проект», заключается в изменении структуры используемых факторов в соответствии с изменением структуры цен и вытеснением энергии другими производственными факторами. Мы исходим из того, что фирмы осуществляют энергосберегающий проект в том случае, когда транзакционные издержки низки и отказываются от его осуществления, если они высоки. Таким образом, каждая фирма решает следующую задачу:

$$\max\left\{P^e\cdot F(E,\ldots)-p_E\cdot E-\sum_{i\in I}p_i\cdot X_i - tc\cdot\varphi\left(\frac{E}{F(E,\ldots)}-e^0\right)\right\} \tag{2.12}$$

$$P^e = G - H\cdot\left(\sum_{l\in L}Q_l^e + F(E,\ldots)\right), \tag{2.13}$$

где в дополнение к уже введенным обозначениям: p_j есть цена неэнергетического фактора j; X_j – затраты неэнергетического фактора j; начальный уровень энергоемкости обозначен как $e^0=\frac{E^0}{Q^0}$, Q_l^e – выпуск компании l ожидае-

мый рассматриваемой фирмой, J – множество всех неэнергетических факторов, так что $j \in J$, L – множество всех фирм, кроме данной. Таким образом, сумма $\sum_{l \in L} Q_l^e$ есть ожидания данной фирмы относительно выпусков всех остальных $(n\text{-}1)$ фирм, а P^e – ожидаемая цена продукции, которая, очевидно, зависит от ожиданий выпуска. Функция $\phi(...)$ есть функция типа Дирихле, такая, что $\phi(x)=0$, если $x=0$ и $\phi(x)=1$ в других случаях, Переменная $tc=(0, h)$ имеет лишь два значения – низкий и высокий уровни транзакционных издержек. Для простоты мы принимаем, что низкие транзакционные издержки совсем не влияют на решения фирмы, а, следовательно, их можно приравнять к нулю. Если же они высокие – в этом случае мы обозначаем их h, – то мы считаем, что они достаточно высоки, чтобы полностью блокировать принятие энергосберегающего проекта.

После роста цены энергетического фактора общее множество фирм разбивается на два подмножества. Первое включает k единиц, которые сталкиваются с низкими уровнями транзакционных издержек и, следовательно, идут на осуществление энергосберегающего проекта. Второе подмножество состоит из $(n–k)$ фирм, которые испытывают высокий уровень транзакционных издержек и, таким образом, отказываются от реализации проекта.

Для удобства дальнейшего изложения мы приводим сначала равновесное решение для ситуации, когда все фирмы сталкиваются с высокими транзакционными издержками. Поскольку все фирмы в одинаковой мере испытывают рост цены энергетического фактора, то у всех у них одинаково возрастают удельные издержки; указанный прирост мы обозначаем Δc_1. Таким образом, удельные издержки фирм после роста цены энергии составляют величину $c_1=c+\Delta c_1$. При этом равновесное решение Q^1, $Y^1=n\cdot Q^1$, P^1 отличается от начального решения следующим образом: $Y^1< Y^0$, $Q^1< Q^0$, $P^1> P^0$, поскольку c_1 выше, чем c.

Теперь предположим, что $k<n$ и, таким образом, k фирм идут на изменение структуры своих затрат в ответ на изменение цен. Каждая из них снижает энергоемкость выпуска на величину Δe и единичные издержки – на Δc_2, т.е. единичные издержки составляют величину $c_1–\Delta c_2= c+\Delta c_1–\Delta c_2$ [1].

Обозначим $\Delta Q^+(k)$ прирост выпуска по сравнению с Q^1 для фирмы, которая принимает энергосберегающий проект, и $\Delta Q^-(k)$ – по сравнению с этим же уровнем для фирмы, не идущей на выполнение проекта; аргумент k указывает количество фирм, которые осуществляют проект. Изменение решения по сравнению с уровнем (Y^1, Q^1, P^1) может быть рассчитано следующим образом:

[1] Очевидно, что $\Delta c_1\text{-}\Delta c_2>0$.

$$\Delta Q^{+}(k) = \frac{(n-k+1)\cdot \Delta c^2}{H\cdot(n+1)}, \qquad (2.14)$$

$$\Delta Q^{-}(k) = \frac{-k\cdot \Delta c^2}{H\cdot(n+1)}, \qquad (2.15)$$

$$\Delta Y(k) = \frac{k\cdot \Delta c^2}{H\cdot(n+1)}, \qquad (2.16)$$

$$\Delta P(k) = \frac{-k\cdot \Delta c^2}{n+1}, \qquad (2.17)$$

где $\Delta Y(k)$ и $\Delta P(k)$ – приросты общего выпуска сектора и рыночной цены соответственно при условии, что k фирм идут на осуществление энергосберегающего проекта. Естественно предположить, что $Q^1(k)+\Delta Q^-(k)\geq 0$ при любом k, что гарантируется, если

$$G-c^1-n\cdot\Delta c_2 = G-c-\Delta c_1-n\cdot\Delta c_2\geq 0. \qquad (2.18)$$

Данное предположение выглядит достаточно естественным. Например, если производственная функция фирм характеризуется единичной эластичностью замещения между энергией и другими факторами, то величина $\Delta c2 =[(\beta-1)\cdot\alpha-(\beta\alpha-1)]\cdot c$, где β, как и ранее, есть индекс роста цены энергии[1].

Мы вводим предположение, что число фирм k, которые сталкиваются с низкими транзакционными издержками, находится в сильной взаимосвязи с качеством экономических институтов: чем оно выше, тем выше и k. Если институты очень плохи, то ни одна из фирм не имеет достаточных стимулов к энергосбережению даже при сильном росте цен, наоборот, если институциональное окружение имеет очень высокое качество, то все фирмы идут на реализацию энергосберегающих проектов.

УТВЕРЖДЕНИЕ: Пусть n симметричных фирм с производственной CES-функцией $Q_i=F(E_i,\ldots)$, где E_i есть фактор энергии, составляют экономический сектор, спрос на продукцию которого описывается функцией (2.8). После роста цены на энергетический фактор p_E, каждая фирма решает свою задачу (2.12)–(2.13). При этом k фирм сталкиваются с низкими производственными издержками и идут на осуществление энергосберегающего проекта, другие $(n-k)$ фирм сталкиваются с высокими транзакционными издержками и не осуществляют энергосберегающий проект. Тогда энергоемкость выпуска сектора, измеряемая как $\frac{\sum_{j=1}^{n} E_j}{Y}$ тем ниже, чем выше k.

[1] Если α=0.2, то удвоение *реальной* цены энергии (β=2) приводит к значению Δc_2=0.0513.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО: Обозначим энергоемкость выпуска фирмы до ценового шока e_1, тогда после роста цены энергии фирмы, которые осуществляют энергосберегающий проект, имеют энергоемкость выпуска e_2 такую, что $e_2<e_1$, что выполняется ввиду свойств производственной функции. Уровень энергоемкости фирм, которые не осуществляют проектов, остается на уровне e_1. Тогда величина $e(k)$ – энергоемкость выпуска сектора при условии, что k фирм осуществляют энергосберегающий проект, составляет:

$$e(k)=s(k)\cdot e_2+(1-s(k))\cdot e_1 \tag{2.19}$$

где $s(k)$ – доля фирм осуществляющих энергосберегающий проект в выпуске всего сектора. При этом очевидно, что производная $e(k)$ по $s(k)$ отрицательна, поскольку $e_2<e_1$. Таким образом, требуется доказать, что $\frac{ds(k)}{dk}>0$, что может быть не всегда верным, поскольку с увеличением числа фирм, осуществляющих проект индивидуальный выпуск каждой из них сокращается (в силу уравнения (2.14)). Построим величину $\frac{s(k)}{1-s(k)}$:

$$\frac{s(k)}{1-s(k)}=\frac{k\cdot Q^1+(n-k+1)\cdot\frac{k\cdot\Delta c^2}{H\cdot(n+1)}}{(n-k)\cdot Q^1-(n-k)\cdot\frac{k\cdot\Delta c^2}{H\cdot(n+1)}}. \tag{2.20}$$

Введем обозначение $\theta(k)=k\cdot Q^1+\frac{k\cdot(n-k)\cdot\Delta c^2}{H\cdot(n+1)}$ и сделаем замену в (2.19):

$$\frac{s(k)}{1-s(k)}=\frac{\theta(k)+\frac{k\cdot\Delta c^2}{H\cdot(n+1)}}{n\cdot Q^1-\theta(k)}. \tag{2.21}$$

Поскольку выполняется условие (2.18), легко видеть, что производная $\theta(k)$ по k положительна:

$$\frac{d\theta(k)}{d(k)}=Q^1+(n-2k)\frac{\Delta c^2}{H\cdot(n+1)}=\frac{G-c^1+(n-2k)\cdot\Delta c^2}{H\cdot(n+1)}>0 \tag{2.22}$$

Принимая во внимание (2.22), можно видеть, что с ростом k числитель правой части равенств (2.21) растет, а знаменатель уменьшается. Другими словами, величина $\frac{s(k)}{1-s(k)}$ есть функция, возрастающая по k. Данный факт может быть верным, если и только если $\frac{ds(k)}{dk}>0$. Это и означает, что $\frac{de(k)}{dk}<0$, а, следовательно, утверждение доказано.

Таким образом, мы можем заключить, что слабые институты могут рассматриваться как важный фактор, снижающий эффективность использования энергии. Слабые стимулы к изменению технологической структуры могут быть результатом высоких издержек использования рыночных механизмов. Мы полагаем, что высокий уровень транзакционных издержек h может быть связан как со сбоями в функционировании рыночных механизмов самих по себе, так и ввиду искажений во взаимодействии властных структур и бизнеса. Данная величина может включать денежную составляющую – взятки, «откаты», «теневые налоги», представительские расходы. Однако немалая ее часть – не денежная составляющая, а дополнительные усилия и время на согласование вопросов и лоббирование.

Важный вывод анализа теоретической модели, подтверждающий нашу гипотезу, состоит в том, что эластичность энергоемкости по цене энергии в данной экономике зависит от качества институтов. Мы показали, что реакция спроса на энергию некоего представительного сектора в ответ на изменение реальной цены энергии тем сильнее, чем больше фирм осуществляют меры по энергосбережению, а, следовательно, чем лучше качество институтов. Можно полагать, что и эластичность совокупного спроса на энергию в экономике в целом демонстрирует такое же свойство. По этой причине мы специфицируем нашу гипотезу следующим образом: эластичность энергоемкости производства представляется как функция показателей качества институтов. Показатель эластичности энергоемкости не совсем то же самое, что коэффициент эластичности спроса, хотя и является его весьма близким аналогом. Первый показатель, во всяком случае при условии постоянной отдачи от расширения масштаба, учитывает только эффект замещения, т.е. снижение спроса за счет вытеснения энергии другими факторами. Второй показатель наряду с изменением спроса на энергию за счет эффекта замещения включает также эффект дохода – сокращение потребления данного фактора в связи с уменьшением масштаба производства.

Модель поведения локальных звеньев фирмы в сфере экономии энергии в условиях недостатка внутреннего контроля. Вторая идентифицируемая нами проблема является, скорее, внутрифирменной. Некачественный корпоративный менеджмент может сказываться на стимулах к энергосбережению ввиду наличия проблем информации и контроля. Для их анализа мы отказались от использования аппарата моделей условной оптимизации на основе дифференцируемых функции прибыли и производственной функции, предпочтя более простой и наглядный анализ с использованием игровых моделей. Пусть имеется n агентов – локальных звеньев одной фирмы. Пусть каждый из них имеет возможность реализовать проект, направленный на экономию ресурса, затратив усилие в размере A, и получить экономию ресурса в натуральном выражении в объеме B. Каждое звено, однако, имеет возможность отказаться от осуществления своего проекта и не тратить

усилий и, соответственно, не иметь результата. Промежуточная ситуация – частичная реализация проекта – не допускается. Общая прибыль фирмы, если будет реализовано k проектов, где $k \leq n$, составит:

$$G(k)=k\cdot(p\cdot B-w\cdot A), \tag{2.23}$$

где p и w – соответственно денежная оценка натуральных единиц результата и усилий.

Теперь предположим, что центральный менеджер распределяет общий результат в размере $k\cdot p\cdot B$ в соответствии с установленными квотами; поскольку в модели для простоты все проекты рассматриваются одинаковыми, то логично допустить, что квота каждого агента, реализовавшего проект, составляет $1/k$, соответственно, квота агента, не реализовавшего проект, составляет 0. Такая ситуация представляет собой некий идеал и возможна тогда, когда центральный менеджер имеет реальную возможность контролировать либо создание продукта по звеньям, либо их усилия. Нетрудно видеть, что результатом решения задачи максимизации прибыли $G(k)$ будет

$$\max_k G(k)=G(n)=n\cdot(p\cdot B-w\cdot A), \tag{2.24}$$

т.е. реализация всех проектов, если имеет место $p\cdot B>w\cdot A$, или

$$\max_k G(k)=G(0)=0, \tag{2.25}$$

т.е. отказ от реализации проектов всеми задействованными агентами, если имеет место $p\cdot B<w\cdot A$.

Теперь предположим, что имеет место условие $p\cdot B>w\cdot A$, центральному менеджеру это известно, но он не имеет информации о том, какие из локальных проектов реализуются, и назначает квоты для каждого из агентов как $1/n$ исходя из того факта, что каждый из них обеспечивает положительную прибыль. Тогда компенсация, получаемая локальным звеном, оказывается слабо увязанной с его усилиями. Именно, если данная производственная единица ожидает, что другим локальными звеньями будет реализовано k проектов, то ее прибыль составит $[(k+1)/n]\cdot p\cdot B-w\cdot A$, если она также осуществляет проект и затрачивает усилия, и $k/n\cdot p\cdot B$, если она не осуществляет проект и не затрачивает никаких усилий. Тогда локальный проект реализуется, если прибыль локального агента при этом составит бóльшую сумму, чем в противном случае, т.е. если $p\cdot B/n>w\cdot A$.

Но тогда есть большая вероятность, что ни один из проектов не будет реализован: при достаточно большом n левая часть последнего неравенства становится малой и меньше его правой части. В этом случае ни один из проектов не рассматривается соответствующими звеньями как эффективный, и никаких усилий, направленных на экономию ресурса предпринято не будет. В такой ситуации суммарная экономия агентов $k\cdot p\cdot B$ воспринимается ими как *коллективное благо (club good),* и каждый из них имеет сильную мотива-

цию занять позицию *безбилетника (a free rider)*. В самом деле, доля локального звена в потреблении общего продукта (т.е. компенсация его усилий) не зависит от его поведения, а компенсация, которую они получают, слабо связана с его действительными усилиями.

В случае заранее установленных квот может возникнуть и проблема *провала координации (coordination failure)*. Чтобы это продемонстрировать, требуется еще одно допущение, которое в общем не выглядит достаточно убедительным – наличие системного эффекта совместных усилий или эффективности координации. Мы, однако, полагаем что системный эффект совместных усилий в области экономии энергии может существовать, например при совместной эксплуатации тепловых сетей. Итак, предположим, что при участии всех локальных агентов, т.е. при $k=n$ в системе появляется дополнительная экономия в размере S, которая также распределяется между локальными звеньями согласно установленным квотам. В этом случае прибыль каждого из агентов составит $p \cdot B+S/n–w \cdot A$. Если же какая-то из подсистем все же не присоединяет свои усилия, то ее прибыль равна $[(n–1)/n] \cdot p \cdot B$. Таким образом, положительное решение о том, чтобы реализовывать свой локальный проект данным агентом будет принято, если он знает или ожидает, что и все остальные агенты также выбирают реализацию и к тому же если выполняется следующее условие: $p \cdot (B+S)/n>w \cdot A$, т.е. при достаточно большом системном эффекте S. Однако даже если его величина велика и последнее неравенство выполняется, все же проект может не быть реализован данным звеном, если его ожидания пессимистичны, что имеет место, если между звеньями отсутствует координация усилий. Теоретически такой провал координации может быть устранен при неоднократном разрешении проблемы, известной как *дилемма заключенного (prisoner's dilemma)*.

Предположим теперь, что центральный менеджер не устанавливает квот, а компенсирует усилия локальных звеньев. Мы имеем идеальную ситуацию, если объем компенсации покрывает альтернативные издержки звеньев и центральный менеджер контролирует процесс, т.е. осуществляет оплату только в том случае, если данный локальный проект действительно реализован. Тогда, конечно, будут осуществлены все проекты.

Однако допущение неполного контроля меняет результат. Пусть центральный менеджер осуществляет оплату априори. Примем для наглядности, что объем такой компенсации составляет $p \cdot B$, а затем может осуществить какое-то количество ревизий для проверки, действительно ли проверяемые локальные агенты реализовали свои проекты. Если ответ положительный, то объем компенсации не меняется, но если он отрицательный, то компенсация аннулируется и может назначаться штраф. Пусть величина *prob* есть вероятность ревизии центральным менеджером данного локального звена, $0 \le prob \le 1$. Тогда локальное звено в случае реализации своего проекта получает прибыль в размере $p \cdot B–w \cdot A$, а в противном случае его ожидаемая при-

быль составит $(1–prob)\cdot p\cdot B–prob\cdot f$, где f есть величина штрафа. Ясно, что данный локальный проект будет осуществлен, если $prob\cdot p\cdot B>w\cdot A–prob\cdot f$, и не будет осуществлен в противном случае. Ясно также, что вероятность осуществления проектов возрастает при росте как *prob*, так и *f*. Но даже при нулевом значении последней переменной, т.е. в отсутствии штрафов, локальные проекты будут осуществляться, если контроль центрального менеджера достаточно силен и величина *prob* велика.

Данная ситуация соответствует известной проблеме *морального риска (moral hazard)*. В самом деле, возможность не реализации проектов порождена слабостью контроля результата и характеризуется как проблема *скрытой акции (hidden information* problem). Локальные агенты подвержены моральному риску: они могут рискнуть и не выполнить работу, которую обязаны выполнить, поскольку получают компенсацию.

Теперь несколько усложним модель, и будем считать, что часть проектов дает бóльшие результаты, чем другая, однако и требует бóльших усилий. Проекты первого типа, имеющие индекс 1, мы будем называть более интенсивными, второго, имеющие индекс 2 – менее интенсивными проектами. Объемы усилий и экономии, соответствующие более интенсивным проектам обозначим A_1 и B_1, для менее интенсивных проектов – A_2 и B_2**.** По предположению выполняется:

$p\cdot B_1>$ w $\cdot A_1$ и $p\cdot B_2> w\cdot A_2$,
$A_1>A_2$ и $B_1>B_2$.

Если центральный менеджер распределяет компенсацию в размере общей экономии в условиях неполной информации, т.е. не зная, какие звенья, какого типа проекты реализуют, он может исходить из усредненных сумм и компенсировать каждому локальному звену величину $p\cdot(\alpha\cdot B_1+(1-\alpha)\cdot B_2)$, где α есть известная доля более интенсивных проектов. Тогда прибыль каждого из агентов с более интенсивными проектами составит $p\cdot(\alpha\cdot B_1+(1–\alpha)\cdot B_2)– w\cdot A_1$, а с менее интенсивными составит $p\cdot(\alpha\cdot B_1+(1–\alpha)\cdot B_2)– w\cdot A_1$.

Менее интенсивный проект будет выгоден к реализации, что касается более интенсивного, то вероятность его реализации – меньше. При большой разнице в результативной экономии, т.е. между B_1 и B_2 или при малой доле интенсивных проектов, он может оказаться неприбыльным для агентов. Следовательно, будет реализован только менее интенсивный проект. Данная ситуация характеризуется как *неблагоприятный отбор (adverse selection)* или как проблема *скрытой информации* (*hidden information* problem).

ЛИТЕРАТУРА

Бузулуцков В.Ф. Информационно-методические аспекты построения межрегиональной модели взаимосвязи экономики и энергетики. Препринт. – Новосибирск: ИЭОПП, 2002.

Воронов Ю.П., Комаров В.Ф. Тепловые насосы и другие автономные источники теплоснабжения // Энергетика и предприятия: перспектива развития экономических отношений в условиях реформирования РАО «ЕЭС России». – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2004.

Гершензон М.А. Моделирование динамики межотраслевых связей энергетики. Новосибирск: Наука, 1983.

Гранберг А.Г. Оптимизация территориальных пропорций народного хозяйства. – М.: Экономика, 1973.

Гранберг А.Г., Суслов В.И., Суспицын С.А. Многорегиональные системы: экономико-математическое исследование. – Новосибирск: Сибирское Научное Издательство, 2007.

Кононов Ю. Д. Энергетика и экономика (проблемы перехода к новым источникам энергии). – М.: Наука, 1981.

Крашенинников С.Н., Романов А.В., Душанин Г.М., Заключная С.В, Уколов А.В., Сенюкова А.Г., Акимов А.В. Система моделей обоснования оптимального развития топливно-энергетического комплекса // Проблемы оптимизации топливно-энергетических балансов и пропорционального развития топливно-энергетического комплекса страны на перспективу. – М.: ВНИИКТЭП, 1979.

Криворуцкий Л.Д. Имитационная система для исследований развития топливно-энергетического комплекса. – Новосибирск: Наука, 1983.

Кузнецов Ю.А., Мелентьев Л.А., Меренков А.П., Некрасов А.С. Определение оптимальной структуры оптимального энергетического баланса с использованием электронных вычислительных машин // Теплоэнергетика. – 1962.

Любочская О.К., Орлов Р.В. Выбор рациональной структуры системы моделей оптимизации топливно-энергетического страны баланса на перспективу // Проблемы оптимизации топливно-энергетических балансов и пропорционального развития топливно-энергетического комплекса страны на перспективу. – М.: ВНИИКТЭП, 1979.

Макаров А.А., Вигдорчик А.Г. Топливно-энергетический комплекс. Методы исследования оптимальных направлений развития. – М.: Наука, 1979.

Макаров А.А, Кононов Ю.Д., Криворуцкий Л.Д., Макарова А.С., Санеев Б.Г., Шапот Д.В. Иерархия моделей для управления развитием энергетики и методы согласования их решений. – Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1984.

Макаров А.А., Мелентьев Л.А. Методы исследования и оптимизации энергетического хозяйства. – Новосибирск: Наука, 1973.

Манн А.С. ЭТА–МАКРО: Модель взаимодействия энергетики и экономики // Экономика и математические методы. – 1978. – Т. XIV. – Вып. 5.

Мелентьев Л.А. Оптимизация развития и управления большими системами энергетики. – М.: Высшая школа, 1976.

Мелентьев Л.А. Системные исследования в энергетике. – М.: Наука, 1977.

Мелентьев Л.А. Системные исследования в энергетике. Элементы теории, направления развития. Изд-е 2-е, доп. – М.: Наука, 1983.

Методика оптимизации развития топливно-энергетического комплекса. – М.: Наука, 1975.

Методические положения оптимизации развития топливно-энергетического комплекса. Научный совет по комплексным проблемам энергетики. – М.: Наука, 1975.

Методологические принципы составления базовых таблиц «Затраты–Выпуск» и их информационное обеспечение. Росстат. – М., 2009.

Методология и практика построения и использования региональных топливно-энергетических балансов. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2010.

Методы и модели для исследования оптимальных направлений долгосрочного развития топливно-энергетического комплекса / под ред. А.А. Макарова. – Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1977.

Методы и модели прогнозных исследований взаимосвязей энергетики и экономики. – Новосибирск: Наука, 2009. – 178 с.

Методы применения электронно-вычислительных машин в энергетических расчетах / под ред. Л.А. Мелентьева, 1964.

Национальные счета России в 2000–2007 годах. Стат. сб. Росстат. – М., 2008.

Нашей экономике нужно посмотреть на себя в зеркало. Беседа с И.Д. Масаковой, заместителем руководителя федеральной службы государственной статистики. – ЭКО. – 2011. – № 5.

Новая энергетическая политика России / под ред. Ю. К. Шафраника. – М.: Энергоатомиздат, 1995.

Оптимизация развития топливно-энергетического комплекса / под ред. А.С. Некрасова. – М.: Энергоиздат, 1981.

Пляскина Н.И. Проблемы недропользования и методология формирования инвестиционных программ освоения нефтегазовых ресурсов // Бурение и нефть. – 2007. – Вып. 11. – С. 60–83.

Российский статистический ежегодник. Приложение: Отдельные статистические показатели деятельности организаций Российской Федерации по видам экономической деятельности. М.: Росстат, 2004.

Системные исследования проблем энергетики / отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 2000.

Суслов Н.И. Методические указания и рекомендации по прогнозированию социально-экономического развития Новосибирской области в рамках ОП-2020 // Областная программа «Энергоэффективность и энергобезопасность Новосибирской области на период до 2020 года»: сб. руководящих документов. – Вып. 4. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, Ин-т теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, Межотр. фонд энергосбережения и развития ТЭК Новосиб. обл., адм. Новосиб. обл., 2006. – С. 15–33.

Суслов Н.И. Проблемы формирования рациональной региональной стратегии в области энергетики // Реформирование электроэнергетики и его влияние на социально-экономическое развитие Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. 24 июня 2011 г., Красноярск / [отв. за вып. А.В. Лыткин]. – Красноярск: Сиб. фед. ун-т, 2011. – С. 90–134.

Суслов Н.И. Прогнозирование развития региона на основе межотраслевых моделей (гл. 20) // Сибирь в первые десятилетия XXI века / отв. ред. В.В. Кулешов. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2008. – С. 298–310.

Суслов В.И. Производственное потребление (раздел 2.1) // Оптимизационные межрегиональные межотраслевые модели. – Новосибирск: Наука, 1989.

Соколин В.Л. Реформирование российской статистики в интересах гражданского общества и государства // Вопросы статистики. – 2008. – № 12.

Суслов Н.И., Бузулуцков В.Ф. Проект СОНАР-ТЭК: системное моделирование энергетики (раздел 1.2) // Методология и практика построения и использования региональных топливно-энергетических балансов – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2010.

Суслов Н.И., Бузулуцков В.Ф., Чернышов А.А. Применение оптимизационной межотраслевой межрайонной модели для анализа развития энергетики в системе народнохозяйственных взаимосвязей // Исследования многорегиональных экономических систем: опыт применения оптимизационных межрегиональных межотраслевых систем / под ред. В.И. Суслова. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2007.

Суслов Н.И.. Система анализа и прогнозирования межотраслевых связей в экономике региона (СИБАРП) (раздел 7.1) // Методология и практика построения и использования региональных топливно-энергетических балансов – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2010.

Суслов Н.И., Чернышов А.А. Специализированные модели народнохозяйственного уровня: особенности построения и реализации (гл. 2). Территориальные народнохозяйственные модели взаимосвязей многоотраслевых комплексов (п. 1) // Моделирование взаимодействия многоотраслевых комплексов в системе народного хозяйства. – Новосибирск: Наука, 1992.

Суслов Н.И., Чернышов А.А. Использование ОМММ для анализа развития межотраслевых комплексов (гл. 7) // Оптимизационные межрегиональные межотраслевые модели. – Новосибирск: Наука, 1989.

Энергетический комплекс СССР / под ред. Л. А. Мелентьева и А. А. Макарова. – М.: Экономика, 1983.

Bullard C.W. III, and Pilati D.A. The project independence construction program-resource impacts. Energy. Vol. 1. Issue 2. – June 1976. – P. 123–131

Dantzig G.B. and Parikh S.C. On a pilot linear programming model for assessing physical impact on the economy of a changing energy picture, in F.S. Roberts Ed., Energy, Mathematics and Models, Lecture Notes in Mathematics, SIAM-Proceedings of a SIMS Conference on Energy, 1976.

Hogan W.W. Project Independence Evaluation System Integrating Model. Office of Quantitative Methods, Federal Energy Administration, 1974.

Hudson E.A., Jorgenson D.W. The US energy policy and economic growth, 1975–2000, Bell Journal of Economics and Management Sciencею – 1974. – Vol. 5. – No. Autumn. – P. 461–514**.**

Van der Voort E. The EFOM 12C energy supply model within the EC modeling system, Omega. – 1982. – Vol. 10. – Issue 5. – P. 507–523.

Voß A., Schlenzig C. and Reuter A. MESAP III: A tool for energy planning and environmental management – history and new developments. Advances in System Analysis: Modelling Energy-Related Emissions on a National and Global level, Hake J.Fr., Kleemann M., Kuckshinrichs W., Martinsen D., Walbeck M. (Eds):, Konferenen des Forschungszentum Jülich, Band 15, Jülich, 1995.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

Сайт ЦБ РФ // Http://Www.Cbr.Ru/Statistics/Credit_Statistics/Print.Asp?File=Capital.Htm).

Chateau B., Quercia N. Assessment of very long term development of the needs of energy services: the VLEEM methodology, 2003 // http://www.iiasa.ac.at/Research/ECS/IEW2003/Papers/2003P_chateau.pdf

The Energy Market Model of the Frisch Center. – LIBEMOD, 2002 // www.gas-journal.ru

The National Energy Modeling System: An Overview. Report #:DOE/EIA-0581(2009) Release date: October 2009, Electronic document // http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/overview/index.html

Wade S. Price Responsiveness in the AEO2003 NEMS Residential and Commercial Buildings Sector Models, 2003 // http://eia.doe.gov/oiaf/analysispaper/elasticity

Глава 3
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МЕЗОУРОВНЯ

3.1. РАЗВИТИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОТРАСЛЕВЫХ ПОДСИСТЕМ ТЭК: ЭВОЛЮЦИЯ, ИЕРАРХИЯ, ТЕНДЕНЦИИ, СЦЕНАРНЫЕ УСЛОВИЯ

Практика использования оптимизационных моделей развития, размещения и взаимодействия предприятий подотраслей ТЭК в ИЭОПП СО РАН имеет длительную историю. Можно выделить два основных типа моделей: постановка задачи развития многоотраслевого энергетического комплекса и задачи развития отдельных отраслей ТЭК. В первом случае учитываются важнейшие внешние связи энергетики совместно с комплексом ее внутренних взаимосвязей, в том числе в аспекте их производственно-территориальной составляющей (что было рассмотрено выше в главе 2). Во второй постановке происходит изолированное рассмотрение развития отдельной отрасли (в дальнейшем мы будем рассматривать угольную отрасль).

Эволюция задач оптимального планирования в угольной отрасли насчитывает несколько типов модификаций модели. Первыми решались задачи для отдельных угольных бассейнов [Оптимизация…, 1975]. В моделях одновременно рассматривались всевозможные комбинации вариантов развития предприятий бассейна. В результате определялись взаимоувязанные решения по соотношениям объемов реконструкции и нового строительства, их технологическим вариантам, целесообразная проектная мощность каждого предприятия. Оптимальная комбинация вариантов отбиралась с позиции единого общебассейнового критерия.

Вскоре было осознано, что в связи с большой неравномерностью распределения объемов добычи и потребления угля по территории страны и значительным влиянием транспортного фактора для определения рациональных масштабов развития действующих и создания новых угольных баз необходимо находить наиболее эффективный вариант распределения и использования добываемых углей потребителями по стране в целом. Это привело к существенному усложнению применяемого инструментария и переходу к моделям производственно-транспортного типа. Если в задаче по бассейну основное место отводилось вопросам, связанным с развитием добычи угля, то в задаче на уровне отрасли необходимо было определять и рациональную схему перевозок угля.

Впервые постановка задачи оптимизации отраслевой системы, включающей этапы добычи и транспортировки угля, была осуществлена в ИЭОПП совместно с ЦЭНИИ при Госплане РСФСР [Экономико-матема-

тические методы…, 1988; Перспективное отраслевое планирование…, 1986]. Она предусматривала построение двух моделей для разных уровней планирования – для страны (модель охватывала всю территорию страны при укрупненном представлении объектов планирования) и для отдельных бассейнов (модель описывала возможности развития входящих в бассейны угледобываюших предприятий). В результате решения задачи по модели верхнего уровня определялись объемы добычи по всем видам и маркам угля, необходимая сумма капитальных вложений для каждого бассейна и схема перевозок угля. После этого ставились локальные задачи для определения плана развития отдельных бассейнов, в которых в качестве производственных единиц выступают отдельные угледобывающие предприятия по добыче энергетических и коксующихся углей.

Такая постановка задачи соответствовала практике проектировщиков, которые разрабатывали Генеральную схему развития угольной промышленности в целом и Генсхемы отдельных бассейнов.

Другой важной особенностью угольной отрасли, которую необходимо было учесть при моделировании, является неоднородность добываемых углей по калорийности и качеству (спекаемость, содержание летучих веществ, золы, влаги и др.). Причем она проявляется не только на уровне бассейнов и месторождений, но и на уровне предприятий. Для более адекватного отражения требований, предъявляемых потребителями к качеству угля, потребовалась детализация технологических и производственных связей и условий в применяемых моделях, что из-за резкого увеличения их размерности вынудило раздельное решение задачи по коксующимся и энергетическим углям.

Вместе с тем системный подход требовал рассмотрения всей угольной отрасли в рамках единого исследования, поскольку коксующиеся и энергетические угли часто добываются в одних и тех же бассейнах, нередко на одних и тех же шахтах. Поэтому при моделировании угольной промышленности для учета этих связей предусматривалось раздельное и последовательное решение двух задач. Сначала, учитывая большую технологическую ценность коксующихся углей, решалась задача оптимизации развития и размещения их добычи и использования. В результате решения определялись рациональные объемы и структура добычи коксующихся углей по бассейнам и месторождениям страны, объемы поставок угля на коксохимические предприятия, выявлялись рациональные структуры угольных шихт для коксования. Далее, с учетом выявленных объемов добычи попутных энергетических углей, ставилась задача определения плана развития и размещения добычи энергетических углей и их поставок потребителям по экономическим районам. Объектами планирования в задаче выступали непосредственно предприятия по добыче углей – шахты и разрезы, а не бассейны и месторождения. При этом модели, используемые для решения этих задач, могли быть как двухуровневыми, так и одноуровневыми.

Кроме учета моделей развития отдельной отрасли ТЭК в ИЭОПП СО РАН развивался подход, основанный на конструировании специализированных модельных комплексов, охватывающих все народное хозяйство, но с акцентом на отдельные аспекты развития [Оптимизационные межрегиональные межотраслевые модели…, 1989; Моделирование…, 1992]. К его основным особенностям относятся: формирование относительно замкнутых подсистем моделей сводного народнохозяйственного, отраслевого и территориального планирования. В рамках данного подхода разрабатывался проект СОНАР (о чем выше в главах было детально изложено), моделью верхнего уровня является специализированная народнохозяйственная модель взаимосвязей энергетики ОМММ-ТЭК.

Модели отдельных отраслей энергетики являются элементами нижнего уровня системы СОНАР-ТЭК и предназначены, во-первых, для конкретизации проблем, исследуемых на основе моделей верхнего уровня, во-вторых, для решения задач, возникающих на данном отраслевом уровне. В качестве отраслевых моделей в СОНАР-ТЭК ранее выступали: модель оптимизации территориально-производственной структуры ТЭК (разработанная в ИСЭМ СО РАН), модель оптимизации баланса котельно-печного топлива (БКПТ), модель оптимизации баланса углеводородного сырья страны (МОБУС) и модель оптимизации добычи и использования коксующихся углей страны (МОДИКУС).

Модель котельно-печного топлива позволяла определять объемы добычи газа, различных видов энергетических углей и прочих видов твердого топлива и производства мазута. С учетом возможности взаимозаменяемости формируется рациональная структура их потребления в качестве котельно-печного топлива при минимизации суммарных приведенных затрат на добычу, переработку, транспортировку и использование топлива. Постановка этой модели позволяет учитывать не только технологические варианты развития добычи и производства топлива, но и связи с потребителями и развитие сопряженных отраслей.

Современная динамика развития ТЭК позволяет восстановить сферу применения оптимизационных моделей, благодаря имеющимся преимуществам сбалансированного, комплексного представления развития отраслей ТЭК. Все возрастающий интерес к проблемам долгосрочного прогнозирования обусловил повышенную потребность в адекватном инструментарии разработки экономических прогнозов, обеспечивающем более высокое качество таких прогнозов по сравнению с теми, которые могут дать методы, основанные на использовании лишь очень ограниченного круга показателей, простых эконометрических моделях или просто балансовом способе расчета.

Важным условием реалистичности разрабатываемого прогноза является возможность его отраслевой и пространственной разверстки, непротиворечивости (сбалансированности) отраслевых и региональных прогнозов. В усло-

виях быстрого экономического роста влияние на построение прогнозов начинают оказывать такие факторы, как наличие и динамика ввода основных производственных мощностей, обеспеченность ресурсами, возможности роста производительности труда и изменений в технологиях производства.

Построение прогнозов в настоящее время осложняется отсутствием как таковой генеральной схемы угольной промышленности и стратегий развития бассейнов. Современный этап интенсификации исследований начался в 1998 г. На этом этапе была модифицирована модель котельно-печного топлива и преобразована в Энергетическую модель России. Для отражения характера взаимосвязей регионального ТЭК необходима их детализация. Для этого используется Модель регионального ТЭК.

3.2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МЕЗОУРОВНЯ. ДОПОЛНЯЮЩИЕ МОДУЛИ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Разработка прогнозов развития отраслей ТЭК, оптимизация территориально-производственной структуры ТЭК и ТЭБ осуществляется с помощью согласованной системы энергетических моделей, в которую входят:

- энергетическая модель России (ЭМР);
- модели перспективного развития ТЭК регионов (РТЭК);
- модель добычи и потребления коксующихся углей страны (МОДИКУС);
- отчетный и прогнозный топливно-энергетические балансы регионов (РТЭБ).

Их подробное содержание приведено ниже.

Энергетическая модель России. Модель – оптимизационная, балансового типа, в квазидинамической постановке, с непрерывными переменными.

Энергетическая модель России позволяет достаточно детально описывать производственные связи ТЭК. В первую очередь это относится к взаимосвязям между топливно-энергетическими отраслями и территориально сгруппированными (по районам) потребителями топлива и энергии. Учет этих связей обуславливает ярко выраженную блочную структуру модели. Она содержит три почти независимых блока (газовый, угольный и мазутный), а также блоки электроэнергетики и теплоснабжения. Все блоки дифференцированы по территориям и объединены матрицей удельных расходов топлива на производство электроэнергии и теплоэнергии. Кроме того, блоки связаны общими ограничениями на некоторые лимитированные ресурсы, например капиталовложения или трудовые ресурсы.

Энергетическая модель рассматривает взаимосвязи топливно-энергетического комплекса с экономикой в целом и производственные связи внутри комплекса, а также учитывает пространственный аспект. При ис-

пользовании модели рассчитывается перспективный план производства и потребления топлива и энергии как для федеральных округов РФ в целом, так и в разрезе субъектов Федерации, входящих в Сибирский федеральный округ, кроме того учитывается несколько экспортных и импортных направлений поставок топлива.

Критериями оптимальности развития ТЭК могут приниматься как минимизация суммарных приведенных затрат, так и максимизация прибыли. Модель формируется по этапам расчетного периода как квазидинамическая. Это означает, что для каждого очередного этапа (продолжительностью 5 лет) решается статическая задача, но исходное состояние каждого последующего этапа принимается по результатам оптимизации предыдущего.

В модели учитывается производство и потребление 8 видов топливно-энергетических ресурсов: газ, антрацит, каменный уголь (рядовой, сортовой, отсевы), бурый уголь (рядовой, сортовой, отсевы), мазут топочный, прочие виды топлива, электроэнергия, теплоэнергия. Детализация производителей топлива предполагает выделение: газ – 25 узлов (66 месторождений); уголь – 25 производителей; мазут – 20 НПЗ; электроэнергия и теплоэнергия – производители по районам АЭС, ГЭС, ТЭЦ, КЭС, котельным.

Все множество энергетических объектов делится на две группы: существующие на начало расчетного этапа и предполагаемые к строительству в течение рассматриваемого периода. Модель рассчитана на прогнозирование развития ТЭК регионов РФ на таком временном интервале, чтобы можно было оценивать эффективность проведения крупных и долговременных проектов. Крупные объекты включаются в задачу самостоятельными производственными способами в вариантном представлении. Отдельными способами представлены новые энергетические технологии с детализацией по типам технологий, ассортименту конечных продуктов. Настройка модели по оценке технологий связана с существенным расширением блоков переработки угля и использования топлива за счет введения переменных и ограничений, описывающих условия производства и потребления новых продуктов. (Более детально схема расчетов по оценке эффективности применения новых технологий изложена ниже в п. 3.3.)

Ниже представлены перечни экзогенных и эндогенных показателей, используемых в Энергетической модели России.

❖ *Перечень экзогенных параметров.* Любой производственный способ описывается следующими показателями:

- выпуск основной продукции (электроэнергия – для ГЭС, ТЭЦ и прочих генерирующих установок, теплоэнергия – для ТЭЦ, котельных и прочих источников; уголь, нефть и прочие виды топлива – для объектов топливной промышленности) в натуральном и стоимостном измерении;

- удельные расходы топлива по видам, а также электро- и теплоэнергии на функционирование объектов ТЭК;
- потребность в капитальных вложениях и трудовых ресурсах;
- текущие годовые издержки.

Для действующих объектов варианты различаются способом реконструкции, сроком и динамикой ее реализации. По намечаемым к строительству новым станциям могут быть рассмотрены варианты, различающиеся мощностью, используемым топливом и сроками ввода.

Рассматриваются два вида магистрального транспорта топлива: железнодорожный для углепродуктов и топочного мазута и трубопроводный – для природного газа. Для железнодорожного транспорта предусматривается развозка топлива от топливных баз до условных центров экономических районов. Для трубопроводного транспорта предусмотрено подключение потребителей экономического района к разным точкам транспортной системы. Транспорт природного газа представлен сетью из действующих газопроводов и новых, к которым относятся строящиеся и предлагаемые к строительству газопроводы.

Транспортный блок был модернизирован – вместо сетевого представления межрегиональных транспортных связей стало использоваться их шахматное представление (прямо отражающее связи каждого региона со всеми другими), что позволяет более точно учитывать затраты на транспортировку (включая и затраты на экспорт и импорт).

Каждый район представляется в виде совокупности групп топливопотребляющих установок. В зависимости от возможности использования различных видов котельно-печного топлива различают потребителей со взаимозаменяемым и невзаимозаменяемым топливом. Потребители, использующие невзаимозаменяемое топливо, группируются по виду топлива и в задаче представляются в виде обязательной потребности экономического района в соответствующих видах топлива. Потребители, использующие взаимозаменяемое топливо, в зависимости от возможности подключения к единой газоснабжающей системе делятся на расположенные в зоне газоснабжения и не в зоне газоснабжения.

В каждом районе потребители группируются по функциональному признаку – электростанции; котельные; топливоиспользующие установки коммунально-бытового и сельского хозяйства, различные типы промышленных печей. Внутри каждой группы потребители объединяются по таким показателям, как удельные приведенные затраты в топливоиспользование и коэффициент расхода топлива по сравнению с природным газом. Для потребителей, использующих взаимозаменяемое топливо, потребность в котельно-печном топливе задается в газовой норме.

Все условия добычи, переработки, транспортировки и потребления энергоресурсов рассматриваются для одного года планируемого периода.

Рассматриваемая модель обеспечивает проведение многовариантных расчетов при различных критериях и условиях, т.е. позволяет проводить расчеты по различным сценариям. Это особенно важно при прогнозировании на длительный период, так как в начале невозможно учесть в одном расчете все возможные изменения, которые могут возникнуть в процессе реализации плана. Модель позволяет оперативно проводить уточняющие расчеты по мере возникновения новых условий, т.е. реализовывать процесс непрерывного планирования и корректировки первоначальной траектории.

❖ *Перечень эндогенных показателей.* При выполнении ограничений по ресурсам (возможности развития добычи и производства), по условиям транспортировки и по потребности, а также при минимизации приведенных затрат на добычу (производство), переработку, транспортировку и использование топлива для всех субъектов Федерации по всем годам прогнозируемого периода определяются:

- объемы добычи (производства) различных энергоресурсов по отдельным месторождениям (пунктам, нефтеперерабатывающим заводам);
- объемы переработки различных видов топлива по отдельным предприятиям;
- распределение энергоресурсов между отдельными экономическими районами с предварительным распределением их внутри районов между основными категориями потребителей;
- объемы и направления перевозок различных видов топлива магистральным железнодорожным транспортом, газопроводами, передача электроэнергии по линиям электропередачи (ЛЭП);
- рациональные виды топлива для тепловых электростанций и котельных, работающих на органическом топливе;
- объемы производства электроэнергии и теплоэнергии на новых, реконструируемых и действующих электростанциях и в котельных.

Основные параметры энергобаланса страны передаются как контрольные (целевые) показатели для задач нижнего уровня, где сценарии энергопотребления страны детализируются в территориальном разрезе, и на их основе формируются прогнозы развития производственной базы отдельных отраслей ТЭК.

С помощью ЭМР проводились:

• *Анализ современного состояния энергоэффективности и энергобезопасности сибирских регионов и обоснование направлений по их повышению.* На основе расчетов по модели в рамках подготовки новой версии Стратегии социально-экономического развития Сибири (2010 г.) (по заданию аппарата Полномочного представителя Президента РФ в Сибирском федеральном округе) проводилось уточнение прогноза производственной и пространственной структуры ТЭК Сибири и его отраслей при изменении условий и факто-

ров, влияющих на рост внутреннего энергопотребления и экспорта энергетических ресурсов. Показано, что возможности и направления развития сибирской энергетики определяются противоречивыми и неоднозначными факторами. Было показано, что Сибирь, обладающая гигантским потенциалом энергоресурсов и всегда рассматривавшаяся как главная перспективная электроэнергетическая база страны, уже в ближайшем пятилетии может столкнуться с дефицитом электроэнергии.

• *Обоснование рациональных направлений и масштабов реализации стратегического маневра по увеличению доли угля в топливно-энергетическом балансе страны*. На основе многовариантных расчетов анализировалась конкурентоспособность угля как топлива для выработки электроэнергии и теплоснабжения с учетом существующей инфраструктуры топливообеспечения России и Сибири. Получен вывод, что основными направлениями решения транспортной проблемы межрегиональных перевозок, связанной с дополнительными поставками углей на тепловые электростанции Урала и Центра, а также в порты Балтийского и Черного морей, является увеличение провозной способности железных дорог в западном направлении на 70–90 млн т/год. Дана оценка объемов и источников инвестиций, необходимых для освоения современных технологий производства, транспортировки и использования угля в энергетическом секторе [Транспорт…, 2005].

• *Анализ перспективных направлений развития технологий производства, переработки и использования топлива и энергии по регионам России и Сибири*. На основе многовариантных расчетов определялись рациональные масштабы тиражирования, и выявлены приоритетные регионы России для внедрения новых энерготехнологий предварительной термической подготовки канско-ачинских углей на долгосрочную перспективу [Чурашев и др., 2005].

Модель перспективного развития ТЭК региона. Модель – оптимизационная, балансового типа, в квазидинамической постановке, с непрерывными переменными.

В результате расчетов по модели ТЭК региона определяется стратегия формирования структуры прогнозного топливно-энергетического баланса региона с учетом собственных энергоресурсов и рациональных потоков топлива и энергии при минимизации совокупных приведенных затрат на добычу, переработку, перевозку и использование топлива, а также на производство и передачу электрической и тепловой энергии.

Расчеты по модели *РТЭК* позволяют решать следующие задачи:

- определить рациональную структуру используемых энергоносителей;
- определить экономически целесообразные пропорции между использованием собственных и привозных энергоресурсов;
- определить рациональные масштабы развития объектов энергетики и объемы производства и преобразования всех видов ТЭР.

Модель разрабатывается для регионов на уровне – субъекта РФ и выше. В региональной модели более детально по сравнению с ЭМР рассматриваются условия производства топлива и энергии местными предприятиями. В модель введены также способы, описывающие производство топлива, электроэнергии и тепла на объектах нетрадиционной энергетики.

В модели выделяются следующие виды энергоносителей: энергетические угли (каменные, бурые и отсевы антрацита); природный и попутный газ; топочный мазут; моторное топливо; прочие виды топлива (торф, сланцы, дрова и др.), а также электрическая и тепловая энергия. Детализированно рассматриваются возможные поставщики топлива из-за пределов области. В качестве вариантов внешнего энергоснабжения рассматривается передача электроэнергии по ЛЭП из ОЭС других регионов.

Конечные потребители топлива и энергии могут быть представлены по классификации ОКОНХ, действовавшей до 2005 г., и по ОКВЭД, что позволяет соблюдать преемственность прогнозов, выполненных в разные годы. Классификация по видам экономической деятельности предусматривает выделение основных разделов ОКВЭД[1], а также население, потери, запасы.

Модель используется в имитационном режиме при рассмотрении различных сценарных условий изменения экзогенных параметров. В результате расчетов по модели определяется стратегия формирования структуры прогнозного топливно-энергетического баланса региона с учетом собственных энергоресурсов и рациональных потоков топлива и энергии при минимизации совокупных приведенных затрат на добычу, переработку, перевозку и использование топлива, а также на производство и передачу электрической и тепловой энергии.

Рассматривались следующие экзогенные параметры:

- объемы потребности в топливе и энергии конечных потребителей по регионам;
- верхние и нижние границы на объемы выпуска основной продукции (электроэнергия – для ГЭС, ТЭЦ и прочих генерирующих установок, теплоэнергия – для ТЭЦ, котельных и прочих источников, уголь, нефть и прочие виды топлива для объектов топливной промышленности) в натуральном и стоимостном измерении;
- удельные расходы топлива по видам, а также электро- и теплоэнергии на функционирование объектов ТЭК;
- удельные капитальные вложения и трудоемкость по способам, описывающим производство топлива и энергии по регионам;

[1] Сельское хозяйство. Рыболовство, рыбоводство. Добыча полезных ископаемых. Обрабатывающие производства (с выделением отдельных производств). Производство и распределение газа и воды. Строительство. Транспорт. Связь. Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг. Прочие виды деятельности.

- верхние и нижние границы на объемы поставок и использования энергоресурсов;
- текущие издержки на производство, транспортировку и использование топлива и энергии.

Все множество энергетических объектов делится на две группы: существующие на начало расчетного этапа и предполагаемые к строительству в течение рассматриваемого периода. Крупные объекты включаются в задачу самостоятельными производственными способами в вариантном представлении.

Модель дает возможность учесть капитальные вложения на строительство новых и реконструкцию действующих мощностей (ТЭС, котельные), строительство ЛЭП (для поставки недостающей электроэнергии), а также на сооружение дополнительно необходимой газораспределительной сети от магистрального газопровода до пункта потребления газа (компрессорные станции и линейные участки).

Для переменных, описывающих поступление электроэнергии и топлива из-за пределов области, задаются верхние ограничения на объем поставок, а текущие затраты определяются по формуле цены СИФ (цена производителя плюс транспортные расходы).

Используемым программным обеспечением является пакет для решения задач линейного программирования ЛП-Система – LPSYST.

Модель РТЭК состоит из четырех блоков и функционала.

- Первый блок включает производство первичных энергоресурсов, ввоз и вывоз энергоресурсов и изменение запасов.
- Второй блок описывает преобразование одних энергоресурсов в другие, в нем определяется топливный баланс электро- и теплоэнергетики.
- Третий блок отражает конечное потребление энергоносителей в различных секторах экономики и по видам экономической деятельности.
- В четвертом блоке производится расчет экономических показателей, характеризирующих развитие ТЭК региона (например: требуемый объем инвестиций, объем товарной продукции, численность занятых и фонд заработной платы, размеры отчислений в бюджеты различных уровней и др.).

Критериями оптимальности развития ТЭК могут приниматься как минимизация суммарных приведенных затрат, так и максимизация прибыли.

Модель формируется по этапам расчетного периода как квазидинамическая, для каждого очередного этапа (продолжительностью 5 лет) решается статическая задача, при этом исходное состояние каждого последующего этапа принимается по результатам оптимизации предыдущего. Модель используется в имитационном режиме, при рассмотрении различных сценарных условий изменения экзогенных параметров.

В результате расчетов для рассматриваемого региона по всем годам прогнозируемого периода определяется тот же перечень *эндогенных показателей*, указанных для ЭМР (см. предыдущий раздел п. 3.2).

На основе моделей регионального уровня (Модель развития ТЭК региона и Модели топливно-энергетического баланса региона) проводились расчеты по анализу и прогнозированию производства и потребления топлива и энергии в Новосибирской области в рамках следующих работ:

1) Областная программа «Энергоэффективность и энергобезопасность Новосибирской области на период до 2020 года» по заказу Администрации Новосибирской области и Межотраслевого фонда энергосбережения и развития ТЭК Новосибирской области;

2) «Стратегия социально-экономического развития Новосибирской области до 2025 г.» по заказу Администрации Новосибирской области;

3) «Разработка и обоснование основных положений концепции промышленной политики Новосибирской области на период до 2025 г.» на основании соглашения между департаментом развития промышленности и предпринимательства Администрации Новосибирской области, открытым акционерное обществом «Новосибирскэнерго» и Межотраслевым фондом энергосбережения и развития ТЭК Новосибирской области.

Модели регионального топливно-энергетического баланса. Модель РТЭБ – балансового типа, в статической постановке, с непрерывными переменными.[1]

Региональные топливно-энергетические балансы описывают следующие энергетические потоки на территории региона:

- поступающих первичных энергоресурсов (топливо или энергия);
- преобразованных в конечные для потребления;
- транспортировки;
- потерь на стадиях преобразования, транспортировки, потребления;
- конечного потребления энергоресурсов.

Отчетный топливно-энергетический баланс региона – база оперативного мониторинга и оперативного принятия решений, обеспечивающих нормальное функционирование подсистем региональной экономики, задействованных в процесс энергопроизводства и энергопотребления. Анализ отчетных балансов позволяет выявить тенденции, узкие места обеспечения энергобезопасности региона, задает ориентиры для верификации данных последующих балансов.

Отчетный РТЭБ позволяет проводить анализ и делать заключение по следующим направлениям:

- формирование рациональной структуры топливно-энергетического баланса региона;

[1] Более подробное описание моделей регионального ТЭБ изложено в коллективной монографии [Методология…, 2010].

- объемы (энергетические потоки) поступления и преобразования и направления движения и распределения по видам топлива и преобразованным энергоресурсам;
- объемы потребления как первичных, так и преобразованных энергоресурсов различными группами потребителей (энергетическими предприятиями, отраслями экономики, населением и др.);
- потери в энергетическом секторе и при конечном потреблении того или другого энергоресурса;
- энергетическая эффективность использования энергоресурсов.

Прогнозные топливно-энергетические балансы являются инструментом прогнозирования и планирования развития предприятий топливно-энергетического комплекса региона и отдельных сфер энергопотребления, опережающего выявления энергетических угроз и оценки эффективности путей их преодоления. Составление прогнозных ТЭБ связано с прогнозированием развития региональной экономики, что предполагает использование для исследования возможных вариантов развития экономико-математических моделей. Прогнозы потребности в энергетических ресурсах для различных групп потребителей на перспективу представляют интерес как для энергоснабжающих организаций при решении ими задач планирования производства, так и для администраций регионов при формировании ими статей бюджета, относимых на оплату потребления энергетических ресурсов бюджетными организациями.

РТЭБ имеет вид таблицы, состоящей из строк (статьи приходной и расходной частей) и столбцов (виды топлива и энергии). Структура баланса приведена в табл. 3.1.

Модель разрабатывается для регионов на уровне субъекта РФ и выше. РТЭБ могут быть различной отраслевой детализации. Так, российская статистика ежегодно представляет «Баланс энергоресурсов страны», в котором выделяется 9 групп и отдельных энергоносителей[1]. Конечные потребители топлива и энергии так же, как и в модели ТЭК региона, могут быть представлены по классификации ОКОНХ или ОКВЭД[2].

---

[1] В модели отчетного РТЭБ региона обычно рассматривается следующая номенклатура энергоносителей: Твердое топливо: Уголь (каменный, антрацит и бурый), Торф топливный, Дрова для отопления, а также продукты переработки углей – Угольный концентрат, Кокс и Прочие виды твердого топлива. Нефть: Сырая нефть и газовый конденсат. Нефтепродукты: Мазут, Топливо дизельное, Печное бытовое топливо, Бензин автомобильный, Бензин авиационный, Керосин и Прочие нефтепродукты. Газ: Природный газ, Сжиженный газ и Газ искусственный. Электроэнергия: Атомная энергия, Гидроэнергия и Электроэнергия, производимая на тепловых электростанциях.Тепловая энергия.

[2] По видам экономической деятельности выделяются такие потребители, как: Сельское хозяйство. Рыболовство, рыбоводство. Добыча полезных ископаемых. Обрабатывающие производства (с выделением тех производств, которые развиты в данном регионе и характеризуются значительной энерго- и топливоемкостью). Производство и распределение газа и воды. Строительство. Транспорт. Связь. Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг. Прочие виды деятельности. Население. Потери. Запасы.

Таблица 3.1

Структура регионального топливно-энергетического баланса

Блок	Показатель	Твердое топливо	Нефть	Нефте-продукты	Газ	Гидро-энергия и НВЭИ	Электро-энергия	Тепло-энергия	Всего
Приходный	Производство первичных ТЭР/добыча								
	Ввоз ТЭР								
	Вывоз ТЭР								
	Изменение запасов								
Преобразования	Переработка топлива								
	Производство электроэнергии								
	Производство теплоэнергии								
	Потери								
	Собственные нужды энергетического сектора								
Конечного потребления	Сектор 1								
	….								
	....								
	Сектор N								

Формирование модели РТЭБ выполняется в прикладном пакете электронных таблиц EXCEL.

Структура модели РТЭБ включает в себя три блока:

1) приход топливно-энергетических ресурсов: собственное производство, поступление, отпуск другим организациям, изменение запасов;

2) трансформация и энергетический сектор: выработка электроэнергии на ГЭС, АЭС, ТЭС; производство тепла на ТЭС; производство тепла в котельных и на прочих установках; переработка угля; нефтепереработка; газопереработка; собственные нужды и потери при распределении;

3) конечное потребление по видам экономической деятельности.

Объемы заносятся в натуральных единицах измерения (тоннах, кубометрах, ГВт-ч и Гкал). На основе этих данных с использованием соответствующих тепловых эквивалентов для различных энергоносителей автоматически заполняется таблица РТЭБ такой же структуры строк и столбцов, измеренная в тоннах условного топлива.

В целом эффективность использования ТЭР в регионе определяется как отношение конечного потребления энергоресурсов к суммарному объему энергоресурсов, поступивших для внутреннего потребления.

Прогнозный топливно-энергетический баланс строится на основе отчетного баланса в той же или более агрегированной структуре показателей с учетом (обоснованием) величины отклонений и внесением корректив на прогнозный период. Все направления расхода топлива и энергии характеризуются однократным и безвозвратным потреблением. В направлениях расхода энергии отсутствует ее расход в качестве сырья и материала. На основе отчетного РТЭБ определяются абсолютные показатели объемов: собственное производство энергоресурсов, их поступление, отпуск другим организациям, изменение запасов; выработка электроэнергии на ГЭС, ТЭС; производство тепла на ТЭС; производство тепла в котельных и на прочих установках; переработка угля; собственные нужды и потери энергии при распределении, а также конечное потребление топлива и энергии по отраслям экономики. Кроме того, могут быть рассчитаны удельные характеристики расхода топлива на выработку электро- и теплоэнергии на тепловых станциях и котельных.

С использованием отчетных за 2002 г. РТЭБ Сибири были проанализированы условия обеспечения различных групп потребителей топливом и энергией, и выявлены экологические и экономических предпосылки повышения его эффективности за счет использования теплонасосной техники. Анализ показал, что за счет установки тепловых насосов можно сократить объем поступления органического топлива на нужды теплоэнергетики, и в первую очередь на низкоэффективные угольные и мазутные котельные. В среднем обеспечение конечного потребления тепловой энергии в 1 Гкал позволит отказаться от сжигания в объектах теплоэнергетики 266 кг у.т. органического топлива, что будет сопровождаться при современных системах очистки сокращением эмиссии вредных веществ в атмосферу объемом 5,2 кг выбросов. На основе анализа ресурсов низкопотенциального тепла в Сибирском федеральном округе была дана экспертная оценка потенциальных объемов высвобождения теплоэнергии на котельных за счет внедрения тепловых насосов в экономику регионов. Диапазоны возможного снижения производства теплоэнергии по выделенным группам котельных представлены в табл. 3.2, а сокращения объемов расхода топлива в результате этого – в табл. 3.3.

Для оценки коммерческой эффективности основных типов тепловых насосов, разработанных СО РАН для условий топливо- и энергообеспечения различных регионов Сибири, были взяты тепловые насосы с мощностями, уже достигнутыми в практике: абсорбционные бромистолитиевые, созданные в ООО «ОКБ Теплосибмаш», использующие в качестве греющей среды или топлива газ и пар, и парокомпрессионные, созданные в ЗАО «Энергия», работающие на электроэнергии или газе. Значения исходных параметров, принятые для расчетов, приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.2

Потенциальные объемы высвобождения теплоэнергии на котельных за счет установки тепловых насосов, тыс. Гкал

Субъект Федерации	Промышленные котельные		Районные котельные		Сельские котельные		Всего	
	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
Республика Алтай							**29,1**	**58,3**
Алтайский край	206,6	413,2	479,2	1597,2	96,2	288,6	**782,0**	**2299,0**
Кемеровская область	692,9	1385,9	908,2	3027,3	25,2	75,5	**1626,3**	**4488,6**
Новосибирская область	449,6	899,2	133,7	445,7	52,2	156,6	**635,5**	**1501,4**
Омская область	372,9	745,7	653,1	2177,0	67,3	201,8	**1093,2**	**3124,5**
Томская область	177,6	355,1	84,6	282,1	15,6	74,8	**277,8**	**712,0**
Республика Бурятия	204,7	409,5	27,3	90,8	2,0	9,6	**234,0**	**509,9**
Красноярский край	642,2	1284,4	654,1	2180,5	23,2	69,7	**1319,6**	**3534,6**
Иркутская область	468,1	936,2	372,7	1242,4	17,8	53,4	**858,6**	**2232,1**
Республика Хакасия							**134,7**	**269,5**
Читинская область	169,2	338,5	97,7	325,7	3,6	10,7	**270,5**	**674,9**
Республика Тыва							**5,5**	**11,0**

Таблица 3.3

Потенциальные объемы высвобождения топлива на котельных за счет установки тепловых насосов, тыс. т у.т.

Субъект Федерации	Промышленные котельные		Районные котельные		Сельские котельные		Всего	
	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
Республика Алтай							5,83	11,65
Алтайский край	41,32	82,65	95,83	319,44	19,24	57,72	156,39	459,80
Кемеровская область	138,59	277,17	181,64	605,45	5,04	15,11	325,26	897,73
Новосибирская область	89,92	179,84	26,74	89,13	10,44	31,31	127,10	300,28
Омская область	74,57	149,15	130,62	435,40	13,45	40,35	218,64	624,90
Томская область	35,51	71,02	16,92	56,42	3,12	14,97	55,55	142,41
Республика Бурятия	40,95	81,89	5,45	18,17	0,40	1,92	46,80	101,98
Красноярский край	128,44	256,89	130,83	436,09	4,64	13,93	263,92	706,91
Иркутская область	93,62	187,24	74,55	248,49	3,56	10,68	171,73	446,41
Республика Хакасия	–	–	–	–	–	–	26,95	53,90
Читинская область	33,85	67,69	19,54	65,14	0,71	2,14	54,10	134,97
Республика Тыва	–	–	–	–	–	–	1,10	2,20

Таблица 3.4

Технико-экономические показатели различных видов тепловых насосов

Технико-экономические показатели	АБТН на газе	АБТН на паре	ПКТН на э/э	ПКТН на газе
Годовой расход газа, тыс. $м^3$	1142,7			605
Годовой расход пара, Гкал		8242,4		
Годовой расход электроэнергии, тыс. кВт·ч			5070	
Коэффициент трансформации	1,48	1,65	4,47	4,01
Мощность теплонасоса, МВт	2	2	3	3
Выработка теплоэнергии в год, тыс. Гкал	13,6	13,6	19,5	19,5
Стоимость теплового насоса, тыс. руб.	3300	3300	10000	12000
Стоимость монтажа теплового насоса, тыс. руб.	660	660	2000	2400

Таблица 3.5

Показатели эффективности различных видов тепловых насосов

Показатель	АБТН на газе		АБТН на паре		ПКТН на э/э		ПКТН на газе	
	от	до	от	до	от	до	от	до
Чистый дисконтированный доход (ЧДД), тыс. руб.	11539,4	14412,2	7541,8	11337,2	911,8	2152,9	20039,9	22632,8
Индекс доходности (ИД)	3,53	4,64	2,66	3,86	1,08	1,18	2,21	2,57
Внутренняя норма доходности (ВНД), %	128	193	62	100	22	26	60	73
Дисконтированный срок возврата инвестиций, лет	1,94	1,63	3,34	2,34	8,98	7,87	3,45	2,94

Диапазоны значений общепринятых показателей коммерческой эффективности, полученные в результате расчетов для всех регионов СФО, которые отличались величиной тарифа на произведенную теплоэнергию и стоимостью использования пара, газа и электроэнергии, приведены в табл. 3.5. Из таблицы видно, что и для верхней и для нижней границ диапазонов по коммерческой эффективности типы тепловых насосв ранжируются следующим образом: 1. АБТН на газе. 2. АБТН на паре. 3. ПКТН на газе. 4. ПКТН на электроэнергии.

В табл. 3.6. представлены максимальные и минимальные значения мощности тепловых насосов, которые могут быть установлены по регионам СФО исходя из потенциальных объемов высвобождения теплоэнергии на котельных и числа часов использования мощности.

Таблица 3.6

Потребность в установке теплонасосов, МВт

Субъект Федерации	Уровень высвобождаемой теплоэнергии			
	мин.	макс.	мин.	макс.
Республика Алтай	5,2	10,4	4,5	9,0
Алтайский край	139,6	410,5	120,3	353,7
Кемеровская область	290,4	801,5	250,2	690,6
Новосибирская область	113,5	268,1	97,8	231,0
Омская область	195,2	557,9	168,2	480,7
Томская область	49,6	127,1	42,7	109,5
Республика Бурятия	41,8	91,1	36,0	78,4
Красноярский край	235,6	631,2	203,0	543,8
Иркутская область	153,3	398,6	132,1	343,4
Республика Хакасия	24,1	48,1	20,7	41,5
Читинская область	48,3	120,5	41,6	103,8
Республика Тыва	1,0	2,0	0,8	1,7
Время использования, часов	5600	5600	6500	6500

Модель оптимизации производства и потребления коксующихся углей. Модель является оптимизационной, производственно-транспортного типа, в статической постановке, с непрерывными переменными.

В модели МОДИКУС определяются рациональные объемы и структура добычи коксующихся углей по бассейнам и месторождениям страны, объемы поставок угля на коксохимические предприятия, выявляются рациональные структуры угольных шихт для коксования, определяется эффективность создания новых и функционирования действующих предприятий угольной промышленности при минимальных затратах. Модель позволяет, пусть и не в полной мере, учитывать коммерческий и общественный интересы при оценке эффективности создания новых предприятий.

В качестве пунктов добычи выступают крупные угольные объединения (акционерные общества) или бассейны. В основу формирования вариантов развития добычи по каждой группе предприятий были положены технически возможные уровни развития, образующие эти группы отдельных угледобывающих предприятий. Минимальный вариант определялся на уровне достигнутой добычи на действующих предприятиях с учетом выбытия шахт и карьеров вследствие отработки запасов, максимальный – на уровне полного освоения производственных мощностей действующих предприятий, строительства новых шахт и разрезов с учетом выбытия. Действующие предприятия обязательно входят в план (подлежат использованию).

В модели учитываются 5 типов марок угля, при этом внутри каждого типа возможна широкая взаимозаменяемость отдельных марок. В каждом бассейне выделялись группы предприятий, добывающих одну из групп 5 марок углей: спекающиеся угли марок Ж и ГЖ; газовые угли марок Г и ГЖО; коксовые угли марок К и КЖ; отощающие добавки марок КО и ОС; малоценные марки КС, КСН, СС, ТС. Отдельно выделялись группы предприятий, на которых добываются несколько групп марок угля.

Коксующийся уголь потребляется в виде обогащенного сырья. Но учет в виде отдельных объектов обогатительных фабрик приводит к значительному возрастанию размерности задачи. Поэтому принималось допущение о том, что обогатительные фабрики рассматриваются агрегированно с угледобывающими предприятиями.

Для того чтобы при прогнозировании добычи коксующихся углей на перспективу учесть не только количественную потребность в них, но и основные качественные показатели добываемых углей, для измерения добычи и потребности в угле использовалась условная единица (условная шихта), в которой отражались такие характеристики коксующихся углей, как выход концентрата при обогащении, содержание золы и серы. Оценка качества сырья позволяет более обоснованно определить эффективность развития добычи коксующихся углей, так как при этом учитывается потребительский эффект. С помощью коэффициентов перевода рядовых углей в условную шихту оценивалось влияние сырьевой базы коксохимической промышленности на качество кокса.

Более тщательно рассмотрены транспортные и технологические связи между потребителями и производителями угля. Такая детализация в полной мере позволяет также учесть сложившуюся институциональную структуру в отрасли.

Марочный состав шихты по коксохимическим предприятиям заранее не определялся. По каждому коксохимическому предприятию устанавливается нижний или верхний предел участия различных марок угля того или иного бассейна/предприятия в формировании шихты для получения кокса, в отличие от ранее решаемых задач, в которых для каждого коксохимического завода задается некоторое конечное множество вариантов шихт с зафиксированными составами, которые технологически допустимы. Кроме того, определяются нижние границы суммарного содержания однотипных качественных марок нескольких бассейнов. Такая форма определения марочного состава шихт предоставляет достаточную свободу выбора и в то же время не выводит шихту за рамки технологической допустимости.

В качестве пунктов отгрузки принимались железнодорожные станции, непосредственно примыкающие к предприятиям добычи, а пунктов потребления коксующихся углей – коксохимические и металлургические заводы и экспортные пункты (морские порты и сухопутные переходы). Всего, таким образом, при оптимизации рассматривались: 21 пункт отгрузки углей, 17 пунктов потребления.

Стоимостными показателями на действующих и вновь вводимых предприятиях являлись приведенные затраты, в которых учитываются эксплуатационные расходы на добычу и переработку угля и капитальные вложения в поддержание добычи или освоение новых мощностей.

Экономическая постановка задачи исходит из того, что принимались заданными:

- технически возможные объемы добычи по маркам и вариантам развития групп предприятий;
- технически возможные интервалы содержания марок углей в угольных шихтах по коксохимическим предприятиям;
- качественные характеристики рядового угля и коэффициенты выхода продуктов переработки;
- станции отгрузки угля в бассейнах, через которые осуществляется вывоз углей потребителям;
- экономические показатели добычи и переработки углей;
- объемы потребности в шихте по заводам для производства кокса;
- экономические показатели транспортировки угля от станции отгрузки до районов потребления.

В результате решения задачи должны быть определены:

- ♦ оптимальные объемы добычи и переработки углей по бассейнам и месторождениям;
- ♦ рациональные структуры шихты по заводам, увязанные с ресурсами углей для коксования по бассейнам и маркам;
- ♦ потребность в угольной шихте (концентрате) по бассейнам в марочном разрезе для производства кокса;
- ♦ схема распределения коксующихся углей по коксохимическим и металлургическим заводам.

Данная модель, как и любая оптимизационная модель, позволяет на основе полученных результатов проводить экономико-математический анализ решения с использованием двойственных оценок. Для определения эффективности включения в решение какого-либо способа используются объективно обусловленные (двойственные оценки), с их помощью можно определить, как меняются различные характеристики оптимального решения при изменении исходных данных задачи. Следует отметить, что использование статического подхода в данной задаче, хотя и упрощает экономико-математическую модель, однако при этом теряется возможность оценки эффективности капитальных вложений на каждом этапе планируемого периода (оценка эффективности производится только в последнем году планируемого периода) и варьирования сроков начала и окончания строительства и реконструкции предприятий. Решение этих вопросов в угольной промышленности

чрезвычайно важно, поскольку отрасль в целом является капиталоемкой, а сроки строительства и реконструкции угольных предприятий колеблются от 7 до 20 лет. Учет динамики показателей возможен путем разделения планируемого периода на отрезки времени и последовательного решения нескольких статических задач для каждого такого отрезка (так называемая полудинамическая постановка задачи), что не заменяет в полной мере динамической постановки.

По модели МОДИКУС в 2004–2005 гг. проводились расчеты по обоснованию рациональной структуры добычи и потребления коксующихся углей на перспективу до 2020 г. [Чурашев, Маркова, 2005; Маркова и др., 2006]. Расчеты по модели проводились по двум основным вариантам, в основу которых закладывались следующие предположения о марочной структуре потребления на прогнозируемый период: 1 вариант – сохранится сложившаяся структура; 2 вариант – возможно увеличение доли дешевых газовых марок.

В результате вариантных расчетов по оптимизационной модели верхнего уровня показано следующее:

- в блоке производства: для обеспечения стабильной работы и сырьевой безопасности российских металлургических предприятий на среднесрочный период необходимо не только наращивание мощностей действующих, но и ввод в эксплуатацию новых угледобывающих предприятий. Развитие сырьевой базы коксования России по особо ценным маркам углей сегодня не может ориентироваться только на хорошо освоенные месторождения. Резервная сырьевая база России находится в Южно-Якутском и Улугхемском (Республика Тыва) угольных бассейнах;
- в блоке транспортировки: в основном сохранится современная схема поставок углей в рамках вертикально-интегрированных холдингов, основной объем поставок от вновь введенных объектов Южной Якутии и Республики Тыва осуществляется на экспорт;
- в блоке потребления: в структуре шихт для коксования при увеличении доли газовых марок происходит вытеснение ими отощенных и слабоспекающихся марок (5-я группа марок). Доля газовых марок составит не менее 6–7%, а на ряде предприятий (на Орско-Халиловском, Магнитогорском и Московском предприятиях) увеличится до 13,5%, при этом происходит сокращение общей суммы затрат выделенной угольно-металлургической транспортной системы на 2,07 млрд руб. или на 5%.

Использование двойственного решения оптимизационных моделей. Полученные в результате решения по оптимизационным моделям отраслевого и регионального уровня двойственные оценки могут использоваться при оценке общественной эффективности энергетических инвести-

ционных проектов (освоения месторождений, строительства объектов энергогенерации и энергетической инфраструктуры, внедрения новых энергетических технологий и продуктов).

Согласно «Методическим рекомендациям по оценке инвестиционных проектов и отбору их для финансирования» [Методологические рекомендации…, 2000] при расчете показателей общественной эффективности в денежных потоках необходимо придерживаться следующих правил:

- использовать социальную (общественную) норму дисконта;
- отражать стоимостную оценку последствий осуществления данного проекта в других отраслях народного хозяйства, в социальной и экологической сфере;
- налоги, сборы, отчисления, субсидии, дотации и т.п. ни в составе затрат, ни в составе доходов не учитывать (поскольку они представляют собой средства, переходящие от одного участника проекта, например предприятия, к другому, например государству); аналогично не учитываются займы и платежи по ним;
- производимая продукция (работы, услуги) и затрачиваемые ресурсы должны оцениваться в специальных «экономических», или «теневых», ценах, в которых отражается стоимостная оценка последствий осуществления данного проекта в других отраслях народного хозяйства, в социальной и экологической сфере.

В настоящее время не существует специальных нормативных документов, позволяющих определить «теневые» цены. Разработчики «Методических рекомендаций…» предлагают производить расчет общественной эффективности следующим образом: продукция, предназначенная для экспорта, оценивается по реальной цене продажи «на границе» (т.е. без учета таможенных сборов, акцизов и расходов на доставку зарубежному потребителю), товары, предназначенные к реализации на внутреннем рынке, оцениваются на основе рыночных цен.

Из теории оптимального отраслевого планирования известно, что оценки оптимального плана имеют ту же экономическую природу, что и коэффициенты целевой функции, а их величины определяются постановкой и всей совокупностью факторов и условий задачи. Поэтому использование объективно-обусловленных оценок ограниченных ресурсов, оценок продукции и прокатных оценок производственных мощностей в качестве «теневых цен» может существенно повысить обоснованность расчета показателей общественной эффективности энергетических инвестиционных проектов.

Двойственные оценки, полученные в результате решения, могут служить мерой, позволяющей определить эффективность включения в решение какого-либо способа – добычи, потребления, технологии. С их помощью можно определить, как меняются различные характеристики оптимального решения при изменении исходных данных задачи. При решении

данной задачи полученные оценки могут служить характеристиками цены, учитывающими в совокупности влияние всех заданных ограничений системы. Анализируя полученные характеристики, можно определить рациональное соотношение стоимости способов добычи и использования.

На основе двойственных оценок, финансово-экономических показателей, косвенных эффектов от реализации проекта (социального, инфраструктурного, прочих) определяются перспективные энергетические проекты, для которых проводится в дальнейшем расчет показателей коммерческой эффективности.

Дополняющий блок экономических, экологических и ресурсных показателей и блок расчета эффективности отдельных инвестиционных проектов. Энергетическая модель России, Модель развития ТЭК региона, МОДИКУС могут дополняться блоком расчета экономических, экологических и ресурсных показателей для полученных решений. Данный блок позволяет проводить неформальное согласование информационных потоков между моделями различного уровня.

Формирование стратегии развития топливно-энергетического комплекса региона – сложная многовариантная задача. Во-первых, возможности развития и увеличения продукции комплекса обуславливаются его сырьевой базой, т.е. состоянием запасов и прогнозных ресурсов. Во-вторых, развитие ТЭК, а вместе с ним и всей экономики региона определяется спросом и ценами на его продукцию на внутреннем и внешнем рынках. В-третьих, функционирование крупного отраслевого комплекса обеспечивает значительные налоговые поступления в региональный бюджет, которые зачастую сопоставимы с совокупными поступлениями от всех прочих видов деятельности в регионе.

Полученные результаты расчетов по вышеперечисленным моделям (служат информационной базой для имитационной модели, позволяющей получать динамику основных финансово-экономических показателей (капитальные вложения, себестоимость добычи и обогащения, амортизационные и налоговые отчисления, выручку от реализации и прибыль) как по отдельным угледобывающим месторождениям, так и по компаниям или предприятиям, инфраструктурным и энергетическим проектам.

В качестве примера рассмотрим наполнение данными блока финансово-экономической оценки вариантов развития регионального угольного комплекса. Данная структура взаимосвязанных таблиц (табл. 3.7), позволяет, исходя из прогнозируемых общих объемов добычи угля, определять важнейшие производственные, экономические и финансовые показатели развития угольного комплекса на любой год прогнозируемого периода. В ней выделяется три системно упорядоченных и взаимосвязанных группы блоков: производственный, блок инфраструктурного обеспечения функционирования, блок финансово-экономических показателей.

Таблица 3.7

Дополняющий блок расчетов финансово-экономических показателей (на примере угольных бассейнов)

Показатель	Всего	Год			
		1-й	2-й	…	n
Блок производства					
Действующие предприятия					
Подземная добыча, млн т					
Открытая добыча, млн т					
Новые предприятия					
Объемы выпуска концентрата, млн т					
Блок реализации продукции					
Поставка товарной продукции, млн т (экспорт и внутренние поставки)					
Реализация продукции, млн руб (экспорт и внутренние поставки)					
Финансово-экономические показатели					
Текущие издержки					
Добыча					
Обогащение					
В том числе амортизационные отчисления					
Транспорт					
Налоги и платежи					
Налоги на добычу и прочие платежи					
На имущество					
Налогооблагаемая прибыль					
Налог на прибыль					
Чистая прибыль					
Инвестиционный блок					
Капитальные затраты					
На поддержание добычи					
Новые предприятия					
Затраты на инфраструктуру					
Блок регионального бюджета					
Налоговые поступления и платежи в региональный бюджет					

В *производственном блоке* формируется прогнозная динамика добычи и переработки угля на месторождении в соответствии с заданным режимом разработки. Блок, описывающий производственную структуру угольного комплекса, может быть добавлен в блок, который обеспечивает его функционирование – *блок инфраструктурного обеспечения*. Блок финансово-экономических показателей рассчитывает интегральные показатели хозяйственной деятельности (капитальные вложения, выручка от реализации продукции, валовая прибыль и чистая прибыль, текущие издержки – амортизация и заработная плата) в динамике, а также воспроизводит схему налогообложения и порядок разделения налоговых платежей между бюджетами.

Наряду с расчетным блоком финансовых, экономических показателей для отдельных способов добычи и потребления энергоресурсов, учитываемых в моделях верхнего уровня, возможно проведение оценки эффективности инвестиционного проекта. В качестве объекта моделирования нижнего уровня могут рассматриваться инвестиционные проекты различного масштаба, способа производства энергоресурсов, разной силы влияния на развитие региона. Это могут быть как отдельные инвестиционные проекты угольных месторождений, так и угольно-инфраструктурные проекты, проекты внедрения новых энерготехнологий и т.д. Данные типы проектов могут различаться соответственно и эффективностью.

Эффективность инвестиционного проекта – категория, отражающая соответствие проекта целям и интересам его участников. В упоминавшихся выше методических рекомендациях отмечено, что «…показатели эффективности всегда относят к некоторому субъекту» [Методические рекомендации…, 2000]. Поэтому в зависимости от того, у кого она выразилась, выделяют:

- эффективность проекта в целом (общественная эффективность, коммерческая эффективность);
- эффективность участия в проекте;
- эффективность для структур более высокого уровня (отрасли, региона, общества в целом).

Традиционно эффективность инвестиций характеризуется системой экономических показателей, отражающих соотношение затрат и результатов. В качестве таких общепринятых показателей эффективности выступают: чистый дисконтированный доход (ЧДД), внутренняя норма доходности (ВНД), индекс доходности (ИД), срок окупаемости (Т), простой и дисконтированный. Методика расчета этих показателей общеизвестна, в последнее время она стала стандартной при финансово-экономическом анализе, поэтому специально на ней останавливаться не будем.

Нами используется динамическая имитационная модель финансово-экономической оценки проекта, которая разработана в соответствии с требованиями «Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования» в среде электронных

таблиц MS Excel [Чурашев, Маркова, 2005]. Расчет денежного потока (cash flow) инвестиционного проекта ведется с помощью модели, учитывающей специфику отрасли, самого проекта, региона реализации проекта, рынков сбыта продукции и других особенностей реализации проекта. В модели формируются унифицированные группы таблиц для расчета денежных потоков (притоки и оттоки денежных средств по операционной, инвестиционной и финансовой деятельности предприятия), финансовых результатов, показателей эффективности. Особенностью примененной модели является ее модульный характер и широкие функциональные возможности для оперативной настройки на различные форматы исходной информации.

Для оценки эффективности проекта следует ориентироваться не только на стандартный набор показателей эффективности, с которыми обычно связывают коммерческую эффективность проекта, но и рассчитывать некоторые дополнительные показатели эффективности проекта. В нашей практике используются такие показатели, как увеличение выпуска валового регионального продукта, увеличение доходности и уменьшение дотационности регионального бюджета и повышение уровня занятости населения в результате реализации проекта. Для каждого из регионов размер создаваемой проектами добавленной стоимости можно оценить исходя из следующих составляющих: чистой прибыли, амортизации и фонда заработной платы.

Для проектов можно оценить и их эффективность для региона в целом через отношение создаваемой при реализации проекта добавленной стоимости к ВРП региона. Этот критерий подчеркивает вклад проекта в прирост региональных ресурсов, которые могут быть направлены на конечное потребление и накопление.

При проектировании крупного отраслевого комплекса в регионе необходимо принимать во внимание один из ключевых принципов составления подобного проекта – сценарный подход. Меняя такие параметры, как объемы и ассортимент продукции, размер и динамика капитальных вложений, уровень цен и тарифов и др., можно генерировать различные сценарии и производить их сопоставление.

Данный подход предоставляет исследователю следующие возможности:

– оценки последствий различных сценариев;
– моделирования показателей, по которым отсутствует ретроспективная информация или ее недостаточно;
– проведения многократных модельных экспериментов, позволяющих собрать статистику о будущем поведении системы.

Информационный обмен между моделями. *Модель отраслевого уровня* (ЭМР) информационно целесообразно увязывать с *моделью народнохозяйственного уровня ОМММ-ТЭК* для формирования ограничений по величинам потребления топлива и энергии и лимиту расхода народнохозяйственных ресурсов.

Для обмена информацией между моделями разработаны переходные блоки, в которых объемы производства и потребления энергетической продукции, получаемые из модели *ОММ-ТЭК*, дезагрегируются по энергетическим объектам, районам размещения и видам энергетической продукции. С другой стороны, в переходных блоках с использованием детализированной информации, полученной в результате расчетов по *ЭМР*, формируются натуральные и стоимостные показатели агрегированных региональных способов производства и потребления топлива, электро- и теплоэнергии для модели ОММ-ТЭК [Моделирование…, 1992].

Результаты решения по *модели отраслевого уровня* частично могут напрямую передаваться в *модель развития ТЭК региона*, а по остальной части необходимо их преобразование в переходном блоке до уровня детализации, достаточного для отражения региональных условий производства и потребления топлива и энергии.

3.3. ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Проблемы предотвращения эколого-экономического ущерба в угольной энергетике. Из всех технологических процессов в энергетике, наиболее загрязняющей природную среду, признана угольная энергетика. В связи с переходом с 2014 г. регулирования природоохранной деятельности на принцип НДТ (наилучших доступных технологий) [Соловьянов, 2011] особенно острой становится проблема предотвращения эколого-экономического ущерба в угольной энергетике. Принцип нормирования воздействий на окружающую среду на основе НДТ был впервые введен директивой Евросоюза от 24.09.1996 г. «О комплексном предотвращении и контроле загрязнения».

В проекте Федерального закона 2008 г. «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации (в части совершенствования системы нормирования в области охраны окружающей среды и введения мер экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения наилучших технологий)» дается следующее определение НДТ: это «совокупность применяемых для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг на объектах, оказывающих воздействие на окружающую среду, технологических процессов, оборудования, технических методов, способов, приемов и средств, основанных на современных достижениях науки и техники, обладающих наилучшим сочетанием показателей достижения целей охраны окружающей среды и экономической целесообразности, при условии технической возможности их применения». Характеристика и эколого-экономическая оценка технологий

глубокой переработки угля, которые являются наилучшими доступными технологиями по сокращению удельного эколого-экономического ущерба (руб./т у.т. угля), содержится в монографии [Эколого-экономическая эффективность…, 2000].

Исследование проблемы сокращения стоимостного эколого-экономического ущерба от угольной энергетики при замене действующих технологий на НДТ по сценариям ее развития потребовало решения следующих задач.

1. Расчет с помощью стоимостного топливно-энергетического баланса (СТЭБ) РФ ущерба природной среде при существующих технологиях в угольной энергетике.

2. Перенос полученных данных по ущербам на объемы добычи и переработки угля, заложенные в сценарии развития энергетики.

3. Определение величины сокращения стоимостного ущерба в результате применения НДТ на прогнозируемые объемы добычи угля и сроков.

4. Сравнение рассчитанного сокращения ущерба с существующими и планируемыми объемами инвестиций в природоохранную инфраструктуру угольной энергетики для выявления эффекта применения НДТ в стоимостном выражении.

Наибольшую методическую трудность представляет решение первых трех задач, которые в такой постановке никогда не рассматривались. Основными посылами для постановки задач стали:

- наличие пока единственного стоимостного топливно-энергетического баланса РФ 1998 г., где впервые отраслевая балансировка добычи и использования угля по отраслям экономики представлена в стоимостном выражении [Борисова и др., 2002];
- разработка отраслевых стоимостных коэффициентов ущерба, имеющих размерность «рубль ущерба / рубль продукции отрасли» [Рюмина, 2009].

Наиболее адекватной системой эколого-экономических индикаторов состояния природной среды в промышленно развитых регионах является система эколого-экономического учета, предложенная Статистическим отделом ООН. Из целого ряда показателей, разработанных в ней для целей учета природного фактора в развитии региональной экономики, базовыми являются показатели экологически отрегулированных валового и чистого регионального продукта, скорректированных на качественное и количественное истощение запаса природных ресурсов, а для чистого – еще и на истощение основного капитала.

Для стоимостной оценки качественного истощения ассимиляционного потенциала представляется наиболее целесообразным использовать размер ущерба, наносимого экономике в результате загрязнения окружающей

среды. В основу расчета стоимости ущерба в каждом из субъектов РФ может быть положена Временная типовая методика 1986 г., как это сделано в работах Рюминой Е.В. [Рюмина, 2009], или Методика определения предотвращенного экологического ущерба 1999 г. [Методика…, 1999], как это сделано в наших работах по угольной отрасли [Журавель и др., 2002; Журавель, Котенев, 2003]. Недостаток обеих методик, заключающийся в линейном характере зависимости величины ущерба от объема вредного воздействия, в значительной мере устраним с помощью нормативных материалов методики Сумского филиала Харьковского политехнического института по определению народнохозяйственного ущерба от вредных выбросов в энергетике [Методы…, 1981].

Схема ситуационного анализа и экономико-математический инструментарий по системной оценке эффективности НДТ. Исходя из имеющихся возможностей информационного и вычислительного обеспечения исследований, предлагается следующая логика проведения оценки эффективности НДТ (энерготехнологий):

1. На основе анализа прогнозов по перспективам развития производительных сил страны для рассматриваемого района определяются потребности общества в энергоресурсах, возможности их удовлетворения на основе традиционных технологий производства и использования топлива, наносимый от этих технологий эколого-экономический ущерб природной среде.
2. Анализируется экологическая обстановка в рассматриваемом районе.
3. Выявляется полный список новых энерготехнологий, которые могут быть освоены в рассматриваемый период. Для них прогнозируются технико-экономические показатели, и проводится экологическая оценка с позиций сокращения вредных выбросов и эколого-экономического ущерба.
4. Проводится предварительная укрупненная оценка эффективности энерготехнологий, что позволяет отсечь заведомо неэффективные проекты.
5. Для перспективных технологий по результатам оптимизации баланса котельно-печного топлива, исходя из показателей эффективности энерготехнологий, полученных на предыдущем этапе оценки, определяются наборы приоритетных энерготехнологий в зависимости от вероятных сценариев изменения исходных данных (динамики спроса и цен на топливо, инфляции и т.д.), и оценивается потенциальный эффект от замены традиционных технологий НДТ. По результатам таких расчетов, исходя из общесистемных интересов, могут быть выделены и проранжированы группы технологий, например: осваиваемые при всех рассматриваемых сценариях; целесообразные к освоению в большинстве сценариев; вошедшие в решение оптимизационной задачи в меньшей части проведенных расчетов.
6. Далее для отобранных энерготехнологий проводится оценка коммерческой эколого-экономической эффективности инвестиционных проектов и внутригрупповое их ранжирование между собой по рассчитанным

для каждого проекта критериям – экологизированным Чистому дисконтированному доходу и Внутренней норме доходности. Понятие «экологизированный» означает, что рассчитанный предотвращенный ущерб плюсуется к результатам проекта, а возможный ущерб от НДТ относится к затратам по проекту, т.е. вычитается из доходов. При этом ставка сравнения для дисконтирования корректируется с учетом экологического фактора.

7. На основе СТЭБ-98 проводится оценка сокращения эколого-экономического ущерба в стоимостном виде, которое рассматривается как эквивалент источника финансирования для внедрения НДТ. В совокупности с результатами финансового анализа выдаются рекомендации о выборе наиболее эффективных проектов освоения энерготехнологий для приоритетного финансирования.

Рис. 3.1. Схема проведения расчетов по системной оценке эффективности энерготехнологий

Схема расчетов по эколого-экономической оценке эффективности новых энергетических технологий для комплексной переработки углей приведена на рис. 3.1. В системных расчетах по эколого-экономической оценке могут быть задействованы:

– блок прямых расчетов экономического ущерба от вредных выбросов;
– оптимизационная модель баланса котельно-печного топлива страны;

– имитационные финансово-экономические модели оценки коммерческой эффективности инвестиционных проектов;
– модели-генераторы технологий;
– блок расчетов по СТЭБ;
– блок расчетов по эффекту от использования механизмов Киотского протокола.

Инструментарий расчетов по предпоследнему блоку на примере расчета предотвращенного эколого-экономического ущерба на основе СТЭБ-98 для сценариев Энергетической стратегии России до 2030 г. рассмотрен в работе [Журавель, Накорякова, 2010]. По последнему блоку инструментарий приводится в работе [Журавель, Меркульев, 2006] на примере расчета эффективности от проектов совместного осуществления и торговли квотами на выбросы при реализации технологий предварительно дегазации угольных пластов. По другим блокам инструментарий детально описан в монографии [Эколого-экономическая эффективность…, 2000].

3.4. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОРПОРАЦИЙ И ОРГАНОВ ВЛАСТИ РАЗНОГО УРОВНЯ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕВЫХ СИСТЕМ ТЭК

Оптимизационные модели являются эффективным инструментом системных исследований развития топливно-энергетического комплекса России на среднесрочную перспективу (до 2030 г.). Благодаря информационному обеспечению (актуализируемым базам данных по экономике, отраслям ТЭК, энергетическим балансам и рынкам), а также высокой гибкости и оперативности моделей и различных режимов использования под конкретные задачи комплекс моделей позволяет решать широкий спектр задач стратегического планирования и управления в энергетике на государственном и на корпоративном уровнях. Однако сокращение прямого государственного регулирования топливно-энергетического комплекса в условиях его постепенного перехода к конкурентной структуре производства и последовательное усиление роли частных собственников приводят к существенному изменению самой среды принятия и реализации управленческих решений в топливно-энергетическом комплексе. За последние десятилетия существенно поменялась как структура управления отраслевыми системами ТЭК, так и собственно их корпоративная структура.

Анализ особенностей формирования и развития топливно-энергетического комплекса в России позволяет сделать вывод об особом положении крупных корпораций в виде вертикально-интегрированных холдингов не только в самом ТЭК, но и во всей системе взаимоотношений бизнеса и госу-

дарства. Этому способствуют: центральное место ТЭК в системе экономики страны, стратегическая роль в реализации крупнейших государственных экономических, социальных, геополитических проектов. Благодаря своему влиянию на экономическое развитие страны компании топливно-энергетического комплекса осуществляют постоянное взаимодействие с органами государственной власти и в ряде случаев представляют не только свои интересы, но и интересы всего российского бизнес-сообщества в целом.

На современном этапе построение прогнозов развития отраслей ТЭК и формирование балансов топливно-энергетических ресурсов требуют согласования экономических интересов всех хозяйствующих субъектов (корпораций, регионов, федерального уровня) для достижения их целевых показателей. Рыночные отношения по-новому ставят проблему критериев оптимальности принимаемых решений. Плановая экономика использовала только критерий народнохозяйственной эффективности. Он сохраняется и в новых условиях для решения общенациональных задач (например: Энергетической стратегии России, стратегий региона и т.п.).

В то же время отрасль как объект управления исчезла из современной практики. В период до 1990-х годов для каждой из отраслевых систем ТЭК существовало собственное министерство. В настоящее время в энергетике существует несколько организационных структур наряду с Минэнерго, которые формируют векторы развития на перспективу. В электроэнергетике есть Агентство по прогнозированию электробалансов, Совет рынка, Российское энергетическое агентство, но в условиях рынка ни одно из этих ведомств соответственно не управляет энергетикой напрямую. В отличие от электроэнергетики в угольной отрасли вообще отсутствует какой-либо федеральный орган управления. Департамент угольной отрасли в Минэнерго, как и Росуголь, в большей степени заняты статистической обработкой информации.

Частные компании строят свои стратегии не на основе директивных постановлений и распоряжений, а исходя из принципа экономической целесообразности, и опираются не столько на натуральные, сколько на стоимостные показатели прогнозов. Формируемая на основе долгосрочных интересов бизнеса корпоративная политика определяется критериями коммерческой эффективности и направлена на локальную оптимизацию финансовых результатов в масштабах отдельных корпораций и проектов. Доминирование интересов бизнеса при определении приоритетов долгосрочного развития топливно-энергетического комплекса может привести к конфликту с задачами государственной энергетической политики, целью которой вне зависимости от формы собственности и управления в отрасли является обеспечение энергетических потребностей государства и общества. Крупные энергетические компании, несмотря на наличие достаточных инвестиционных ресурсов, не спешат реализовать конкретные проекты, за-

явленные в разных стратегических документах. Одной из причин такого замедления реализации инвестиционных программ является неопределенность перспективного спроса.

Учитывая особенности топливно-энергетического комплекса (производство общественно значимых товаров, технологическая монополия в энергосетевом и газовом хозяйстве, инерционность инвестиционных проектов), от которых зависит энергетическая безопасность страны, следует признать недопустимость полной передачи на откуп рынку вопросов регулирования топливно-энергетического комплекса.

Следует также отметить, что с разрушением системы централизованного планирования исчезло большинство необходимых для составления перспективного плана источников информации. Резко сократилось количество форм отраслевой отчетности, на основе которых производилось формирование региональных и страновых балансов топлива, прекратился сбор информации о марочных поставках угля по направлениям. Ряд компаний, ссылаясь на коммерческую тайну, предоставляют отчетность в агрегированном виде. Эти обстоятельства часто затрудняют построение прогнозов и проведение оценки эффективности проектов отдельных хозяйствующих субъектов ТЭК.

Обоснование перспектив развития энергетики требует согласованного прогнозирования развития производственно-экономических систем на разных уровнях (страны, регионов, отраслевых систем ТЭК с их региональными подсистемами и компаниями). Проведение сценарных расчетов может стать одним из способов учета различных типов взаимодействий корпоративных и государственных интересов. Конкретизация каждого из сценариев развития экономики и энергетики в отраслевом и региональном разрезах дает информацию для расчетов энергопотребления (с учетом потенциала и эффективности мер энергосбережения) в разрезе основных энергоносителей и топлива и позволяет формировать варианты ТЭБ страны и регионов, которые увязывают перспективный спрос на энергоресурсы с возможностями внутреннего производства.

Подготовка ряда вариантов производственных и инвестиционных программ энергетических отраслей и крупных компаний позволяет в широком диапазоне проводить сопоставление с прогнозной динамикой макроэкономических показателей и прогнозами развития смежных неэнергетических секторов экономики. В описанных в предыдущих разделах оптимизационных моделях могут быть отражены требования стратегий и концепций различных участников рынка топлива или энергии. Это достигается путем разбиения и детализации на компоненты основных требований каждой концепции и структуры рынка топлива.

Возникает задача такой настройки целевого критерия, чтобы задаваемые сверху решения, оптимальные с позиции народнохозяйственной экономической эффективности, учитывали и эффективность проектов для

компаний. Она решается определением уровней цен и налогов в отраслях ТЭК. Для удовлетворения интересов всех участников стоит придерживаться итеративной тактики взаимных уступок. Важно согласование параметров государственной инвестиционной, ценовой, налоговой и экспортной политики в энергетике с динамикой развития отраслей ТЭК, возможностями государственного бюджета, отраслей-энергопотребителей и населения.

Полученные в результате расчетов прогнозные количественные параметры развития отраслевых систем ТЭК являются ориентировочными и подлежат уточнению в процессе реализации проектов ТЭК. Это достигается регулярным пересмотром и коррекцией исходной информации и задаваемых границ параметров модели.

Наряду с вертикальными (межуровневыми) взаимодействиями при прогнозировании необходимо учитывать сильные горизонтальные связи. Учет кооперации нескольких компаний в разработке отдельного месторождения позволяет снизить инвестиционную нагрузку, связанную с инфраструктурным обеспечением проектов.

Одним из вариантов учета интересов нескольких участников рынка может стать разработка отраслевого плана. Бизнес и власть заинтересованы (по крайней мере, на словах) в росте эффективности работы ТЭК, и одним из путей является объединение усилий в рамках ежегодных соглашений о социально-экономическом сотрудничестве. Но такая форма взаимодействия, эффективная для решения локальных задач, не всегда достаточна при разработке стратегии развития комплекса на отраслевом уровне. Это взаимодействие необходимо вывести на новый уровень за счет практики разработки и применения отраслевого контракта, который фактически будет реализовывать форму частно-государственного партнерства. Взаимные обязательства и претензии друг к другу по поводу возможного их невыполнения приобретают совершенно конкретный характер. Сторонами отраслевого контракта могут являться Правительство РФ (в лице Минэнерго России) и производители ТЭР [Плакиткин, 2009]. Главной частью отраслевого контракта должен стать индикативный пятилетний план, утвержденный сторонами. Его реализация станет логическим развитием отраслевой системы прогнозных документов, в которой на начальном этапе формировались бы списки инновационных технологий, а затем они включались бы в «энергостратегии», в рамках которых фиксируются параметры развития отрасли на 20 лет.

В электроэнергетической отрасли для обеспечения целостности системы прогнозов уже сейчас реализуется иерархическая схема документов: «Энергетическая стратегия России» – «Генеральная схема размещении объектов электроэнергетики» – «Схемы и программы энергоснабжения региона» – «Корпоративные программы генерирующих компаний».

В данной системе документ более низкого уровня является одновременно и основой для разработки документа более высокого уровня и объектом управления со стороны последнего. Так, в Генеральной схеме, с одной стороны, магистральные направления развития отрасли детализируются с разработкой конкретных мероприятий и их количественных параметров, а также с указанием конкретных участников процесса реализации положений энергостратегии. С другой стороны, в Генеральной схеме учитываются перспективные планы генерирующих компаний и определяется их соответствие стратегическим направлениям государственной энергетической политики. На отраслевом уровне обеспечивается согласование параметров производственных и инвестиционных программ с условиями финансовой устойчивости отрасли и крупнейших энергетических компаний через отраслевые и корпоративные финансовые балансы. В результате оценивается возможность реализации долгосрочных инвестиционных программ хозяйствующими субъектами за счет собственных и привлеченных ресурсов, роста их капитализации, а также эффективность и масштабы изменений в ценовой, налоговой, кредитной политике государства.

К сожалению, в угольной отрасли нет такой иерархии программных документов. «Энергетическая стратегия России» одновременно и задает и опирается на «Долгосрочную программу развития угольной промышленности». Отсутствует важнейшая стадия – «Генеральные схемы развития угольных бассейнов», которые раньше решали проблемы координации геологоразведочных, проектных, строительных и эксплуатационных работ, а также развития инфраструктуры.

При разработке прогнозов развития отраслевых подсистем ТЭК необходим возврат к системному подходу. Отдельный отраслевой, ведомственный или корпоративный взгляд не сможет дать полной картины развития ТЭК.

ЛИТЕРАТУРА

Байдаков В.И., Байдакова Е.В., Журавель Н.М., Чернова Г.В., Чурашев В.Н. Системная оценка эффективности научно-технических разработок программы «Энергосбережение СО РАН» // Исследования и разработки Сибирского отделения Российской академии наук в области энергоэффективных технологий (Интеграционные проекты; вып. 20) / отв. ред. С.В. Алексеенко; Ин-т теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – С. 354–365.

Борисова И.Н., Воронина С.А., Кретинина Ю.С., Некрасов А.С. Стоимостная оценка энергетического баланса России // Проблемы прогнозирования. – 2002. – № 4. – С. 65–74.

Журавель Н.М., Клем-Мусатова И.К., Чурашев В.Н. Оценка влияния угольной промышленности Сибири и Дальнего Востока на окружающую среду // Регион: экономика и социология. – 2002. – № 4. – С. 88–102.

Журавель Н.М., Котенев И.А. Прогноз экономического ущерба от разработки угольных месторождений восточных районов России // Регион: экономика и социология. – 2003. – № 3. – С. 76–97.

Журавель Н.М., Меркульев А.В. Оценки эколого-экономических последствий изменения топливного баланса Сибири // Регион: экономика и социология. – 2006. – № 4. – С. 159–170.

Журавель Н.М., Накорякова В.К. Эколого-экономические последствия доминирования угля в энергетике Сибири // Регион: экономика и социология. – 2010. – № 4. – С. 275–292.

Маркова В.М., Соян М.К., Чурашев В.Н. Стратегические угольные проекты Сибири: потенциал реализации и региональный эффект // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Социально-экономические науки. – 2006. – Т. 6. – Вып. 2. – С. 13–21.

Методика определения предотвращенного экологического ущерба / Госкомитет по охране окружающей среды. – М.: Экономика, 1999. – 71 с.

Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: методический материал. – М.: Экономика, 2000. – 421 с.

Методология и практика построения и использования региональных топливно-энергетических балансов. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2010.

Методы определения эффективности мероприятий по сокращению вредных выбросов в энергетике // Повышение эффективности и оптимизация теплоэнергетических установок. – Саратов: Наука, 1981. – С. 57–64.

Моделирование взаимодействия многоотраслевых комплексов в системе народного хозяйства / отв. ред. Б.Б. Розин. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1992.

Оптимизационные межрегиональные межотраслевые модели / отв. ред. А.Г. Гранберг, И.С. Матлин. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1989.

Оптимизация развития и размещения угледобывающей промышленности. – Новосибирск: Наука, 1975. – 132 с.

Перспективное отраслевое планирование: экономико-математические методы и модели / отв. ред. А.Г. Аганбегян. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1986.

Плакиткин Ю. Мировой финансовый кризис: проблемы технологического развития, закономерности в энергетике // Энергетические стратегии. – 2009. – № 8. – С. 30–43.

Рюмина Е.В. Экономический анализ ущерба от экологических нарушений. – М.: Наука, 2009. – 331 с.

Соловьянов А.А. Переход на наилучшие доступные технологии // Экология производства. – 2011. – № 2. – С. 76–83.

Транспорт и экономический рост России и государств Содружества. Россия в условиях становления единой транспортной системы Евроазиатского континента. Федеральные округа в системе МТК (с детализацией СЗФО): Аналитич. докл. на С-Петербургский экон. форум, 2005 / ИЭОПП СО РАН, Евроазиатский транспортный союз. – М. – Новосибирск, 2005. – 137 с.

Чурашев В.Н., Дубровский В.А., Зубова М.В. Оценка рыночного потенциала технологии термической подготовки канско-ачинских углей на современных ТЭС // Энергосистемы, электростанции и их агрегаты: сб. науч. тр. / под ред. В.Е. Накорякова. – Новосибирск: НГТУ, 2005. – Вып. 9. – С. 73–80.

Чурашев В.Н., Маркова В.М. Экономическая оценка стратегии развития крупного угольного района на примере Эльгинского каменноугольного месторождения в Республике Саха (Якутия) // Прогнозирование перспектив развития промышленности в регионах России: сб. науч. тр. / под ред. М.А. Ягольницера, В.М. Соколова. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2005. – С. 115–133.

Эколого-экономическая эффективность плазменных технологий переработки твердых топлив. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. – 159 с.

Экономико-математические методы в планировании многоотраслевых комплексов и отраслей. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1988. – 413 с.

Глава 4
СОНАР-ЛПК: СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

4.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОММ В АНАЛИЗЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Построение детализированной ОММ-лес. В настоящее время решается сложная задача реструктуризации лесного комплекса, создания современной, высокотехнологичной (инновационной) и конкурентоспособной природо-эксплуатирующей отрасли, которая была бы ориентирована на производство и экспорт готовой продукции с высокой долей добавленной стоимости. Важно, чтобы стратегия развития лесного комплекса была частью общей стратегии социально-экономического развития страны на долгосрочную перспективу. Комплексный подход с позиций как страны, так и регионов для решения такой задачи требует адекватной методологии. Количественное прогнозирование подразумевает оценку взаимодействия всех подсистем в период коренной перестройки. В этой связи следует отметить, что не всегда достаточно использование эконометрических методов, требуется согласованная оценка всех ресурсов. Использование межрайонного и межотраслевого инструментария позволит решать следующие задачи:

- оценить влияние изменения структуры лесопромышленного производства на макропоказатели развития экономики страны и, как следствие, на эффективность лесного экспорта, особенно в связи с введением новых таможенных пошлин;
- оценить возможность и последствия реализации крупных приоритетных инвестиционных лесных проектов с позиций межрегиональных и межотраслевых взаимодействий, а также влияние развития транспортной инфраструктуры на возможности расширения ресурсной базы лесной отрасли.

В настоящее время уже накоплен определенный опыт по использованию ОММ со встроенным отраслевым блоком при анализе проблем отраслевой оптимизации [Машкина, 2008; Блам, 2007]. Он связан с разработкой и реализацией оптимизационной межотраслевой межрегиональной модели со встроенным блоком лесного комплекса. Лесной комплекс представляет собой крупное подразделение народного хозяйства, специализирующееся на охране, учете и выращивании лесов, заготовке, переработке и использовании древесного и другого сырья.

В исходной базовой ОММ номенклатура отраслей лесного комплекса согласована с агрегатами, которые представлены в статистической отчетности, и в реализуемом варианте рассматриваются две подотрасли: 1) «лесная и деревообрабатывающая промышленность»; 2) «целлюлозно-бумажная промышленность».

При детализации номенклатуры отраслей (построении детализированной модели) мы исходили из необходимости такого представления набора, который позволял бы рассматривать и внешнеэкономические связи лесного комплекса. Однако даже в рамках детализированной модели невозможно детально описать ситуацию с экспортом круглого леса (ввиду большого количества разнородных сортиментов), но по другим отраслям на основе модели можно попытаться дать народнохозяйственную оценку эффективности экспорта/импорта отдельных массовых видов лесопродукции.

Практическая реализация оптимизационной межотраслевой межрегиональной модели (ОМММ) с детализированным представлением отраслей лесного комплекса осуществлялась на основе адаптации работающего модельно-программного комплекса базовой ОМММ [Ибрагимов, 2008; Гранберг и др., 2011; Ершов и др., 2007].

Из отрасли «сельское и лесное хозяйство» выделяется отрасль «лесное хозяйство».

Вместо отрасли «продукция лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности» было формально выделено 5 лесных подотраслей:

1) «лесозаготовительная промышленность» (базой для расчета является производство деловой древесины);

2) «лесопильное производство» (базой для расчета является производство пиломатериалов);

3) «фанерная промышленность и производство гнутоклееных изделий» (базой для расчета является производство фанеры);

4) «мебельная промышленность»;

5) «производство плит» (базой для расчета является производство ДСП и ДВП).

Вместо отрасли «продукция целлюлозно-бумажной промышленности» выделены 3 подотрасли:

1) «производство целлюлозы»;

2) «производство бумаги»;

3) «производство картона».

Таким образом, в модели выделено 8 лесных отраслей.

Учитывая отсутствие по выделенным отраслям необходимой исходной информации в формате используемых межотраслевых балансов, совместимых по методике подготовки с остальной информацией базовой ОМММ, этап согласования информационных массивов является наиболее сложным и трудоемким.

Естественным развитием детализированной модели является построение специализированной ОМММ-лес за счет включения дублирующего натурального баланса по лесным отраслям, позволяющего, кроме всего прочего, учесть одновременную заготовку разных видов лесосырья (низкосортной древесины и экспортируемого круглого леса), а также использование вторичных его видов. Предполагается генерирование спе-

циализированных «лесных» ОМММ, настроенных на анализ проблем, которые возникают в связи с резким повышением вывозных пошлин на круглый лес и необходимостью форсированного создания перерабатывающих производств.

Специализированные ОМММ-лес строятся таким образом, чтобы они могли комплексироваться с моделями верхнего уровня системы отраслевого прогнозирования. В этих моделях более подробно отражены технологические взаимосвязи отраслей лесного комплекса, особое внимание обращено на состав и доступность лесосырьевых баз.

Получение оптимизированного решения по детализированной ОМММ-лес, при допущениях базовой модели, требует тщательного анализа и согласования стоимостных и натуральных измерителей. Условно этапы формирования Оптимизационной межрегиональной межотраслевой модели с детализированным представлением лесного комплекса (с переходом к созданию набора специализированных ОМММ-лес) можно проиллюстрировать схемой, приведенной на рис. 4.1. Рассмотрим процедуру формирования данных для ОМММ-лес с детализированным представлением лесного комплекса из базовой ОМММ начиная с отладочного варианта, включающую несколько шагов.

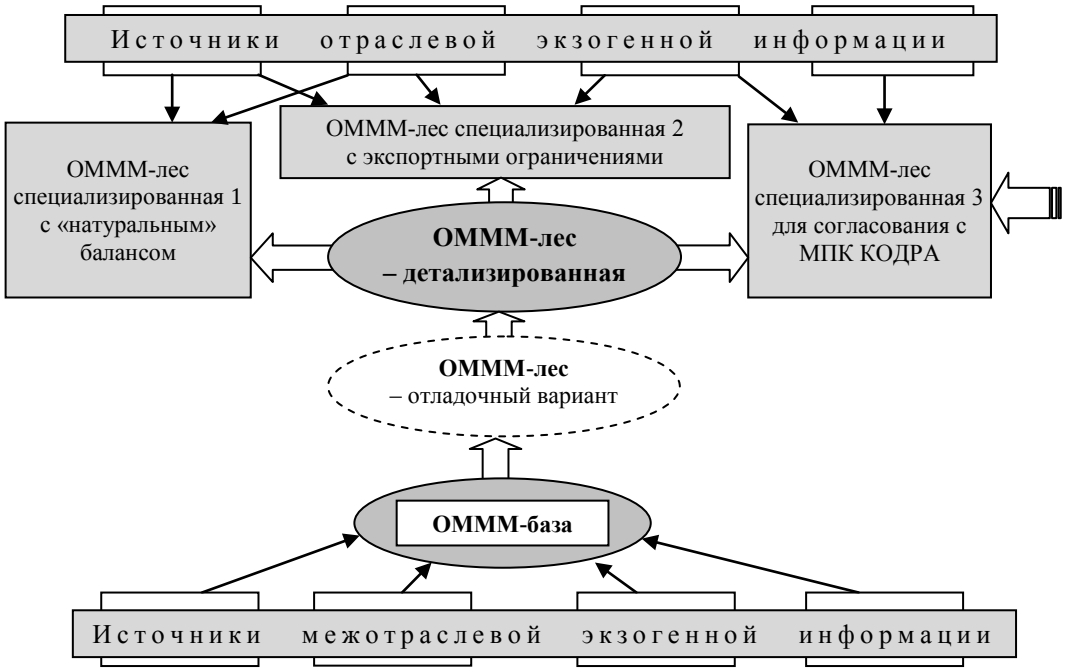


Рис. 4.1. Этапы формирования и реализации комплекса моделей ОМММ-лес

⦿ *Шаг 0.* В этом варианте увеличение номенклатуры лесных отраслей происходило без учета специфики выделяемых отраслей, применялось простое дублирование (для столбцов) и деление (для строк). Этот шаг можно назвать формальным «арифметическим» подходом. Он позволяет получить решение, совпадающее с решением ОМММ-база, но с расширенной номенклатурой по лесному комплексу, хотя объемы и материальные потоки по ним будут условными, не отвечающими реальным объемам потребления конкретных видов продукции.

Далее была проведена многошаговая процедура уточнения данных с учетом специфики лесных отраслей.

⦿ *Шаг 1.* На основе отчетной статистической информации мы рассчитали структуру массовых видов продукции лесного комплекса:

деловая	пиломатериалы	фанера	мебель	плиты	целлюлоза	бумага	картон
0,4	0,2	0,1	0,2	0,1	0,4	0,4	0,2

В соответствии с этой структурой были изменены следующие данные: коэффициенты материальных затрат на старых и новых мощностях; коэффициенты отраслевой структуры конечного потребления; ограничение на объемы экспорта; ограничения на объемы импорта; ограничения на объемы производства по действующим отраслям. Полученное решение также, совпадало с решением ОМММ-база.

⦿ *Шаг 2.* На этом шаге была скорректирована структура фонда непроизводственного потребления, ограничений на экспорт и импорт по выделяемым лесным отраслям – одинаковая по регионам и направлениям:

1) структуры конечного потребления:

деловая	пиломатериалы	фанера	мебель	плиты	целлюлоза	бумага	картон
0,35	0,045	0,015	0,486	0,104	0,36	0,42	0,22

2) структура экспорта:

деловая	пиломатериалы	фанера	мебель	плиты	целлюлоза	бумага	картон
0,4	0,3	0,2	0,0	0,1	0,7	0,15	0,15

3) структура импорта:

деловая	пиломатериалы	фанера	мебель	плиты	целлюлоза	бумага	картон
0,05	0,05	0,05	0,7	0,15	0,6	0,2	0,2

Изменения в соответствующих данных привели к тому, что решение, полученное по этому сценарию, незначительно отличается от предыдущего решения и соответственно от решения ОМММ-база. Учитывая эти изменения, а также анализируя отличия в двойственных оценках, мы пришли к следующему шагу.

⦿ *Шаг 3.* Была предложена экспертная оценка структуры коэффициентов материальных затрат внутри лесного комплекса, основанная на технологических предположениях (одинаковая для всех районов). При формировании новых коэффициентов материальных затрат внутри лесного комплекса мы исходили из предположения, что суммарные потоки остаются неизмен-

ными. Также была изменена структура ограничений на импорт и экспорт лесных отраслей (одинаковая по всем направлениям).

Значение целевой функции уменьшилось, и отмечается существенное отклонение суммарных объемов лесных производств в ОМММ-лес от их агрегатов в ОМММ-40 в некоторых регионах.

В результате отладочных расчетов был получен центральный вариант обновленной ОМММ-лес – это сбалансированное решение, представляющее «нормативный» («оптимальный», «желаемый») и в то же время достаточно вероятный прогноз развития экономики страны, регионов и лесного комплекса на последний год прогнозного периода.

Построенная таким образом модель несет избыточную информацию. Для проведения вариантных расчетов по сценариям, относящимся к лесному комплексу, был построен ее агрегированный аналог. Для удобства работы с ОМММ-лес предлагается агрегировать часть информации, не касающейся лесного комплекса. Агрегированное представление отраслей не снижает качество (обоснование) результатов, в то же время работа с таким «упрощенным» представлением межотраслевого фона для анализа лесного комплекса существенно упрощает получение, обработку и анализ результатов.

ОМММ-лес-18 состоит из следующих «агрегированных» комплексов с условными названиями:

1. «Топливно-энергетический»:
- электро- и теплоэнергетика;
- продукты нефтедобычи;
- продукты нефтепереработки;
- продукты газовой промышленности;
- уголь и прочее топливо.

2. «Металлургический»:
- руды черных металлов и нерудное сырье для черной металлургии;
- черные металлы;
- руды цветных металлов;
- цветные металлы.

3. «Химический»:
- продукты химической промышленности;
- продукты нефтехимической промышленности.

4. «Машиностроение».

5. «Лесозаготовительная промышленность» (базой для расчета является производство деловой древесины).

6. «Лесопильное производство» (базой для расчета является производство пиломатериалов).

7. «Фанерная промышленность и производство гнутоклееных изделий» (базой для расчета является производство фанеры).

8. «Мебельная промышленность».

9. «Производство плит» (базой для расчета является производство ДСП и ДВП).

10. «Производство целлюлозы».

11. «Производство бумаги».

12. «Производство картона».

13. «Прочие отрасли».

- промышленность стройматериалов;
- легкая промышленность;
- пищевая промышленность;
- прочие отрасли промышленности;
- прочие отрасли материального производства.

14. «Строительство».

15. «Сельское хозяйство».

16. «Лесное хозяйство».

17. «Транспорт и связь».

18. «Услуги»:

- торговля и общественное питание, заготовки, материально-техническое снабжение и сбыт;
- жилищно-коммунальное хозяйство;
- здравоохранение, физкультура;
- другие услуги;
- управление, финансы, общественные объединения.

Агрегирование осуществляется по результатам решения ОМММ-лес (вариант, который по решению, оценкам и функционалу совпадает с ОМММ-40) способами хорошо известной классической теории агрегирования.

Результаты экспериментальной серии расчетов. Лесопромышленный комплекс является одним из ведущих в промышленности России. Он включает в себя лесозаготовительную промышленность (заготовка и первичная обработка древесины); сплав и лесоперевалочные работы; производства деревообработки: лесопиление, фанера, древесностружечные и древесноволокнистые плиты, столярно-строительные изделия, деревянная тара; мебельную, целлюлозно-бумажную и лесохимическую промышленность. Лесопромышленный комплекс обеспечивает своей продукцией практически все отрасли народного хозяйства: строительство, машиностроение, горнодобывающую промышленность, сельское хозяйство, торговлю (тара и упаковка), а также население страны (мебель, изделия деревообработки, бумажно-беловые товары).

Деятельность лесной промышленности базируется на использовании возобновляемого природного ресурса – леса. Имеющиеся запасы лесных ресурсов РФ позволяют обеспечивать не только текущие и перспективные внутренние потребности страны в древесине и продуктах ее переработки, но и значительно расширить экспорт лесных товаров за рубеж. Обладая пятой частью мировых лесных ресурсов, Россия (и Сибирь, в которой сосредоточены основные «резервные» леса) вынуждена будут играть существенную роль на мировом лесном рынке. В общем объеме экспорта страны лесные товары занимают 3,2%, а в мировом лесном товарообороте на долю России приходится 4,2%. По экспорту необработанного круглого леса РФ занимает 1-е место в мире.

Вместе с тем в России самая низкая среди развитых стран эффективность лесопользования, проявляющаяся в неудовлетворительной структуре экспорта. Такое положение связано с низкой конкурентоспособностью российской лесобумажной продукции и недостатком мощностей по выпуску высококачественных видов продукции глубокой переработки (мелованной бумаги, упаковочных видов бумаги и картона с покрытиями, современных санитарно-гигиенических изделий, мебели, отделочных и строительных материалов). То есть экспортируя необработанную древесину в другие страны для обеспечения сырьем их перерабатывающих предприятий, Россия по причине отсутствия собственных мощностей по глубокой переработке древесины вынуждена ежегодно импортировать значительные объемы бумаги и картона. В 2011 г. импорт бумажно-картонной продукции составил 2,1 млрд долл. При этом наблюдается тенденция превышения темпов роста импорта целлюлозно-бумажной продукции над темпами роста экспорта. За период с 2007 по 2011 год при росте экспорта на 25% импорт возрос в 2 раза.

Подводя итог вышесказанному, назовем основные проблемы лесопромышленного комплекса России:

- низкая техническая и технологическая оснащенность;
- преобладание в российском экспорте необработанного сырья.

Такое положение дел в лесопромышленном комплексе не отвечает требованиям интенсивного развития экономики страны в целом. В результате по итогам совещаний лесопромышленников и заседаний Президента и Правительства РФ был разработан комплекс мер по повышению конкурентоспособности отечественной лесной промышленности. В данном комплексе приводятся две основные линии государственного регулирования деятельности лесопромышленного комплекса:

1) совершенствование таможенно-тарифной политики (направление связано с необходимостью преодоления сырьевой направленности лесного экспорта);

2) обеспечение инвестиционной привлекательности лесного комплекса.

Следствием этих мер явилось изменение тенденций в объемах и структуре экспорта. Например, экспорт необработанных материалов к настоящему времени снизился более чем в 2 раза [Федеральная служба… (эл. ист. инф.)]. Изменение структуры экспорта также отразилось и на других видах лесобумажной продукции.

Согласно стратегии развития лесного комплекса РФ, рассчитанной на период до 2020 г. (Минпромэнерго России) предусмотрен рост объемов производства основных видов лесобумажной продукции. В том числе: выпуска пиломатериалов с 23,2 млн куб. м в 2007 г. до 48 млн куб. м в 2020 г., или в 2,1 раза; листовых древесных материалов соответственно с 9,6 до 28,7 млн куб. м, или в 3 раза; целлюлозы – с 6 до 13,4 млн т, или в 2,2 раза; бумаги и картона – с 7,6 до 15,8 млн т, или в 2,1 раза. В результате увеличения объемов производства, а также прогнозирования устойчивого роста потребления на мировом рынке продуктов глубокой переработки древесины должны вырасти поставки лесобумажной продукции на экспорт: пиломатериалов и фанеры – в 1,5 раза, древесностружечных плит – в 3 раза, древесноволокнистых плит – в 2 раза, целлюлозы товарной – в 2,5 раза, бумаги и картона – в 1,6 раза. При этом снизится доля импорта целлюлозно-бумажной продукции с 32% в 2007 г. до 24% в 2020 г. [Концепция… (эл. ист. инф.)].

Пространственная разверстка показателей экспорта и импорта – одна из наиболее сложных проблем, поскольку существующая внешнеторговая статистика не позволяет решить эту задачу даже для базового, 2005 г. Усовершенствованный вариант ОМММ [Ершов и др., 2007] позволил перейти к «шахматному» принципу моделирования транспортных связей, т.е. представлены переменные связи каждого района с каждым. «Шахматное» представление транспортных связей позволяет осуществить производственно-потребительский принцип учета внешнеэкономических связей, когда экспортером считается регион, на территории которого произведена экспортируемая продукция, а импортером – тот, на территории которого она потреблена. Модель предоставляет возможность осуществлять и юридический (формально регистрируемый статистикой) принцип учета, когда регионом-экспортером считается регион, где расположена фирма, поставляющая продукцию на экспорт, а регионом-импортером – регион, где расположена фирма – первый покупатель импортной продукции.

Помимо перехода к шахматному принципу отображения межрегиональных и внешнеэкономических связей, приводимая ниже постановка ОМММ адаптирована к возможностям сегментации внешнего рынка. В модели рассматриваются три основных направления экспорта и импорта – это «Запад», «СНГ» и «Юго-Восточная Азия». В вариантных расчетах по оценке влияния структуры экспорта лесных товаров были выбраны направления «СНГ» и «Юго-Восточная Азия» (в основном Китай). В табл. 4.1 представлены разные структуры ограничений на объемы экспорта по лесной и целлюлозно-бумажной продукции в зависимости от направления и соответствующие им значения фонда непроизводственного потребления (функционал задачи).

Таблица 4.1

Структура ограничений на объемы экспорта по продукции лесного комплекса

№	ФНП млрд руб.	Направ-ление экспорта	Лесная и деревообрабатывающая промышленность					Целлюлозно-бумажная промышленность		
			лесо-заготови-тельная	лесопи-ление	фанера	плиты	мебель	целлю-лоза	бумага	картон
1	38 186	СНГ	40,0	30,0	10,0	10,0	10,0	80,0	15,0	5,0
		ЮВА	50,0	35,0	5,0	5,0	5,0	80,0	15,0	5,0
2	38 263	СНГ	38,0	29,0	11,0	11,0	11,0	76,0	17,0	7,0
		ЮВА	48,0	3,0	6,3	6,3	6,3	76,0	17,0	7,0
3	38 298	СНГ	36,0	28,0	12,0	12,0	12,0	72,0	19,0	9,0
		ЮВА	46,0	32,0	7,3	7,3	7,3	72,0	19,0	9,0
4	38 307	СНГ	35,0	27,0	12,67	12,7	12,7	71,0	19,0	10,0
		ЮВА	45,0	32,0	7,67	7,7	7,67	71,0	19,0	10,0
5	38 307.6	СНГ	34,0	27,0	13,0	13,0	13,0	70,0	20,0	10,0
		ЮВА	44,0	31,0	8,3	8,3	8,3	70,0	20,0	10,0
6	38 308	СНГ	26,0	22,0	17,3	17,3	17,3	38,0	32,0	30,0
		ЮВА	28,0	24,0	16,0	16,0	16,0	38,0	32,0	30,0
7	38 305,8	СНГ	24,0	21,0	18,3	18,3	18,3	37,0	32,0	31,0
		ЮВА	26,0	22,0	17,3	17,3	17,3	37,0	32,0	31,0
8	38 305,5	СНГ	23,0	21,0	18,7	18,7	18,7	35,0	33,0	32,0
		ЮВА	28,0	24,0	16,0	16,0	16,0	35,0	33,0	32,0
9	38 305	СНГ	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	33,3	33,3	33,3
		ЮВА	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	33,3	33,3	33,3

Главные предпосылки, которые используются при разработке прогноза, предполагают изменения структуры экспорта в характере современной модели. Основным предположением является то, что к окончанию прогнозного периода (в долгосрочной перспективе) внешний спрос на все виды лесопродукции должен составлять равные доли по всем отраслям лесной, деревообрабатывающей промышленности (ДОП) и целлюлозно-бумажной промыш-

ленности (ЦБП). Тем самым, оптимизируя структуру экспорта, увеличивая долю продукции глубокой переработки за счет уменьшения экспорта круглого леса, мы должны получить увеличение фонда непроизводственного потребления – ФНП (функционала). Но данные результаты не подтверждают предположение о том, что при оптимальной структуре экспорта значение функционала ОМММ должно быть существенно большим по сравнению с другими вариантами структуры. Это можно объяснить тем, что модель не улавливает всех тонкостей формирования экономики страны.

График изменения фонда непроизводственного потребления в зависимости от изменения структуры ограничений на экспорт лесной и ЦБ продукции представлен на рис. 4.2.

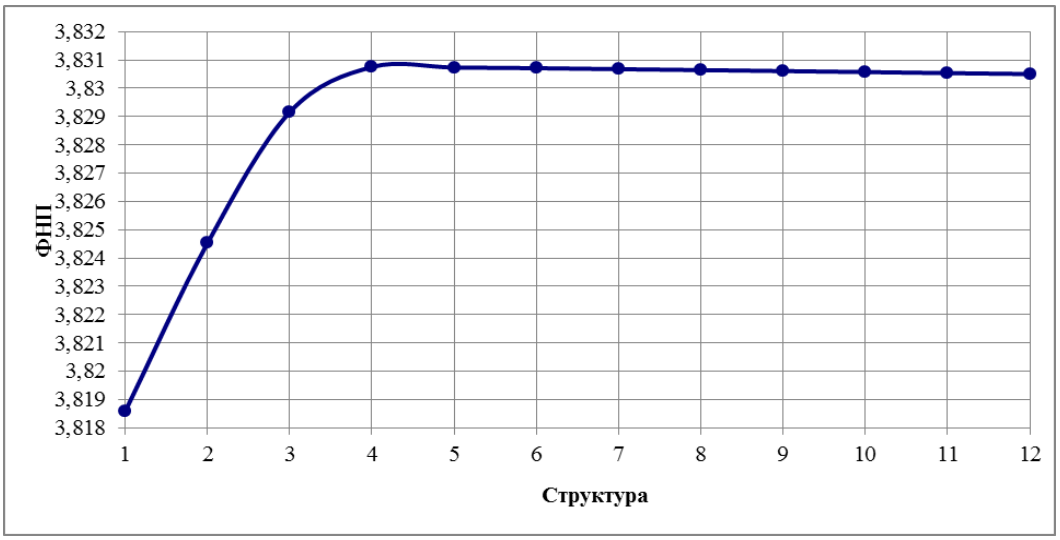


Рис. 4.2. График изменения ФНП в зависимости от структуры экспорта

Также необходимо отметить, что существенное изменение структуры экспорта в краткосрочном и среднесрочном периоде будет невозможно, так как для этого требуется наращивание производственных мощностей по глубокой переработке, которые еще не будут введены в эксплуатацию в течение этого периода.

Анализ влияния изменения структуры лесоэкспорта. Экспорт продукции лесного комплекса в нашей стране имеет четкую сырьевую ориентированность, что наносит ущерб не только функционированию комплекса, но и экономике всей страны. Реформирование структуры лесного экспорта является важнейшей задачей государства, постепенное решение которой позволит выйти на новый уровень развития. Динамика производства, экспорта, импорта основных видов лесобумажной продукции представлена в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Динамика производства и ВЭД по лесному комплексу

Продукция	2000			2010		
	объем производства	импорт	экспорт	объем производства	импорт	экспорт
Лесоматериалы круглые, млн $м^3$	95	0,525	30,8	170,0	0,02	21,3
Пиломатериалы, млн $м^3$	20	0,022	7,8	20,2	0,04	17,6
Фанера клееная, тыс. $м^3$	1484	37,5	974,3	2320,0	79,6	1528,4
Древесностружечные плиты, тыс. $м^3$	2334,8	230,2	134,7	5065,0	567,5	614,6
Древесноволокнистые плиты, тыс. $м^3$	292,2	138,2	279	453,0	241,5	220,8
Бумага и картон, тыс. т	5312	394	1990	7670,0	2066,5	2648,9
Товарная целлюлоза, тыс. т	2036	52	1660	2115,0	86,1	2185,1

Источник: [Кожемяко, 2011 (эл. ист. инф.)].

В структуре экспорта отмечается снижение доли круглого леса на 4,7 процентных пункта, увеличение доли пиломатериалов – на 0,8 процентных пункта, увеличение доли фанеры клееной – на 1,8 процентных пункта и целлюлозы товарной – на 2,7 процентных пункта. Снизилась в целом доля прочей продукции (ДСП, ДВП и мебель) – на 0,6 процентных пункта [Кожемяко, 2011 (эл. ист. инф.)].

Одним из политических инструментов, влияющих на структуру экспорта, безусловно, является экспортно-импортное регулирование. Для стимулирования производителей ДОП и ЦБП и сдерживания поставок продукции лесозаготовки на экспорт государство снижает тарифы на вывоз продукции первой группы отраслей и, соответственно, повышает – на вывоз продукции лесозаготовки.

При проведении серии расчетов по оценке влияния изменений структуры экспорта в долгосрочной перспективе задаваемые параметры ограничений по экспорту лесных отраслей рассчитывались на основе статистических данных [Промышленность…, 2009; Регионы…, 2009] и затем экспертно оценивались на конец прогнозируемого периода: лесоматериалы необработанные – 0,84; лесоматериалы обработанные – 1,13; целлюлоза древесная – 1,01; бумага – 1,22.

Решая задачу оптимизации с такой структурой экспорта (единой для всех направлений), мы получаем новые результаты прогнозов на 2020 г. Отклонение значения целевой функции от базового варианта составило 2,015%. Таким образом, оптимизируя структуру экспорта, увеличивая до-

лю продукции глубокой переработки за счет уменьшения экспорта круглого леса, мы предполагали получить увеличение фонда непроизводственного потребления (функционала). Но данные результаты не подтвердили предположение о том, что при оптимальной структуре экспорта значение функционала ОМММ должно быть существенно большим по сравнению с другими вариантами структуры.

Прогнозные объемы производства почти по всем пунктам уменьшились. Кардинально меньше стали производственные показатели, касающиеся лесозаготовки – в целом по России объемы уменьшились на 20%. Это совсем не соответствует целям, которые мы преследуем, меняя структуру экспорта, поскольку сокращая экспорт лесозаготовки, мы хотим перенаправить сырье на внутренний рынок, не сокращая при этом производство. Целлюлозно-бумажная продукция, в общем, тоже не дает желаемого увеличения производства, исключение составляют Центральный и Приволжский федеральные округа.

Причиной неэффективности политики изменения структуры экспорта путем варьирования пошлин является ее узкая направленность. Предполагается, что за счет снижения вывозных пошлин у предприятий должны высвобождаться средства, которые они могут вкладывать в модернизацию и укрупнение производства. Однако деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность находятся во многих регионах в настолько упадочном состоянии, что снижение пошлин не дает для них заметного эффекта экономии средств и фактически ничего не меняет.

Повышение пошлин на круглый лес также имеет двойственный эффект. Такая мера прямо ограничивает экспорт необработанного леса, что должно переопределить его на внутренний рынок. Но при этом уровень цен, предлагаемый лесозаготовительным предприятиям российскими ЛДК и ЦБК, на порядок ниже, например, финских или китайских. Покупная цена на сырье даже может быть ниже себестоимости заготовки и вывоза [Гревцов, 2008]. Таким образом, переходя на внутренний рынок, лесозаготовительные предприятия, рискуя понести убытки, сокращают производство – что мы и можем наблюдать по результатам наших прогнозов.

Для развития и прогрессирования производства нужен целый комплекс мер, касающийся сферы управления, производства и распределения продукции на внутреннем и на внешнем рынке лесопромышленной продукции. Важной чертой этого комплекса является его согласованность, т.е. должно учитываться влияние применяемого инструмента на все сферы лесного комплекса, а также взаимодействие тех или иных мер друг с другом, и, конечно, их долгосрочное влияние на экономику в целом.

Эти меры должны сформировать условия для реализации инвестиционных проектов, направленных на существенное изменение структуры производства и повышение конкурентоспособности организации отрасли. Должна осуществляться поддержка отечественных производителей, причем

как производителей обработанной древесины, так и необработанной, поскольку их сложная адаптация к внутреннему рынку также влияет на состояние лесного комплекса.

Для этого предполагается генерирование специализированных моделей, настроенных на анализ проблем, которые возникают в связи с резким повышением вывозных пошлин на круглый лес и необходимостью форсированного создания перерабатывающих производств. В этих моделях будут более подробно отражены технологические взаимосвязи отраслей лесного комплекса, особое внимание предполагается обратить на состав и доступность лесосырьевых баз.

Отражение импортозамещения продукции лесного сектора. Причиной неэффективности внешнеэкономической деятельности лесопромышленного производства является наряду с вышеуказанными причинами также высокая доля импортируемой лесопродукции с высокой добавленной стоимостью.

Отставание отраслей лесного комплекса в части глубокой переработки древесины и выпуска высококачественных изделий вынуждает осуществлять значительные объемы импорта. Россия остается крупнейшим импортером бумаги, картона и мебели [Блам и др., 2011]. Несмотря на развитие в последние годы плитного производства, сохраняются существенные объемы импорта ДСП, ДВП (МДФ) и фанеры. В отличие от экспорта, где в 2009 г. отмечалось увеличение объемов по некоторым видам лесоматериалов, импорт в натуральном выражении существенно снизился, и, прежде всего, импорт бумаги и картона – на 540 тыс. т (24,4%), мебели – на 472 млн долл. (31,8%), ДСП – на 273 тыс. м^3 (35,5%) [Кожемяко, 2011 (эл. ист. инф.); Промышленность…, 2009; Регионы…, 2009].

В стоимостном выражении в 2009 г. импорт лесобумажной продукции снизился на 1,2 млрд долл. или на 20%. Основные статьи импорта – высококачественные виды бумаги и картона (3,4 млрд долл.) и мебель – 1 млрд долл. Необходимо отметить, что валютная выручка от экспорта бумаги и картона в 2009 г. составила 1,7 млрд долл., а закупки этой продукции за рубежом составили 3,4 млрд долл. или в 2 раза больше. Следует признать, что мы продаем на внешнем рынке в основном газетную бумагу и низкосортный картон. В результате средняя цена продажи в 2009 г. составила около 600 долл. за 1 тонну, а цена покупки (импорта) – 2022 долл. или в 3,4 раза выше цены экспорта бумаги и картона [Кожемяко, 2011 (эл. ист. инф.)]. Это говорит о том, что отставание отечественной целлюлозно-бумажной промышленности носит хронический характер. За последние 30 лет не построено ни одного предприятия, а существующие в большинстве своем работают на оборудовании 60-х годов прошлого века.

Рассматривая сценарий по импортозамещению, мы не будем опираться на конкретные меры и результаты их проведения. Предполагается, что некое комплексное вмешательство государства, поддерживающее импортозамещение, было проведено, в результате чего видоизменилась структура экспорта и импорта.

В используемой нами модели для учета эффекта импортозамещения требуется специальным образом описать эффект от сокращения ввоза продукции, которая может быть произведена в стране. Простое сокращение объемов импорта только ухудшит значение целевой функции (будет дополнительной нагрузкой на производство). Поэтому для оценки эффекта импортозамещения мы использовали следующий подход:

- объемы экспорта лесопромышленной продукции глубокой переработки незначительно увеличиваем (имитируя увеличение доли на внешнем рынке);
- объемы импорта существенно уменьшаем по основным позициям.

С учетом существенного сокращения экспорта необработанных материалов нужно соблюдать нулевое изменение сальдо экспорта-импорта по лесопродукции. Это позволит оценить эффект импортозамещения внутри лесного комплекса только за счет изменения внутриотраслевых структурных изменений.

В базовом варианте ОМММ-лес:

– суммарный экспорт = 154987 тыс. руб.;
– суммарный импорт = 116415 тыс. руб.;
– сальдо = 38572 тыс. руб.

В импортозамещающем варианте:

– суммарный экспорт = 122300 тыс. руб;
– суммарный импорт = 83728 тыс. руб;
– сальдо =38572 тыс. руб.

Обратим внимание, что даже оптимистическая оценка возможного сокращения лесного импорта при проведении политики «запрещающих» таможенных пошлин на круглый лес и при условии сохранения сальдо по лесному экспорту не приводит к кардинальным структурным перестройкам (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Изменение структуры экспорта и импорта продукции лесного комплекса на конец прогнозируемого периода

Показатель	Продукция								
	лесозаготовка	пиломатериалы	фанера	мебель	плиты	целлюлоза	бумага	картон	все отрасли
Экспорт									
Базовый вариант	29	21	14	0	7	20	4	4	100
Импортозамещение	4	27	18	2	9	28	6	6	100
Импорт									
Базовый вариант	3	3	3	46	10	20	7	7	100
Импортозамещение	5	5	5	32	14	28	6	7	100

Решая задачу оптимизации с видоизмененной структурой экспорта и импорта, отражающей импортозамещение, мы получаем новые прогнозы на 2020 г. Отклонение целевой функции от базового варианта составило +0.4%, а отклонения по объемам производства в отраслях лесного комплекса представлены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Отклонения в отдельных результатах прогнозов на 2020 г., %

Субъект Федерации	Продукция								
	лесозаготовка	пиломатериалы	фанера	мебель	плиты	целлюлоза	бумага	картон	все отрасли
В целом по России	–13,1	–0,13	–0,14	24,41	–0,15	2,65	3,24	6,05	0,0
Центральный ФО	0,0	0,0	0,0	24,45	0,0	20,32	20,32	0,0	–0,13
Северо-Западный ФО	–4,11	0,0	0,0	34,82	–0,15	1,62	0,30	9,91	0,0
Южный ФО	0,0	0,0	0,0	24,45	0,0	0,0	0,0	0,0	–0,01
Приволжский ФО	–21,8	0,0	0,0	27,9	–0,6	2,47	16,5	0,0	0,04
Уральский ФО *	–14.92	0,0	0,0	17,53	0,0	0,0	0,0	0,0	0,07
Тюменская область	0,0	0,0	0,0	34,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,01
Сибирский ФО	–25,7	–0,3	–0,3	10,1	0,0	0,0	2,16	0,0	0,15
Дальневосточный ФО	–24,5	–1,2	–1,23	24,57	0,0	0,0	0,0	0,0	0,23

* Без Тюменской области.

Общие объемы производства по всей России и по районам незначительно изменились, однако по производству в отдельных отраслях мы можем наблюдать значительные изменения.

Объемы лесозаготовки сократились, но принимая во внимание, что значения ограничения экспорта были уменьшены на 80%, такое сокращение является вполне приемлемым. Оно показывает, что производители лесозаготовительной продукции сумели адаптироваться с внутреннему рынку, хотя и с некими потерями. В некоторых районах сокращения производства не наблюдалось.

В целом, мы можем отметить, что импортозамещение коренным образом меняет ситуацию в лесном комплексе, перестраивая его структуру и, таким образом, делая его деятельность более эффективной.

Не очень значительным образом сокращая производство лесозаготовки, мы увеличиваем производство остальных товаров, что, безусловно, способствует развитию комплекса. Такая структура повышает конкурентоспособность российской лесопродукции на внутреннем и внешнем рынках. На народнохозяйственном уровне мы пока не видим значительных изменений в худшую или лучшую сторону. Это связано с тем, что применяемая нами модель явля-

ется очень укрупненной, и некоторые локальные изменения могут быть отображены в подробных отраслевых прогнозах, но на более высоких уровнях уже не имеют сильного влияния на прогнозные показатели. Несмотря на отсутствие видимых преимуществ такого сценария для страны в целом важно отметить, что такая структура делает российскую экономику менее уязвимой по отношению к изменениям внешнеторговой конъюнктуры. Поставляя меньше продукции на экспорт и замещая импорт, экономика становится более автономной, и колебания цен на сырье уже не могут ее дестабилизировать.

4.2. ОТРАСЛЕВЫЕ МОДЕЛИ В АНАЛИЗЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Системы отраслевых моделей. Важной задачей и проблемой, одновременно, для экономики является согласование систем различных уровней: согласование стратегий развития страны и региона, региона и предприятия. Одним из решений этой проблемы являются экспертные оценки, но они не всегда могут быть точными, а это, в свою очередь, может повлиять на эффективность работы предприятия. Альтернативой первому методу являются управленческие решения, основанные на согласовании детализированных и агрегированных моделей системы. Такое согласование может учесть информацию, которую не учли эксперты, и при этом потребует меньших затрат, ведь оно реализуется с помощью экономико-математических моделей.

Согласование стало актуально, так как многие народнохозяйственные задачи имеют большую размерность, и есть смысл разбивать их на отдельные подсистемы. Для прогнозирования развития экономики возможно использовать вместо детализированной модели более агрегированную. В таком случае, перед нами возникает две проблемы: агрегированная модель не дает детализированных решений, решения детализированной и агрегированной моделей могут не совпадать. Вторая проблема вызвана тем, что при агрегировании возникают ошибки (из-за использования приблизительных оценок).

Когда при агрегировании используются взвешенные коэффициенты, то агрегированная и детализированная модели не будут иметь одинаковые решения. Классическая теория агрегирования смогла уменьшить ошибку агрегирования, но не смогла решить исходную задачу. Решить эту проблему удалось, используя методы последовательного агрегирования [Методы…, 1979]. После нескольких повторений процессов агрегирования и детализации получаются итоговые более точные значения прогнозов. Специальным образом, обобщая и синтезируя идею агрегации и дезагрегации и идею итеративности, методы итеративного агрегирования позволяют решать проблему обеспечения строгого согласования задач, имеющих дело с показателями разной степени детализации.

Как объект изучения и оптимизации лесной комплекс, с одной стороны, образует относительно обособленную экономическую систему, имеющую свои специфические черты (многофункциональность, длительный цикл восстановления) и требующий системного подхода для изучения его свойств. С другой, – он является крупной подсистемой национальной экономики и подчиняется общим закономерностям его развития.

В качестве аппарата системного исследования проблем развития отраслей лесного комплекса с учетом как народнохозяйственных интересов в целом, так и специфических особенностей функционирования его в рамках определенной территории, необходима и возможна разработка и реализация взаимосвязанной группы экономико-математических моделей. Для анализа конкретных проблем возможно построение и использование специализированных систем моделей, взаимосвязанных в рамках предлагаемых более общих схем оптимизации. Так, при решении конкретных планово-экономических задач перспективного планирования и прогнозирования всякий раз необходимо получение соответствующих показателей, отражающих определенный аспект (разрез) плана, например территориальный – конкретизирующий развитие отраслей лесного комплекса в рамках того или иного субъекта: региона, района, области и т.п.; или номенклатурный – предполагающий исследование развития каждой (или определенной) отрасли, входящей в комплекс. То есть возникает необходимость в более детальном представлении одного из аспектов (элементов) моделируемой системы на фоне всех остальных.

Для этих целей, как уже отмечалось, целесообразно разрабатывать комплексы специализированных расчетов под решение конкретной планово-экономической задачи или их взаимосвязанных групп. Например, для формирования отраслевой структуры лесного комплекса на перспективу может быть использована система моделей проекта КОДОР (Комплекс Отраслей Детализированный Отраслевой Разрез), а для изучения перспектив развития лесного комплекса по регионам страны, система моделей проекта КОДРА (Комплекс Отраслей Детализированный Региональный Аспект). Оба проекта строятся на принципах пошаговой детализации (в соответствии со структурным подходом [Йодан, 1979]). Проекты комплексируются из агрегированной, детализированных и специализированных оптимизационных моделей, сформированных на основе единой базовой модельной конструкции. Такие модели, являясь по сути своей подобными, позволяют разработать для них унифицированное программное обеспечение и благодаря однородности информационных потоков в системе – строить простые процедуры передачи и согласования информации.

Если, например, в качестве модели базовой структуры использовать специальную отраслевую модельную конструкцию, в частности оптимизационную межрегиональную модель лесного комплекса (ОММлк), то интересующие нас модельные комплексы могут быть представлены как следующие группы взаимосвязанных моделей (рис. 4.3, 4.4). На верхнем уровне рас-

сматривается агрегированная ОММлк, (ОММлк-А), позволяющая решать задачи развития всего народнохозяйственного (национального) лесного комплекса в разрезе *К* выделенных в нем отраслей и подотраслей лесной и деревообрабатывающей промышленности в рамках *N* регионов по стране в целом. На следующем уровне – группа подобных по структуре детализированных ОММлк. В проекте КОДОР детализация осуществляется с позиций разагрегирования представленных отраслей и подотраслей (ОММлк-ДО$_1$, ОММлк-ДО$_2$, ... ОММлк-ДО$_К$), например лесоэксплуатации или целлюлозно-бумажной промышленности, при агрегированном описании всех остальных (К-1) отраслей.

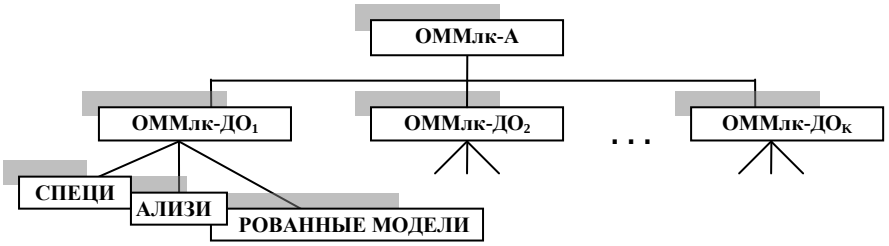


Рис.4.3. Взаимодействие программно-модельных комплексов при реализации системы моделей типа ОММлк с детализированным представлением отдельных отраслей и подотраслей и их специализированным описанием (Проект КОДОР)

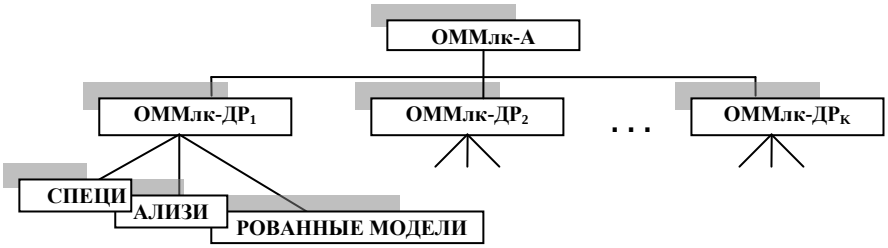


Рис.4.4. Взаимодействие программно-модельных комплексов при реализации системы моделей типа ОММлк с детализированным представлением территорий отдельных зон и их специализированным описанием (Проект КОДРА)

В проекте КОДРА с помощью детализированных моделей (ОММлк-ДР$_1$, ОММлк-ДР$_2$, ... ОММлк-ДР$_N$) более детально описываются условия функционирования отраслевого комплекса в рамках конкретной территориальной единицы страны (1,2, … *N*), например в целом по Сибирскому федеральному округу, конкретнее – по Западной или Восточной Сибири, при агрегированном описании его в других (*N*-1) регионах. Далее такие двухуровневые системы могут быть расширены подключением к детализированным моделям группы «специализированных» моделей (от оптимизационных до моделей прямого счета) или других источников информации

более низкого уровня, которые, по существу, явятся генераторами вариантов, уточняющими и конкретизирующими затратные и другие технико-экономические показатели детализированных ОММлк, зависящие от конкретных условий. Например, такая важная информация сырьевого блока моделей, как показатели товарного выхода древесного сырья, зависит от породно-качественных характеристик каждого отдельного участка лесозаготовок и требует при моделировании специальных подходов, привлечение сетевых и статистических методов при более детальном описании объекта для отражения динамики освоения лесосырьевых баз.

Однако реализация каждого из таких модельных комплексов в автономном режиме в рамках одной отраслевой системы должна обеспечивать непротиворечивость получаемых решений (взаимосвязанность соответствующих общих параметров). Это может быть достигнуто наличием единой «узловой» модели для обоих проектов (рис. 4.5). Если процессу детализации в агрегированной модели верхнего уровня подвергаются различные аспекты моделируемого объекта (уточняется региональная сетка или рассматривается более подробная номенклатура продукции), то получаем взаимосвязанные системы с единой «узловой» моделью (агрегированная модель верхнего уровня).

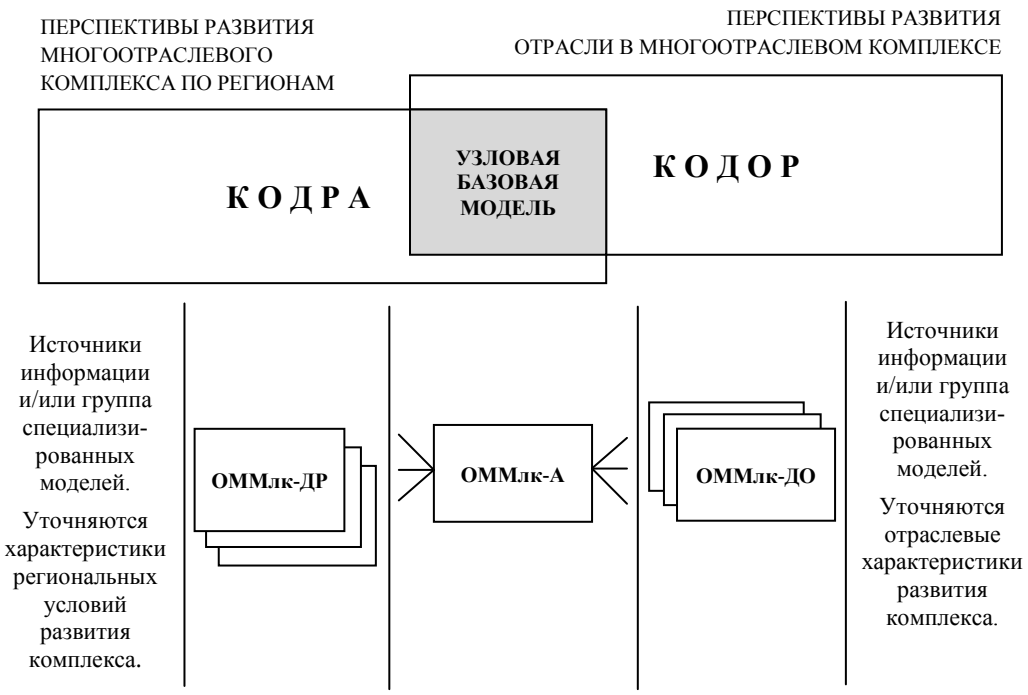


Рис.4.5. Взаимодействие специализированных систем на основе «узловой» (базовой) модели ОММлк-А

Рассмотрим конкретнее возможное представление специализированного модельного комплекса для расчета, например, территориального разреза показателей развития лесной и деревообрабатывающей промышленности в рамках разработки стратегии развития федерального округа и отдельных субъектов Федерации на 10–20 лет.

Основными задачами на стадии разработки являются:

– анализ (выявление) диспропорций и «узких мест» в развитии и размещении производства;
– прогноз (оценка изменений основных условий и факторов развития и размещения отрасли на перспективу);
– балансировка и оптимизация (обоснование размещения отраслей производства, рационального территориального разделения труда между регионами страны и взаимосвязей между отраслями).

При этом предполагается рассматривать развитие лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности в составе группы взаимосвязанных производств «лесопромышленный комплекс» с учетом взаимозаменяемости лесосырья и лесопродукции.

Приведем перечень показателей развития отрасли, прогнозируемых на 10–20 лет в территориальном разрезе по разделам:

➢ *Производство:*

- потребности в продукции;
- объемы производства продукции в стоимостном выражении;
- объемы производства продукции в натуральном выражении;
- фондоотдача;
- фондоемкость.

➢ *Капитальное строительство:*

- ввод в действие основных фондов;
- потребность в капитальных вложениях с выделением СМР.

➢ *Нормы и нормативы:*

- нормы расхода материальных ресурсов: сырья, материалов, топлива, электроэнергии.

➢ *Материально-техническое обеспечение:*

- потребность в материальных ресурсах.

➢ *Труд и социальное развитие:*

- численность производственно-промышленного персонала.

Разработка Стратегии развития предполагает составление балансов по производственным мощностям, основным фондам, материалам и распределению продукции.

Для получения указанного набора показателей развития лесной и деревообрабатывающей промышленности с разбивкой по регионам страны наиболее подходящими являются собственно отраслевые модельные конструкции. Это во многом определяется спецификой функционирования лесного комплекса, а именно: тесными производственно-технологическими взаимосвязями входящих в него отраслей (выше 33% продукции лесной и лесоперерабатывающей промышленности по фонду возмещения текущих затрат потребляется в ней самой); широкой взаимозаменяемостью лесосырья и лесопродукции; повсеместностью размещения предприятий и т.п.

В качестве такой модели, учитывающей специфические особенности развития отрасли, может быть использована упоминаемая ранее специальная оптимизационная межрегиональная модель лесного комплекса (ОММлк). В этом случае параметры ограничений, отражающих связи лесного комплекса с другими звеньями национальной экономики являются экзогенными и фиксируются на уровне, определяемом при решении задач по оптимизации развития других отраслевых и региональных систем. Например, объемы конечного потребления для отраслей лесного комплекса со стороны всего национального хозяйства могут быть определены на основе реализации специализированных модельных конструкций типа ОМММ с разагрегированным отраслевым блоком.

Получаемая в результате расчетов по ОММлк информация в основном соответствует кругу вопросов, рассматриваемых при разработке стратегий развития (анализ и технико-экономическая оценка природных ресурсов и условий развития, обоснование хозяйственной специализации и темпов развития производства, обоснование структуры и комплексного развития производства, оценка экономической эффективности намечаемых направлений развития и размещения производительных сил). Часть показателей Стратегии развития, таких как фондоотдача, фондоемкость, рост производительности труда, может быть получена путем преобразования первичных показателей, полученных из расчетов. При этом с помощью ОММлк мы получаем объем информации, необходимой для анализа факторов эффективности производства (последовательная реализация балансового метода, комплексный охват условий и факторов, система объективно-обусловленных оценок и т.п.).

Итак, интересующий нас специализированный модельный комплекс может быть представлен как двухуровневая система[1] КОДРА, построенная на основе модели единой базовой структуры, в качестве которой взята ОММлк. На верхнем уровне рассматривается агрегированная ОММлк, позволяющая решать задачи развития всего федерального лесного комплекса по стране в целом, на нижнем – группа структурно-подобных детализированных ОММлк. С помощью этих моделей более детально описываются условия функциони-

[1] Вопросы реализации специализированных моделей и их подключение к системе не рассматриваются.

рования отраслевого комплекса в рамках конкретной территориальной единицы страны. Это позволяет нивелировать последствия агрегирования информации и влияние ряда упрощающих моментов в ОММлк верхнего уровня. Получаемые по детализированным ОММлк решения уточняют и конкретизируют решения агрегированной ОММлк. Так, появляется возможность моделирования внутрирайонного транспорта; дополнительных условий использования региональных ресурсов; дифференциации затратных показателей, более адекватного представления сырьевого блока (уточнение сортиментной структуры в районе); включение конкретных способов производства на данной территории; учет взаимозаменяемости, нелинейности затрат от мощности и т.д., т.е. использования преимуществ оптимизационных задач внутрирайонного развития и размещения отраслей лесного комплекса.

Сформулировать постановку задачи регионального развития и размещения лесного комплекса в таком объеме, чтобы она охватила все многообразие вопросов, возникающих в процессе планирования, не представляется возможным. Однако можно выделить вопросы, которые необходимо учесть при моделировании и решении задачи перспективного планирования лесного комплекса в регионе. Круг этих вопросов определяется спецификой лесного комплекса как объекта прогнозирования, с одной стороны, и тем, что его развитие прогнозируется в регионе, – с другой. Так, воспроизводимость лесных ресурсов (этот факт общепринят), длительность периода их выращивания, неравномерность размещения, разнообразие породной структуры и другие факторы обусловливают необходимость при моделировании лесного комплекса большое значение придавать обоснованию размера лесопользования. Для сырьевой базы региона устанавливается объем лесного хозяйства расчетной лесосеки и набор возможных способов рубок. По применяемым способам рубок разрабатывается сортиментная структура лесозаготовок лесного хозяйства (по составляющим породам). Проблема сырьевого обеспечения может решаться не только за счет лесозаготовок. Она довольно сильно связана с необходимостью уменьшения доли неиспользованных отходов производства на всех его стадиях. Очевидно, чем полнее используется древесина, тем меньше необходимо ее заготавливать. При решении этой проблемы необходимы объективная оценка различных альтернатив и обоснование выбора одной из них или определение условий их оптимального с федеральных позиций сочетания.

При моделировании необходимо также учитывать, что лесная и лесоперерабатывающая промышленность исследуемого отдельного региона связана со многими отраслями внутри и за его пределами. Это обстоятельство при моделировании может быть учтено либо в правых частях ограничений (внекомплексное потребление), либо введением переменной ввоза-вывоза извне (для сырья и для продукции). Кроме того, при планировании развития отрасли в регионе очень важным является вопрос использования ресурсов межотраслевого назначения – трудовых, базы стройиндустрии, водных и т.п.,

именно наличие блока использования региональных ресурсов и отличает модели данного класса. При оптимизации функционирования лесопромышленного комплекса региона в системе моделей такое ограничение может быть получено из региональной межотраслевой модели.

Предполагается, что основная выходная информация системы формируется на основе детализированных моделей. Агрегированная модель служит для организации обмена информацией результатов решений по моделям с детализированным представлением отраслевого комплекса по регионам. Эти модели регионального уровня получают необходимую сравнительную информацию о возможных условиях развития в других выделенных в ОММлк регионах не путем «передачи ее между собой», а в агрегированном виде, через «единый банк данных», в качестве которого выступает агрегированная ОММлк. В целом взаимодействие с агрегированной моделью позволяет дать более обоснованное и согласованное оптимальное решение проблем развития лесного комплекса в рамках данного региона. Схема обмена информацией между моделями такого типа может интерпретироваться, с одной стороны, как приближенная реализация большеразмерной ОММлк, а с другой, как процесс итеративного согласования в агрегированных показателях развития многоотраслевого комплекса по макрозонам страны.

Данные о возможностях развития лесной и деревообрабатывающей промышленности в конкретных регионах (замыкающие технологические способы, ограничения на величину мощностей, возможности сырьевой базы) являются результатом агрегирования детализированных моделей по результатам решения. Когда решения агрегированной модели существенно не меняются и передаваемая через нее информация неизменна (с фиксированной точностью), можно считать, что детализированные модели согласованы по горизонтали. Это абстрактное определение может быть уточнено при реализации конкретного алгоритма согласования. С точки зрения отдельной детализированной ОММлк процесс передачи информации в системе можно трактовать как сбалансированное пошаговое изменение «фона» (в данном случае вариантов развития всего лесного комплекса на федеральном уровне). С этой точки зрения ищется не согласованное решение, а анализируется отраслевая подсистема в рамках конкретной территории при допустимых изменениях внешних условий.

Несомненно, интерес представляет реализация всей системы, но возможна и реализация ее не в полном объеме (что соответствует идеологии структурного подхода). Так, решение конкретной задачи не всегда требует единовременной детализации по всем регионам, при этом нет необходимости представлять все детализированные модели в полном объеме, достаточно детально описать интересующий нас объект, информация же по остальным объектам, представленным в агрегированной модели в качестве фона, получается внемодельным путем (без соответствующей передачи информации, а через другие источники: экспертные оценки, проработки НИИ, проектных отраслевых институтов и т.д.) сразу в агрегированном виде.

Важно, что все модели, входящие в рассматриваемую схему, обладают удобным свойством совместимости информации, они однородны по информационным потокам, циркулирующим в них, и отличаются лишь различной степенью ее агрегирования от уровня к уровню. Это облегчает проблему построения алгоритмов и программного обеспечения передачи, согласования и преобразования информации. Нет необходимости прибегать к преобразованию информации из натуральной в стоимостные показатели и обратно, что всегда связано с определенного рода трудностями.

Структурное подобие моделей позволяет разработать унифицированное программное обеспечение для выделяемых в них типовых блоков (набор блоков, описывающих условия заготовки, переработки, транспортировки сырья и лесопродукции, использования централизованных или региональных ресурсов и т.д. в границах исследуемой территории), которые впоследствии комплектуются в базовые модельные конструкции, реализуемые в системе.

Программное обеспечение предлагаемой системы состоит из трех групп сервисных программ, построено по модульному принципу.

Программы первой группы позволяют автоматизировать подготовку входного файла (набора данных) числовых моделей в необходимом формате (MPS-формате). Каждый модуль (процедура) – формирует соответствующий однородный блок, из которых собирается структура матриц базовой модели. Процедуры первой группы дополнены возможностью автоматического генерирования на базе агрегированной ОММлк детализированных моделей по регионам. Процедуры могут работать в двух режимах: формирование агрегированной модели, формирование любой из детализированных моделей. Режим указывается перед началом работы комплекса процедур. Для работы в режиме формирования агрегированной модели входные файлы являются постоянно хранимыми и содержат полную информацию о всех регионах, входящих в агрегированную ОММлк. Для формирования детализированных моделей хранится только дополнительная информация, касающаяся соответствующего детализируемого региона (Восточная Сибирь, Западная Сибирь и т.д.), и которая подключается к процедурам ввода информации в пакетах прикладных программ реализации оптимизационных задач при работе в режиме детализации (указание индекса формирования детализированной модели по конкретному региону). При работе процедур в режиме формирования детализированной модели в информационных массивах агрегированной модели точечное представление данного региона (например Восточной Сибири) замещается пространственным (по шести более мелким районам).

Вторая группа программ позволяет осуществить обработку решения и представить его в удобном для анализа виде.

Третья группа программ позволяет осуществлять естественную передачу информации между агрегированной и детализированной моделями. На первом этапе подготовлены процедуры для осуществления передачи информации из детализированной модели в агрегированную, т.е. получен-

ная в результате решения детализированной модели информация агрегируется в точечное представление и замещает в файлах агрегированной модели соответствующую информацию (затратные показатели и нормы технологических способов). Предполагается дополнить эту группу процедурами, передающими из агрегированной модели в детализированные нагрузку на лесной комплекс региона в целом (внекомплексное потребление).

Проведенные расчеты по неполной системе, в которую входили, кроме агрегированной модели, ОММлк с детализированным представлением развития отраслей лесного комплекса в СФО, показали работоспособность модельно-программного комплекса. Учитывая предварительный характер расчетов, предназначенных для отладки программного обеспечения и технического тестирования системы, мы не приводим здесь качественного анализа решений.

Как показал опыт работы, формирование модельных комплексов с их сервисным программным обеспечением, построенным по блочно-модульному принципу, унифицированный подход к структуре моделей, представлению и содержанию перерабатываемой информации, обеспечивают:

- управляемый процесс поточного построения ЭММ и соответствующих систем, их автоматизированную генерацию в ЭВМ;
- проведение систематических многовариантных расчетов при различной степени проработанности каждого блока, которое позволяет усовершенствовать модели, уточняя какой-либо блок или дополняя их новыми в процессе оптимизации;
- существенное снижение трудоемкости на этапе ввода исходных данных и передачи информации между моделями;
- в значительной мере автоматизацию функции контроля и защиты данных от случайных ошибок, повышение точности подготовки информации;
- возможность оперативного влияния изменений для уточнения или организации вариантных расчетов;
- работу на всех этапах расчета с содержательно определенной информацией, включая вывод результатов расчетов в требуемых типовых формах.

Экономическая постановка и формальная запись ОММлк. Совокупность моделей, способных наиболее полно описать особенности функционирования лесной отрасли, должна включать синтез различных видов моделей, таких как: статистические, имитационные, оптимизационные и др. Каждая из этих моделей обладает определенными преимуществами и недостатками. Поэтому их применение должно быть комплексным, именно такой подход как раз и используется в ИЭОПП СО РАН [Блам и др., 2003].

В условиях рыночной экономики построение оптимизационных моделей не потеряло своей актуальности как с теоретической, так и с практической сторон. Оптимизационные модели и прогнозирование особенно необ-

ходимы в крупных корпорациях для определения и математического обоснования прибыльности и рентабельности развития производства. С другой стороны, государство с их помощью может построить более эффективную систему управления ресурсами, политику квотирования, политику развития регионов, оптимальную налоговую политику, которые позволяют, не вмешиваясь в рыночные механизмы и не нарушая рыночных законов, управлять экономикой страны. В качестве инструментария, который бы позволил количественно оценить последствия того или иного мероприятия, реализуемого в лесном комплексе, используются различные производственно-транспортные модели.

В качестве базовой (исходной) модели использовалась многопродуктовая оптимизационная межрегиональная модель лесного комплекса, в которой описаны основные технологические, производственные и транспортные характеристики и взаимосвязи лесной отрасли.

Данная модель характеризуется четырьмя типами формирующих блоков:

- ✓ заготовка древесины (сырья);
- ✓ переработка сырья (производство продукции);
- ✓ транспорт (перевозка сырья и продукции между регионами);
- ✓ ограничение по мощностям.

Структурно эту модель можно представить в виде системы типовых однородных взаимосвязанных блоков, описывающих заготовку, переработку лесосырья, транспортные связи, экспортный блок, ограничения задачи и значения целевой функции. Преимущество такой балансовой модели состоит в том, что ее легко можно изменить, модифицировать, добавить свежие данные, дополнить различными блоками, ввести новые переменные и т.д. Каждый из блоков имеет однородный числовой массив и единый принцип построения технологических способов.

Построенная на принципах структурного подхода и блочно-модульного программирования модель может использоваться для проведения целевых многовариантных экспериментальных расчетов. Полученные при оптимизации двойственные оценки позволяют количественно соизмерить представленные в модели ограничения.

В исходной модели описаны основные технологические, производственные и транспортные характеристики и взаимосвязи лесной отрасли.

Введем обозначения:

Индексы:

I – индекс вида лесного сырья ($i \in I_1$ – виды сортиментов, $i \in I_2$ – отходы);

J – индекс вида готовой продукции ($j \in J_1$ – множество видов готовой продукции, при производстве которых образуются отходы, $j \in J_2$ – множество видов готовой продукции, при производстве которых отходы не образуются);

l – индекс агрегированного пункта лесозаготовок и переработки сырья на месте, $l \in L$;

m – индекс пункта конечного потребления, $m \in M$;

v– индекс варианта производства готовой продукции.

Параметры:

e_{il} – выход i-го вида сырья при единичной интенсивности использования рубок в l-м пункте;

a_{ij}^{v} – норма расхода i-го вида сырья при производстве j-й продукции v -м способом;

a_{j}^{v} – выход вторичных видов сырья (отходов) при производстве j-й продукции v-м способом;

b_{jj}^{v} – норма расхода j-го вида продукции при производстве продукции j' или выход продукции j при единичной интенсивности производства (если рассматривается «обычный» вид продукции, на которые тратится первичное лесосырье, то из всего множества одна компонента равна 1, остальные 0);

t_l – приведенные затраты на проведение рубок в l-м пункте заготовки;

s_{jl}^{v} – приведенные затраты на производство единицы j-й продукци v-м способом в l-м пункте ;

$c_{ill'}$ – затраты на перевозку единицы i-го лесосырья из l-го пункта в l'-й пункт;

$f_{jll'}$ – затраты на перевозку j-й лесопродукции из l-го района в l'-й район;

$\overline{c}_{ill'}$ – затраты на перевозку единицы i-го лесосырья из l-го района лесозаготовок в m-й пункт потребления;

$\overline{f}_{jlm}$ – затраты на перевозку j-й лесопродукции из l-го района лесозаготовки в m-й пункт потребления;

G_l – объемы лесозаготовок в l-м пункте;

Π_{il} – объем потребления i-го вида лесосырья в l-м пункте;

Γ_{jl} – объем потребления j-го вида лесопродукции в l-м пункте;

$\overline{\Pi}_{im}$ – объем потребления i-го вида лесосырья в m-м конечном пункте потребления;

$\overline{\Gamma}_{jm}$ – объем потребления j-го вида лесопродукции в m-м конечном пункте потребления;

Δ_l – объем лесозаготовок действующих мощностях в l-м пункте заготовки;

O_{jl} – объем производства j-го вида продукции на действующих мощностях в l-м пункте.

Переменные:

z_l – интенсивность лесозаготовок в l-м пункте заготовки;

x_{jl}^{v} – объем производства j-го продукта v-м способом в l-м пункте;

$v_{ill'}$ – объем перевозок i-го транспортабельного лесосырья из l-го района лесозаготовок в l'-й район;

$w_{jll'}$ – объем перевозок j-го вида лесопродукции из l-го района лесозаготовк в l'-й район;

$\overline{v}_{ilm}$ – объем перевозок i-го транспортабельного лесосырья из l-го в m-й пункт потребления;

$\overline{w}_{jlm}$ – объем перевозок j-го вида лесопродукции из l-го района в m-й пункт потребления.

$h_{i'il}$ – объем замены i'-м лесосырьем i-го в l-м районе.

Условия модели запишутся следующим образом:

1) ограничение по рубкам:

$$z_l \le G_l, \quad l \in L;$$

2) ограничения по заготовке и использованию древесины (в разрезе рассматриваемых сортиментов) по выделенным пунктам:

$$e_{il} z_l - \sum_j \sum_\nu a_{ij}^\nu x_{jl}^\nu - \sum_{l'} v_{ill'} + \sum_{l'} v_{il'l} - \sum_m \overline{v}_{ilm} + \sum_{i'} \overline{h}_{ii'l} - \sum_{i'} h_{i'il} \ge$$
$$\ge \Pi_{il}, l \in L, i \in I_1;$$

$$\sum_{j \in J_1} \sum_\nu \alpha_{ij}^\nu x_{jl}^\nu - \sum_{j \in J_2} a_{ij}^\nu x_{jl}^\nu \ge 0, \quad i \in I_2;$$

3) ограничение по производству и вывозу продукции в выделенных пунктах:

$$\sum_\nu x_{jl}^\nu - \sum_{j'} \sum_\nu b_{jj'}^\nu x_{jl}^\nu - \sum_{l'} w_{jll'} + \sum_{l'} w_{jl'l} - \sum_m \overline{w}_{jlm} \ge \Gamma_{jl}, \quad l \in L, j \in J \;;$$

4) ограничение на ввоз круглого леса конечным потребителям:

$$\sum_l \overline{v}_{ilm} \ge \overline{\Pi}_{im}, \quad i \in I, m \in M;$$

5) ограничение на ввоз лесопродукции конечным потребителям:

$$\sum_l \overline{w}_{jlm} \ge \overline{\Gamma}_{jm}, \quad j \in J, m \in M;$$

6) ограничения на действующие мощности:

по заготовке древесины:

$$z_l \ge \Delta_l, \quad l \in L;$$

по производству продукции:

$$\sum_\nu x_{jl}^\nu \ge \mathrm{O}_{jl}, \quad j \in J, l \in L.$$

Целевая функция:

$$\sum_{l} t_l z_l + \sum_{l}\sum_{j}\sum_{v} s_{jl}^{v} x_{jl}^{v} + \sum_{l}\sum_{l'}\sum_{i} c_{ill'} v_{ill'} + \sum_{l}\sum_{l'}\sum_{i} c_{ill'} v_{il'l} + + \sum_{m}\sum_{l}\sum_{i} \bar{c}_{ilm} \bar{v}_{ilm} +$$

$$+ \sum_{l}\sum_{l'}\sum_{j} f_{jll'} w_{jll'} + \sum_{l}\sum_{l'}\sum_{j} f_{jll'} w_{jl'l} + \sum_{m}\sum_{l}\sum_{j} \bar{f}_{jlm} \bar{w}_{jlm} \to \min$$

В настоящее время в ИЭОПП реализована конкретная модификация модели, в которой территория РФ была разделена на три зоны: Сибирь (СФО), Дальний Восток (ДФО) и европейскую часть России. В каждом из районов предполагается заготовка, переработка, потребление и экспорт лесосырья и лесопродукции. Возможны различные транспортные перевозки между районами. Также были выделены два направления вывоза леса и лесной продукции за пределы России – Китай и все прочие страны. Экспортируется 8 видов продукции: круглый лес, пиломатериалы, фанера, ДСП, ДВП, целлюлоза, бумага, картон.

Проведена серия отладочных расчетов с целью нахождение объемов лесозаготовок, объемов и структуры лесоперерабатывающих производств, направлений и объемов перевозок сырья и лесопродукции, при которых максимизировалась выручка от экспорта при заданных ограничениях и структуре цен. Получен базовый сбалансированный вариант, описывающий состояние ЛПК на уровне 2005, 2007 и 2008 годов по производству и экспорту лесопродукции, с введением ограничений на действующие мощности. Разработан модифицированный вариант базовой оптимизационной межрайонной модели лесного комплекса (ОММлк) со встроенным экспортным блоком, показана возможность применения модели в качестве инструмента количественной оценки структуры лесоэкспорта.

Построенный на принципах структурного подхода и блочно-модульного программирования вариант модели может использоваться для оценки эффективности альтернативных вариантов производства и экспорта лесосырья и лесопродукции. Полученные при оптимизации двойственные оценки позволяют количественно соизмерить представленные в модели ограничения. С целью получения детальной информации для анализа структуры лесоэкспорта и наполнения модели информацией сформированы и обработаны Базы данных таможенной статистики по ВЭД лесного комплекса с 2005 по 2010 год.

Главное достоинство построенной балансовой модели состоит в том, что ее легко можно изменить, модифицировать, добавить свежие данные, дополнить различными блоками, ввести новые переменные и т.д. Каждый из блоков имеет однородный числовой массив и единый принцип построения технологических способов.

Вопросы подготовки исходной информации. Использование Баз данных таможенной статистики. Актуальность и достоверность полученных результатов экспериментальных расчетов зависит от информационного наполнения модели.

Основным относительно доступным на сегодня источником получения информации является таможенная статистика. Это источник, содержащий сведения о товарной номенклатуре торговли, ее объемах и ценах, географии поставок, предприятиях-экспортерах и многое другое. Но и она имеет ряд недостатков, которые связаны с тем, что учет и заполнение первичных деклараций не лишен ошибок, поэтому методика обработки, использования и правомерность выводов по информации, полученной из баз данных таможенной статистики, является отдельным предметом обсуждения [Ковалева, 2010].

Таможенная статистика отражает динамику показателей внешнеторгового оборота, объемов экспорта и импорта в натуральном и стоимостном выражении, изменения географической направленности экспортно-импортных операций. Данные таможенной статистики представляют собой большие массивы информации о декларациях, заполненных на таможне при совершении сделок экспорта и импорта продукции в соответствии с присвоенным кодом товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (Код ТН ВЭД). Каждая строчка – отдельная декларация. По столбцам (полям) содержится следующая информация: код страны-импортера; название страны-импортера; код региона-экспортера; название региона-экспортера; код продукции; наименование продукции; стоимость сделки; количество экспортируемой продукции и т.п.

Таким образом, после соответствующей обработки исходной информации можно получить необходимые данные по экспорту и импорту России в продуктовой и территориальной дифференциации в натуральном и стоимостном выражениях.

Несмотря на всю, казалось бы, обширность информации, предоставляемой таможенной статистикой, ее обработка вызывает ряд трудностей: несоответствие полей по кодам заполнения год от года; полное или частичное отсутствие числовых данных, при заполнении некоторых полей декларации; ошибочность заполнения полей, особенно в части единиц измерения (когда пишут тонны, а имеют в виду килограммы); также возникает проблема с агрегированием информации по определенному виду продукции. Несмотря на то что каждой номенклатурной позиции присвоен свой код, встречаются ситуации, когда практически одинаковой продукции присваиваются разные коды, что затрудняет техническую обработку и последующий анализ данных. В целом, можно сделать вывод о недостатке и неточности имеющейся в открытом доступе статистической информации, поэтому при наполнении модели данными необходимо использовать разные источники информации, а также прибегать к экспертным оценкам.

В настоящее время в ИЭОПП на основе данных таможенной статистики созданы Базы данных по экспорту лесопродукции за 2000 г., 2006–2012 гг. и импорту лесопродукции за 2009–2012 гг.

На исходном этапе информация представляла из себя большое количество текстовых файлов, содержащих первичные декларации, заполненные на таможнях при совершении сделок экспорта и импорта лесной продукции. Каждая строчка – отдельная декларация. Данные файлы пригодны для импорта в таблицы Microsoft Excel, которые, в свою очередь, импортировались в базу данных Microsoft Access. Данными, находящимися в MS Access, уже довольно легко оперировать и получать на выходе детализированные аналитические таблицы и графики и, в частности, входные данные для сценарных расчетов по модели.

В процессе работы выявилось несколько трудностей, которые не позволяли получить адекватных данных на выходе. Во-первых, при некорректном формате исходных текстовых данных, что наблюдалось в большом количестве деклараций, двойное импортирование приводило к потере числовых данных. Во-вторых, человеческий фактор повышал вероятность получения ошибочных данных. В-третьих, эта кропотливая работа сама по себе отнимает большое количество человеко-часов, а объем данных с каждым годом все увеличивается. Так, например, база по экспорту за 2007 г. содержит порядка 100 тысяч записей, а за 2010 г. уже около миллиона. Эти проблемы были решены, написанием программы на языке Java, которая автоматически считывала информацию из каждого текстового файла, исправляла типичные ошибки в формате данных и вносила ее напрямую в базу MS Access, используя SQL интерфейс. С помощью данных программ получены сами базы, и проведена обработка и анализ полученных в результате данных, который показал их состоятельность и в большей части совпадение с официально опубликованной статистикой.

Используя Базы данных таможенной статистики, можно извлечь довольно подробную информацию об экспортной деятельности лесопромышленного комплекса страны [Блам, Бабенко, 2011]. Так, доля деловой древесины в структуре экспорта в 2010 г. все-таки сократилась (2008 г. – 34%, 2010 г. – 21%). Можно сказать, доля пиломатериалов, плит, фанеры, бумаги, картона в структуре экспорта практически не изменилась. В целом за последние годы наблюдался рост продукции лесоэкспорта. Доля поставок необработанных материалов варьирует не сильно и занимает первое место в структуре лесоэкспорта, что говорит о том, что никаких радикальных изменений в ЛПК за последние 10 лет не произошло, и указывает на необходимость дальнейших реформ.

Тенденции 2006–2010 гг., выявленные на основе обработки Баз данных таможенной статистики по внешнеэкономической деятельности, показывают, какие рынки определяют для Сибири направления экспорта вновь вводимых предприятий (они в основном и создаются под растущий внеш-

ний спрос). Практически весь прирост производства ориентирован на экспорт в Китай, так как внутренний рынок в основном будет закрываться приростом производства в других федеральных округах (Северо-Западном и Приволжском).

Нельзя не учитывать и рынок стран СНГ. Хотя доли отдельных стран колеблются в пределах 1–5%, их суммарная доля составляет 14,4%. Они также являются одним из ключевых импортеров в силу своей географической близости и нестрогой требовательности к качеству продукции ЛПК. Доля стран Европы в целом составляла в 2006 г. – 22,8%, а в 2008 – 26,3%.

Катализатором активности инвесторов в лесном комплексе Сибирского федерального округа стало постановление Правительства о создании особых условий для осуществления приоритетных инвестиционных проектов, а именно – о передаче лесных участков в аренду без аукциона и снижении процентной ставки вдвое на период строительства предприятия. Порог вхождения в перечень – стоимость предложенного к реализации проекта не менее 300 млн руб.

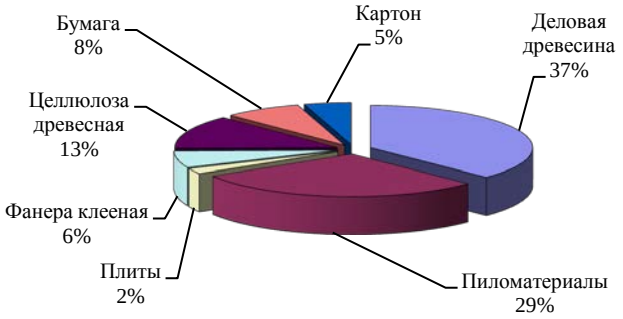
Большие расстояния, отсутствие транспортной инфраструктуры (необходимой для вовлечения в хозяйственный оборот высокоэффективных лесосырьевых баз), проблемы с людскими ресурсами в азиатской части страны переключают внимание инвесторов на Северо-Западный, Центральный и Приволжский федеральные округа. Отметим также, что почти все инвесторы, принимая решение о строительстве предприятий по глубокой переработке древесины в том или ином регионе, опираются на самостоятельно проведенный мониторинг рынков сырья, труда, готовой продукции и конкурентов. Преимущественно все проекты нацелены на производство конечной продукции с высокой степенью переработки.

Некоторые результаты экспериментальных расчетов по ОММлк со встроенным экспортным блоком. На рис. 4.6 представлены товарные структуры лесоэкспорта, полученные из Базы данных таможенной статистики и из оптимизационной модели, отражающей положение ЛПК на уровне 2008 г. Валютная экспортная выручка за 2008 г. из Баз данных по основным товарам ЛПК составляет ~ 14,1 млрд долл., а по модели ~ 15,3 млрд долл. Как видим, построенная модель достаточно хорошо описывает реальное положение дел. Можно сказать, что при существующих мощностях производства и ограничений на внутреннее потребление, возможно улучшение товарной структуры лесоэкспорта в сторону увеличения экспорта товаров с большей добавленной стоимостью при правильной политике лесоэкспорта (за счет увеличения экспорта целлюлозы, бумаги).

Интересны результаты сценарных расчетов по последствиям повышения вывозных таможенных пошлин на отдельные виды необработанных лесоматериалов. Изменение таможенных пошлин на лесопродукцию оценивалось по-разному. С одной стороны, было мнение, что оно благоприятно

скажется на ситуации в лесопромышленном комплексе, что увеличение ставок экспортных пошлин на круглые лесоматериалы хвойных пород обеспечит привлечение инвестиций для развития на территории России производств по глубокой переработке древесины странами-импортерами круглых лесоматериалов и дополнительный годовой доход в федеральный бюджет в размере до 130–150 млн долл.

А



В

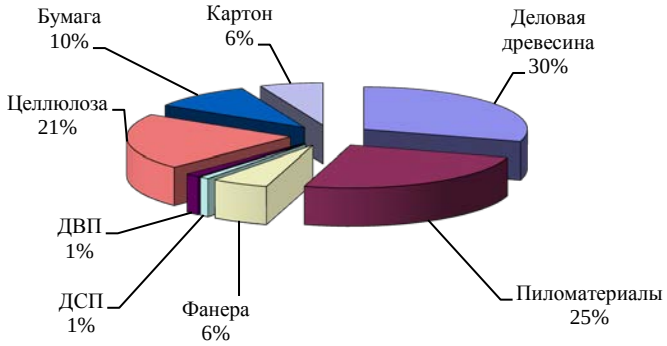


Рис. 4.6. Товарные структуры лесоэкспорта:
А – по данным таможенной статистики;
В – по базовой модели

С другой стороны – это самое простое решение, которое ничего не даст, кроме закрытия множества мелких предприятий. Ведь вывозные таможенные пошлины есть ни что иное, как статья затрат лесоэкспортеров. Следовательно, повышение таможенных пошлин на вывоз круглого леса без соответствующего роста экспортных цен автоматически приведет к снижению прибыли лесозаготовительных предприятий. Потенциальными экспортерами хвойных балансов в этих условиях остаются только поставщики из близлежащих регионов. Для остальных регионов экспорт этой продукции становится экономически убыточным. А эффект от снижения таможенных пошлин на вывоз продукции глубокой переработки может оказаться незначительным из-за отсутствия спроса на такую продукцию российского производства на мировом рынке. Корректировка таможенных по-

шлин видится необходимой мерой для улучшения структуры экспорта. Но важна даже не сама величина таможенной пошлины в процентном выражении, а минимум пошлины, который обязательно взимается с каждого проданного кубометра леса.

Результаты обработки Базы данных таможенной статистики говорят о незначительном сокращении экспорта круглого леса (от 40 до 37%) и росте экспорта целлюлозы (от 10 до 13%). А в целом, товарная структура лесоэкспорта по основным товарам за 2006–2008 гг. не изменилась. Несмотря на положительную тенденцию, влияние первого и второго этапа повышения таможенных пошлин практически не отразилось на деятельности лесного сектора.

Проведение экспериментальных расчетов для повышения пошлины на круглый лес до заградительного уровня в 80%, показало, что увеличение пошлины на круглый лес вызовет рост цен на него. В свою очередь рост цен на круглый лес должен повлиять на его спрос. На основе анализа динамики цен и объемов экспорта лесопродукции за последние годы эластичность спроса на круглый лес принята равной 0,6. (Расчетная товарная структура лесоэкспорта после повышения пошлин до уровня 80% показана на рис. 4.7.)

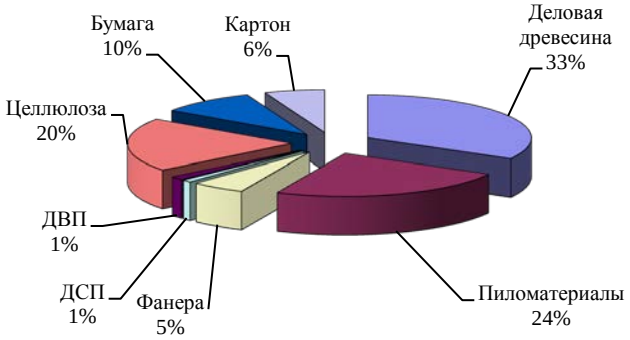


Рис. 4.7. Товарная структура, рассчитанная по модели при повышении пошлин до уровня 80%

При этом наблюдается уменьшение валютной выручки от 15,3 до 14,6 млрд долл., что связано, в первую очередь, с той же проблемой нехватки производственных мощностей для глубокой переработки, а также с уменьшением спроса на круглый лес из-за увеличение цены на него. Несмотря на уменьшение валовой выручки от экспорта при повышении пошлин до 80% товарная структура меняется в сторону товаров с большей добавленной стоимостью: целлюлоза (от 13 до 21%), бумага (от 8 до 10%), картон (от 5 до 6%).

Таким образом, повышение пошлин до 80% на круглый лес при неизменных мощностях производства, приводящее к уменьшению валовой выручки от экспорта, не является целесообразным в ближайшей перспективе.

Поэтому был проделан экспериментальный расчет динамики изменения валовой выручки от лесоэкспорта при поэтапном повышении пошлины с шагом в 1% от значения пошлины в данный момент (25%) до планируемого заградительного уровня (80%). Прогнозируемая по модели динамика изменения валовой выручки от лесоэкспорта показана на рис. 4.8.

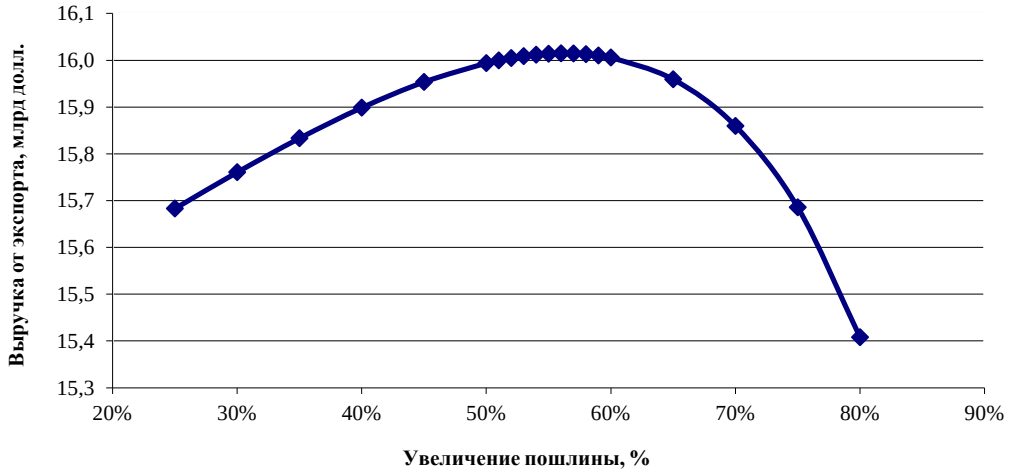


Рис.4.8. Динамика изменения выручки от экспорта при повышении пошлины на круглый лес[1].

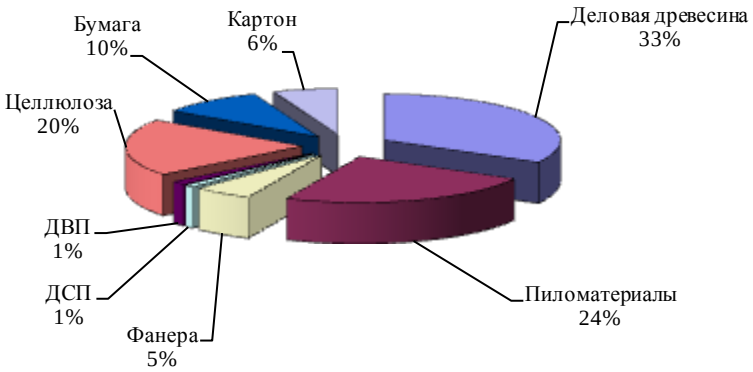


Рис. 4.9. Товарная структура лесного экспорта при установлении 56% экспортной пошлины на круглый лес

[1] При расчетах использовалось предположение об эластичности спроса на круглый лес, равной 0,6, и абсолютной эластичности спроса на остальную продукцию. Перерасчет цен и изменение спроса на круглый лес был функционально задан и происходил на каждом этапе расчетов.

В существующих условиях на лесном рынке и ЛПК России максимальный рост выручки лесной отрасли от экспорта достигается установлением экспортной пошлины на круглый лес на уровне 56%. При увеличении пошлины на круглый лес больше 65% наблюдается серьезное сокращение выручки. Объемы экспорта круглого леса, полученные в результате расчета по модели при ставке пошлины 56%, с 31,5 млн $м^3$ возросли до 53 млн $м^3$. Соответствующая товарная структура экспорта показана на рис. 4.9. Как видно, при повышении пошлины до 56% доля круглого леса в общем объеме экспорта составляет 33%, однако суммарная выручка от экспорта возросла.

Такой вариант можно считать наиболее благоприятным в случае отсутствия значимых инвестиций в отрасль. Во-первых, желаемые изменения в структуре экспорта (рост доли продукции глубокой переработки) все же есть. Во-вторых, данный уровень пошлины обеспечивает рост поступлений в государственный бюджет. В-третьих, нешоковая политика дает время мелким и средним предприятиям в отрасли перепрофилировать свою деятельность на выпуск продукции глубокой переработки, а пошлина в размере 56% является серьезным стимулом для реорганизации деятельности. И, наконец, наиболее экономически эффективные предприятия отрасли получат дополнительную прибыль, которую смогут направить на инвестиции, что, в конечном счете, приведет к росту степени концентрации в отрасли, но меньшему, чем в случае 80%-го уровня пошлины.

Повышение таможенных пошлин на экспорт круглого леса до запретительного уровня не приведет к прогнозируемым изменениям в структуре экспорта и росту эффективности лесного комплекса. Более адекватным способом явятся государственные инвестиции в производственную инфраструктуру (лесовозные дороги), расширение мощностей по глубокой переработке и внедрение современных технологий переработки.

Рост отечественной лесной промышленности традиционно видится за счет качественного развития экспорта. Экспорт является на сегодняшний день источником инвестиций для реализации долгосрочных стратегий импортозамещения, а затем, возможно, и для выхода на мировой рынок продукции глубокой переработки древесины. Конечно, эти перспективы долгосрочные, они во многом зависят от стратегии государства. Но пока нет других, более быстрых способов внедрения на мировой рынок продукции с высокой добавленной стоимостью.

ЛИТЕРАТУРА

Блам Ю.Ш., Бабенко Т.И., Машкина Л.В., Ермолаев О.В. Экономические последствия государственного регулирования лесного сектора // Регион: экономика и социология. – 2011. – №2, – С. 211–222.

Блам Ю.Ш., Бабенко Т.И., Машкина Л.В., Машкина О.В. Модели и методы анализа адаптации экономики лесного комплекса к изменяющимся условиям // Экономическое развитие России: региональный и отраслевой аспекты: сб. науч. тр. / под ред. Е.А. Коломак, Л.В. Машкиной. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2003. – Вып. 4. – С. 123–137.

Блам Ю.Ш., Бабенко Т.И. Структура экспорта лесного комплекса // Моделирование производственных и региональных систем на основе ГИС и информационных технологий: сб. науч. тр. / под ред. Ю.Ш. Блама, В.В. Радченко. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2011. – С. 224–243.

Блам Ю.Ш., Машкина Л.В. Структурный подход к формированию модельно-программных комплексов // Исследования многорегиональных экономических систем: опыт применения оптимизационных межрегиональных межотраслевых систем: [сб. ст.] / под ред. В.И. Суслова. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2007. – С. 128–145.

Гранберг А.Г., Михеева Н.Н., Суслов В.И., Ершов Ю.С. Экономико-математические исследования пространственного развития России на основе межотраслевых моделей // Междунар. науч.-практ. конф. «Межотраслевой баланс – история и перспективы». 15 апр. 2010 г.: доклады, статьи, материалы / Ин-т макроэкон. исслед., Росстат. – М.: ГУ ИМЭИ, 2011. – С. 46–55.

Гревцов А. Неприоритетность // ЛесПромИнформ. – 2008. – № 4 (53). – С. 16.

Ершов Ю.С., Ибрагимов Н.М., Мельникова Л.В. Современные постановки прикладных межрегиональных межотраслевых моделей // Исследования многорегиональных экономических систем: опыт применения оптимизационных межрегиональных межотраслевых систем: [сб. ст.] / под ред. В.И. Суслова. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2007. – С. 29–59.

Ибрагимов Н.М. Модификация модельно-программного комплекса оптимизационных межотраслевых моделей // Экономическое развитие России: региональный и отраслевой аспекты: сб. науч. тр. / под ред. Е.А. Коломак, Л.В. Машкиной. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2008. – Вып. 9. – С. 6–25.

Йодан Э. Структурное проектирование и конструирование программ. – М.: Мир, 1979. – 415 с.

Ковалева Г.Д. Проблемы и подходы к учету регионального экспорта // Региональная экономическая политика субъекта Федерации: принципы, формы и методы реализации / под ред. А.С. Новоселова. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2010. – Гл. 14.2. – С. 479–489.

Машкина Л.В. Прогнозирование развития лесопромышленного комплекса в составе экономики России // Экономика России и Сибири: прошлое, настоящее, будущее: материалы научной конференции, посвящ. 50-летнему юбилею Ин-та экон. и организации пром. пр-ва СО РАН, г. Новосибирск, 17–19 июня 2008 г. / отв. ред. В.В. Кулешов. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2008. – С. 115–126.

Методы и модели согласования иерархических решений / под ред. А.А. Макарова. – Новосибирск: Наука, 1979. – 240 с.

Промышленность России, 2009: статистический сборник / председ. ред. колл. И.С. Ульянов. – М.: Федеральная служба государственной статистики, 2009. – 381 с.

Регионы России: социально-экономические показатели, 2009: стат. сб. / председ. ред. колл. А.Л. Кевеш. – М.: Федеральная служба государственной статистики, 2009. – 999 с.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

Кожемяко Н.П. Инструменты управления стратегическим развитием лесного сектора в формате государственно-частного партнерства. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. докт. экон. наук. – Москва, 2011 // http://vak.ed.gov.ru/ru/dissertation/index.php?id54=13781

Концепция Стратегии развития лесного комплекса РФ на период до 2020 г. – Минпромэнерго России // www.forestforum.ru/upload/upload/concept1.doc

Федеральная служба государственной статистики (внешняя торговля) // http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/trade

Глава 5
ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ В МАШИНОСТРОЕНИИ И ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

5.1. СОНАР-МАШ

В конце 70-х годов прошлого столетия в группе машиностроения (с 1979 г. – сектор проблем машиностроения) отдела оптимального отраслевого планирования ИЭОПП СО РАН в рамках реализации проекта СОНАР начались исследования проблем машиностроения во взаимодействии с совокупностью отраслей экономики как потребителей его продукции. К этому времени был уже накоплен достаточный опыт решения отраслевых оптимизационных задач развития и размещения отдельных отраслей машиностроения, в 1978 г. была издана монография [Амосенок и др., 1978], подводящая некоторый промежуточный итог исследованиям тех лет. Стало очевидным, что для обоснованной и корректной оценки происходящих и долгосрочных структурных сдвигов в машиностроении, в частности связанных с прогнозируемыми в Комплексной программе научно-технического прогресса СССР изменениями в структуре народного хозяйства, при моделировании развития машиностроения необходим учет межотраслевых и региональных факторов и взаимодействий. Это позволило бы отслеживать взаимное влияние народнохозяйственных и региональных целей развития машиностроения на фоне других отраслей промышленности и экономики в целом.

Машиностроительные образования в регионах, различающиеся по эффективности функционирования, составу производств, уровням специализации и удовлетворения региональных потребностей, всегда влияли на функционирование региональных хозяйств. В теоретических разработках 1970-х годов обосновывалось, что рациональное размещение машиностроительных производств, способствующее осуществлению прогрессивной технической реконструкции регионального производственного аппарата и внедрению хозрасчета, является одной из важнейших задач радикальной экономической реформы. Исходя из этого прогнозирование развития машиностроения строилось с учетом свойственных ему особенностей территориального размещения, в частности таких как:

- широкое территориальное рассредоточение машиностроительных предприятий независимо от объективной экономической необходимости их присутствия в данном регионе (размещение машиностроительных оборонных предприятий по государственным соображениям). В 1990-х годах эта особенность вызвала существенные отрицательные экстерналии для экономик ряда регионов;

- групповой характер размещения машиностроительных заводов в виде «территориальных кустов», сосредотачивавших разнородные по специализации предприятия (характерный пример – машиностроительный конгломерат Новосибирской области включает практически все отрасли оборонной промышленности РФ, а также электротехническую, станкоинструментальную и другие отрасли машиностроения).

Результаты первого этапа работ по согласованию развития машиностроения с развитием отраслей народного хозяйства были зафиксированы в 1984 г. в виде годового научного отчета, где методологической и инструментальной основой расчетов явилась оптимизационная многоотраслевая межрегиональная модель с детализированным блоком машиностроения (ОМММ-МАШ).

В соответствии с общим содержанием проекта СОНАР модельные расчеты должны были позволить исследовать варианты возможных направлений развития данной отраслевой системы, согласованные с другими подразделениями народного хозяйства. Технически это означало, что в «тело» разработанной общей народнохозяйственной модели (например: ОМММ, укрупненной межотраслевой модели – УММ, динамической модели межотраслевого баланса – ДММБ) встраивался блок элементов рассматриваемого отраслевого образования или отраслевого комплекса. Общая схема использования ОМММ для исследования проблем межотраслевого взаимодействия машиностроения не отличалась от уже сложившейся в исследованиях других отраслей. Так, на верхнем уровне использовалась ОМММ с однопозиционным представлением машиностроения, на среднем – ОМММ с детализированным блоком, на нижнем – модифицированные ОМММ с детализацией отдельных совокупностей машиностроительных отраслей или производств. На последующих этапах исследований предпринимались попытки реализации такой схемы с ее расширением на нижележащие уровни – отраслевой и региональный.

Рассмотрим подробнее особенности представления блока машиностроения в ОМММ-МАШ.

Построенная и реализованная модель включала блок машиностроительной промышленности, состоящий из следующих отраслей:

1. Энергетическое машиностроение.
2. Металлургическое машиностроение.
3. Горно-шахтное и горнорудное машиностроение.
4. Подъемно-транспортное машиностроение.
5. Электротехническая промышленность.
6. Машиностроение для нефте-, газодобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности.
7. Станкоинструментальная промышленность.

8. Приборостроение.
9. Автомобильная промышленность.
10. Тракторное и сельскохозяйственное машиностроение.
11. Строительно-дорожное машиностроение.
12. Машиностроение для легкой промышленности.
13. Машиностроение для пищевой промышленности.
14. Прочие отрасли машиностроения.
15. Металлообрабатывающая промышленность и ремонтное производство.

Выбор данной номенклатуры отраслей машиностроения был обусловлен прежде всего стремлением охватить по возможности все отрасли машиностроения, обеспечивающие народное хозяйство готовыми машинами, оборудованием, комплектующими изделиями, запасными частями. В состав номенклатуры были включены и отрасли, работающие на само машиностроение. Это позволило в региональных матрицах отобразить как внешние, так и внутренние межотраслевые связи машиностроения. Известно, что продукция машиностроения – это прежде всего материализованные инвестиции. Именно эта особенность была отражена в конструкции ОМММ – в балансах производства и распределения продукции фондосоздающих отраслей (машиностроения и строительства) и в балансах капитальных вложений. В первых расчетах по ОМММ-МАШ в балансах капиталовложений машиностроение представлялось в виде одной позиции в капиталовложениях первого вида – машины и оборудование.

При подготовке исходной информации для расчетов по ОМММ-МАШ, особенно в части определения границ производства по отраслям, трудовых, транспортных затрат, было выявлено, что из имеющейся статистики по машиностроению невозможно было прямо получить информацию по «чистым» отраслям в среднесоюзных оптовых ценах предприятий. Кроме того, валовую продукцию по отраслям машиностроения необходимо было делить на три части: инвестиционную, промежуточную и товары народного потребления. Поэтому все исходные данные из доступных машиностроительных информационных источников приводились в сопоставимый вид с данными других отраслей в модели с помощью специальных пересчетов.

Так, расчет минимальных и максимальных объемов производства по отраслям машиностроения (интервалов ограничений на переменные модели) осуществлялся в следующей последовательности.

На первом шаге определялись минимальный и максимальный объемы производства машиностроительной продукции в целом по машиностроению. Расчеты базировались на вариантах развития машиностроения: например, прогнозировалось, что показатели развития машиностроения за расчетный период должны соответствовать такому уровню развития народ-

ного хозяйства СССР в целом, при котором масса оборудования и машин в народнохозяйственных производственных основных фондах возрастет к 2000 г. в 2 раза, что должно было вызвать рост технической вооруженности труда более чем в 2 раза при росте производительности труда в народном хозяйстве в 1,5 раза. Этому соответствовал задаваемый рост общих объемов капитальных вложений в народное хозяйство при определенном маневре в части их перераспределения в пользу развития самого инвестиционного комплекса.

На втором шаге производилось дезагрегирование объемов производства и соответствующих им технико-экономических показателей по отраслям машиностроения и металлообработки страны в целом. Данному этапу предшествовал развернутый ретроспективный анализ темпов и пропорций развития отраслей машиностроения в увязке с темпами и пропорциями развития потребляющих отраслей промышленности и других звеньев народного хозяйства. На этом шаге также осуществлялись необходимые расчеты по выделению объемов производства продукции машиностроения и соответствующих им основных технико-экономических показателей за счет действующих и новых предприятий.

На третьем шаге выполнялось дезагрегирование показателей, характеризующих темпы и пропорции развития машиностроения по выделенным экономическим зонам. Эта наиболее трудоемкая часть расчетов охватывала несколько стадий:

1) на первой стадии осуществлялось прогнозирование возможных темпов роста и масштабов производства машиностроительной продукции по каждой отрасли в разрезе экономических зон и принятых периодов прогнозирования, по группе действующих на начало прогнозируемого периода предприятий, а также по группе намечаемых к строительству новых предприятий;

2) на следующей стадии определялся ориентировочный перечень новых предприятий, рекомендуемых к размещению, их основные технико-экономические показатели, сроки ввода и освоения мощностей в рассматриваемой перспективе; для этого изучались предложения отраслевых проектных и научно-исследовательских институтов страны, отраслевые схемы развития и размещения машиностроительного производства, постановления директивных и центральных плановых органов, рекомендации научных конференций и другие материалы по проблемам развития и размещения предприятий машиностроения;

3) на заключительной стадии третьего шага рассчитывались минимальные и максимальные границы развития машиностроения, и осуществлялась взаимная увязка основных показателей развития и размещения отраслей машиностроения, полученных на предыдущих шагах.

На основе анализа взаимосогласованной системы показателей развития и размещения отраслей машиностроения были выполнены расчеты допустимых интервалов производства во всех выделенных экономических

зонах на рассматриваемую перспективу, а также расчеты материальных и транспортных затрат для каждой отрасли машиностроения и экономической зоны.

По существу, первые экспериментальные расчеты по ОМММ-МАШ преследовали две цели: отработка методических приемов информационного обеспечения расчетов и анализ возможных ситуаций в развитии машиностроения во взаимосвязи с вариантами развития всего народного хозяйства и его отраслей. Например, в одной из серий расчетов за основу принимался такой вариант развития машиностроения СССР, который представлял собой некий «маневр», заключающийся в опережающих темпах развития отрасли и отражающий связанные с этим определенные тенденции и сдвиги в народном хозяйстве в принятом периоде планирования.

Расчеты по этому варианту показали, что значения экономических показателей перспективного состояния народного хозяйства в целом, в том числе и машиностроения, были близки к значениям соответствующих показателей «маневра». Величины среднегодовых темпов прироста валового продукта в целом по стране и валовой продукции машиностроения, полученные в расчетах, соответствовали заложенной в варианте плана тенденции опережения роста машиностроения. В итоге получилось, что как в целом по стране, так и в каждой зоне машиностроение в 2000 г. стало занимать значительное место в промышленности (более 1/4).

Отметим здесь одну интересную деталь: отраслевая структура машиностроения по решению ОМММ-МАШ не противоречила сложившимся тенденциям, однако не совсем правильно (относительно сложившегося в тот период представления об отраслевых и территориальных пропорциях машиностроения) определилось место той или иной отрасли в условиях «маневра» и тенденций научно-технического прогресса. Получился «неоправданно высоким удельный вес автомобильной промышленности в союзной структуре и в европейской части РСФСР»[1], не уменьшился удельный вес отрасли ремонта машин и оборудования в восточных районах страны. В то же время почти повсеместно в решении по модели получился незначительным удельный вес станкоинструментальной промышленности.

Интересно сравнить результаты этих расчетов и реально сложившуюся к 2000 г. отраслевую структуру машиностроения в России (табл. 5.1). Как видно из таблицы, «неправильные» прогнозы по автомобильной промышленности, полученные из решения ОМММ-МАШ в 1984 г., полностью подтвердились: автомобильная промышленность стала доминирующей в структуре машиностроения – четверть всей продукции машиностроения и металлообработки. Подтвердился прогноз и по станкоинструментальной промышленности – базовая отрасль машиностроения, занимавшая некогда

[1] Цитата из текста Научного отчета «Согласование моделей машиностроительного комплекса с территориальной народнохозяйственной моделью», ИЭОПП СО АН СССР, 1984 г.

ведущее место в объеме машиностроительной промышленности (четверть миллиона металлорежущих станков в середине 1980-х годов), практически рухнула в 90-е годы прошлого века. В 2000 г. в РФ было произведено всего 8,8 тыс. станков, из них в федеральных округах: Центральном – 2,8 тыс. станков, Северо-Западном – 135 станков, Южном – 784 станка, Приволжском – 3,4 тыс. станков, Уральском – 1 тыс., Сибирском – 653 станка, Дальневосточном – 82 станка [Промышленность…, 2006]. Можно сказать, что по стечению обстоятельств ОМММ-МАШ как инструмент прогноза в данном конкретном случае полностью оправдала свое предназначение.

Таблица 5.1

Отраслевая структура машиностроения и металлообработки России в 2000 г., %

Отрасль	Доля
Машиностроение и металлообработка (без медицинской техники)	100,0
В том числе машиностроение	85,1
Из него: дизелестроение	0,5
Горношахтное и горнорудное машиностроение	0,5
Подъемно-транспортное машиностроение	0,9
Железнодорожное машиностроение	2,0
Электротехническая промышленность	7,1
Химическое и нефтяное машиностроение	4,0
Станкостроительная и инструментальная промышленность	1,7
Приборостроение	2,4
Автомобильная промышленность	25,2
Тракторное и сельскохозяйственное машиностроение	3,3
Строительно-дорожное и коммунальное машиностроение	1,7
Машиностроение для легкой и пищевой промышленности и бытовых приборов	1,7
Промышленность металлических конструкций и изделий	3,9
Ремонт машин и оборудования	10,9

Источник: [Промышленность …, 2006].

В последующие годы вплоть до начала 90-х годов прошлого века осуществлялись исследования, уточняющие и дополняющие методические приемы по отображению в ОМММ-МАШ основных функций и особенностей машиностроения. Как известно, машиностроение относится к отраслям, материализующим достижения научно-технического прогресса в части машин, оборудования, приборов и др. В ОМММ, региональные блоки которой построены на базе региональных стоимостных межотраслевых балансов производства и распределения продукции, прямо учесть эту особенность было трудно. Но при достаточно длительном плановом периоде (20 лет по расчетам ОМММ-МАШ) тенденции научно-технического прогресса учитывались через изменения коэффициентов затрат машиностроительной продукции на другие отрасли, например через увеличение коэффициентов потребления машин и оборудования с одновременным уменьшением затрат труда во всех отраслях и соответствующим изменением затрат продукции металлургической и химической промышленности в машиностроении.

Понятно, что этот способ учета научно-технического прогресса весьма укрупненно и приближенно описывает его основные тенденции, тем не менее ОМММ давала возможность проследить эти тенденции еще и в региональном разрезе.

Как было сказано выше, основу информационного обеспечения ОМММ составляли: союзные и региональные многономенклатурные балансы производства и распределения продукции и основных фондов; начальные капиталовложения по видам в развитие региона, удельные капиталовложения по видам и отраслям, показатели трудоемкости отдельных производств, структура непроизводственного потребления по отраслям и регионам, транспортные веса отраслей и затраты на перевозку, границы возможного развития отраслей по регионам. По большому счету НТП, материализующийся через машиностроение, мог проявляться в любом ингредиенте модели.

И это требовало не просто расчетов соответствующих показателей, но и специальных методических способов моделирования НТП в ОМММ. Наиболее доступными и используемыми из них являлись следующие [Амосенок, Бажанов, 1988].

При предположении, что с помощью ОМММ-МАШ могут проводиться исследования по изучению влияния на народное хозяйство и его территориальные звенья только таких ситуаций, которые отражают крупные направления научно-технического прогресса (например, переход на новый технологический уклад), вызывающие значительные сдвиги в территориальной структуре отдельных отраслей экономики, в том числе и в самом машиностроении, имели место два подхода – либо через соответствующее изменение основных параметров модели относительно некоторого их базового состояния, либо с помощью добавления в модель специальных технологических способов производства, в которых эти параметры «настраивались»

на исследуемую ситуацию. Это подразумевало, что в каждый момент времени производство того или иного продукта осуществлялось не одной, а несколькими технологиями, поэтому во все балансовые ограничения модели вводились дополнительные переменные – искомые объемы производства продукции по альтернативным способам с соответствующими балансам коэффициентами материалоемкости, капиталоемкости и трудоемкости. Кроме того, в модель могли быть добавлены ограничения на интенсивность использования альтернативных способов, если, например, были известны ориентировочные масштабы внедрения к концу прогнозного периода конкретного крупного направления научно-технического прогресса.

Была и сохраняется еще одна сложность в отображении особенностей машиностроения в ОМММ-МАШ – выделение оборонного машиностроения. В широко известных в советское время формах статистической отчетности – СО-1 – существовала такая позиция: «другие отрасли машиностроения», стабильно занимающая 30–40% от суммарного объема валового выпуска машиностроительной продукции. Предположительно эта позиция сосредотачивала некоторую часть продукции оборонного комплекса, но была ли в ней военная продукция, знали только разработчики информации. Попытки определения общесистемной оценки последствий конверсии ОПК РФ с помощью ОМММ-МАШ были осуществлены в 1989 г. Количественные характеристики последствий конверсии определялись через построение для каждого регионального блока набора отраслей ВПК с разделением на военное и гражданское производства и смежных с ВПК (по продуктовым потокам) гражданских отраслей. По этой модели была проведена серия экспериментальных укрупненных расчетов – с выделенными оборонными отраслями зоны Сибири. В частности, оценивались последствия переориентации оборонных предприятий на создание продукции для базовых отраслей региона, социальной сферы и для сектора «транспорт, связь, торговля».

По мере развития работ с ОМММ-МАШ стали формироваться дальнейшие направления исследования территориальных проблем развития машиностроения.

Одно из них касалось возможности анализа с помощью ОМММ-МАШ обусловленности внутренних связей между отраслями машиностроения в регионах. Известно, что в машиностроении существуют отрасли, составляющие как бы ядро машиностроения, т.е. отрасли, определяющие научно-технический прогресс в самом машиностроении (станкостроительная промышленность, некоторые виды производств приборостроения, электротехнической промышленности, подъемно-транспортного машиностроения и др.). При анализе влияния этой группы отраслей на развитие отраслей, выпускающих конечную продукцию с учетом региональных факторов, в региональных блоках модифицированной (или, как тогда называли, специализированной) ОМММ-МАШ была выделена именно эта группа отраслей; все остальные были объединены в более крупные условные отраслевые образования.

Другое направление дальнейших исследований связывалось с одной из основных целей детализации машиностроения в ОМММ – анализом и прогнозированием глубинных процессов в фондообразовании, рациональных отраслевых, воспроизводственных, технологических и территориальных структур капиталовложений. В начале 1980-х годов даже удалось осуществить реализацию варианта ОМММ-МАШ, в котором в балансах капиталовложений отражались элементы воспроизводственной структуры капиталовложений: удельные капиталовложения на поддержание и техническое перевооружение действующих мощностей и удельные капиталовложения на прирост мощностей по видам оборудования.

Еще одно направление формировалось исходя из возможностей анализа и прогнозирования развития так называемого комплекса инвестиционных отраслей – металлургии, машиностроения, промышленности строительных материалов и самого строительства. Предполагалось конструирование специализированной ОМММ с детализированным блоком таких отраслей (ОМММ-инвест).

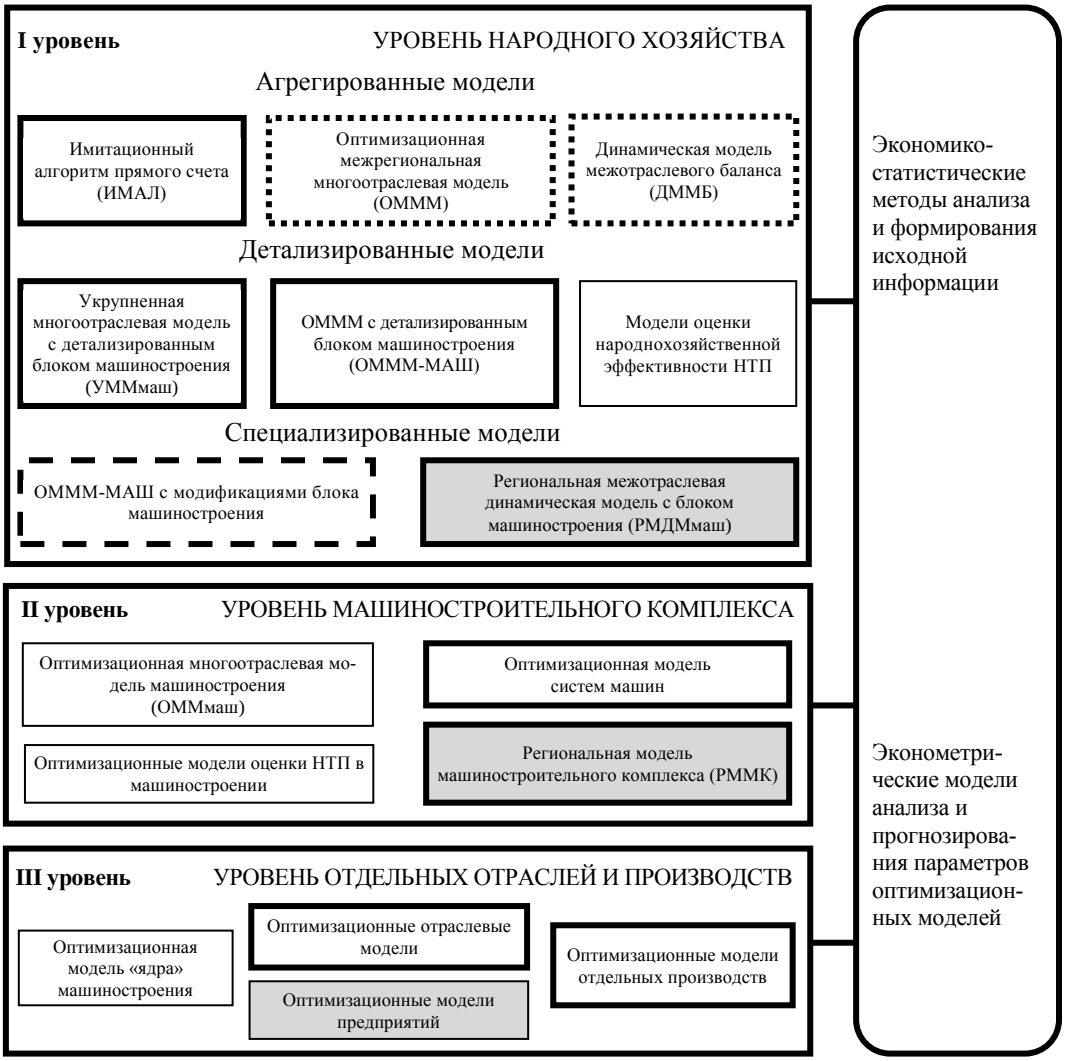
Как показал примерно 5–7 летний опыт работы с ОМММ-МАШ, модель оказалась удобным инструментом (даже в условиях существовавшего тогда компьютерного обеспечения расчетов) анализа и прогнозирования конкретных ситуаций, могущих возникнуть внутри детализированного комплекса отраслей в отдельных регионах. Например, была осуществлена попытка с помощью ОМММ-МАШ проверки гипотезы централизации ремонта машин и оборудования в восточных регионах страны с точки зрения народнохозяйственной эффективности.

С позиций XXI века начатая в середине 1970-х годов работа с ОМММ внесла существенные качественные сдвиги в исследования проблем машиностроения, в буквальном смысле подняв их на уровень выше – на макроэкономический уровень, где анализировались и прогнозировались народнохозяйственные структурные сдвиги под влиянием машиностроения. К концу 1980-х годов сложилась определенная концепция системы моделей для исследования проблем развития и размещения машиностроительного комплекса [Амосенок и др., 1992] (схематично она представлена на рис. 5.1).

Весь комплекс моделей в соответствии с вышеперечисленными целями и задачами разделялся на три уровня.

На первом уровне располагалась группа агрегированных народнохозяйственных моделей – «точечных» (например: ИМАЛ, УММ, ДММБ и др.) и пространственных (в частности ОМММ), в которых машиностроительный комплекс представлен одной позицией. Данная группа моделей служила для «проигрывания» концептуальных народнохозяйственных ситуаций, отражающих взаимовлияние динамики народного хозяйства в целом и машиностроения (ИМАЛ) или крупных народнохозяйственных отраслей и их подотраслей (УММ, ДММБ, ОМММ). На этом же уровне выделялись блоки моделей с детализированным представлением машиностроительного комплекса и специализированные модели для проведения углубленных исследований наи-

более характерных моментов, связанных с особенностями машиностроения. В моделях этого блока дезагрегирование преследует цель разукрупнения не только номенклатуры продукции машиностроения, но и детализацию процессов фондообразования.



Примечание: в жирных рамках отмечены полностью реализованные и действующие в тот период модели; широким пунктиром отмечена частично реализованная модель; точечным пунктиром выделены модели, использованные в совместных исследованиях; затемненные в жирных рамках отмечены модели, реализованные в Институте экономики УрО АН СССР [Гимади, 2002], а затемненный прямоугольник означает модели, действующие уже в 2000-х годах.

Рис. 5.1. Модельное обеспечение исследований развития и размещения машиностроительного комплекса машиностроения (ИМАЛ) или крупных народнохозяйственных отраслей и их подотраслей (УММ, ДММБ, ОМММ)

Составной частью концепции, ее вторым уровнем являлась группа моделей, в которых анализировались различные собственно отраслевые ситуации (модели машиностроительного комплекса). Здесь помещены модели, построенные на основе межотраслевых балансов продукции в сочетании с балансами оборудования; использующие натуральные показатели в качестве своих параметров; модели выбора и оценки технологий; модели оптимизации и оценки эффективности систем машин; модели региональных машиностроительных образований.

Третий уровень включал модели отдельных производств, отраслей, новых организационных структур (концернов, ассоциаций), имитационные алгоритмы генераторов вариантов и т.д. Проект может включать не только собственно модельные конструкции, но и блоки сервисного программного и информационного обеспечения.

Из моделей *первого уровня* следует выделить разработанный в секторе и реализованный в 1980-х годах алгоритм имитационного типа, увязывающий на верхнем уровне динамику показателей развития народного хозяйства в целом и машиностроительной промышленности как отдельной отрасли – модель ИМАЛ, основанную на агрегированных макропоказателях, характеризующих в основном политику инвестирования и фондообразования в экономике. В качестве исходных показателей в народнохозяйственной части расчетов выступали среднегодовые темпы прироста валового общественного продукта, его фондоемкости, численности работающих, доли активной части основных производственных фондов, проценты выбытия оборудования, общий объем производственных капитальных вложений.

Схема алгоритма предусматривала расчет итоговых показателей как на каждый конечный год прогнозных пятилеток, так и суммарно по пятилеткам. Поэтому все перечисленные выше входные показатели задавались в соответствующих необходимых для модели временных режимах. Поскольку алгоритм был ориентирован прежде всего на учет связей «народное хозяйство – машиностроительная промышленность», в народнохозяйственном блоке рассчитывался ряд показателей, отражающих конечные результаты деятельности машиностроения как фондообразующей отрасли. Задавая тот или иной темп прироста фондоемкости валового общественного продукта, меняя доли активной части фондов и коэффициентов выбытия оборудования в парке производственной сферы экономики, можно было получать различные варианты накопления основных производственных фондов в народном хозяйстве, что, по сути дела, отражало различную степень внедрения достижений научно-технического прогресса, уровень интенсификации общественного производства.

В схеме алгоритма был предусмотрен блок, который позволял определять эффективность предлагаемого выше способа с позиций ряда удельных показателей, характеризующих достигаемый при этом технический уровень производства и отношение между экстенсивными и интенсивными факторами.

В рассматриваемой имитационной модели выделялся также блок расчетов с целью получения показателей, позволяющих определить объем национального дохода и его структурных составляющих в зависимости от темпов прироста (падения) материалоемкости валового общественного продукта, нормы амортизации и процента выбытия основных производственных фондов, прироста запасов и резервов, экспортно-импортного сальдо.

Наиболее подходящим параметром, через который согласовывались варианты развития экономики и соответствующие варианты развития машиностроительного комплекса, являлся ввод оборудования в целом по народному хозяйству. Этот показатель отражал тот конечный эффект, который и является главным результатом деятельности машиностроения как производителя средств производства. Задавая различные темпы прироста фондоемкости товарной продукции, долю активной части и проценты выбытия оборудования и фондов в целом, можно было имитировать варианты политики замены и прироста как оборудования, так и основных производственных фондов в рассматриваемой перспективе. Так же, как и в народнохозяйственной части алгоритма, для машиностроения рассчитывались показатели численности промышленно-производственного персонала, производительности труда, фондовооруженности, фондоотдачи. По результатам расчетов фондовых показателей определялись необходимые для реализации намечаемых темпов роста валовой продукции отрасли суммарные капитальные вложения, в том числе в оборудование.

Преимущество имитационного алгоритма ИМАЛ заключалось в простоте использования и возможности рассчитывать прогнозные варианты на долгосрочный период. Однако по этой модели невозможно было учесть изменения отраслевой структуры выпуска продукции и отраслевой инвестиционной политики, поскольку народное хозяйство представлено было в ней одной строкой.

Более сложной моделью, но тоже имитационного типа, являлась укрупненная многоотраслевая модель народного хозяйства (УММ), по которой проводились длительные совместные исследования. Эта модель позволяла вести прогнозные (но не более чем на 10 лет) проработки вариантов инвестиционной политики в экономике. Машиностроение в ней в первоначальном виде представлялось в модели одной строкой, но зато она давала возможность оценить потребности в оборудовании, складывающиеся в различных выделенных в расчетах отраслях промышленности и народного хозяйства и тем самым изучить связи, возникающие при различных темпах роста этих отраслей и соответствующей инвестиционной политике. Введение в модель УММ дезагрегированного блока машиностроения имело своей целью еще большую детализацию процессов фондообразования в народнохозяйственных расчетах. В модификации модели, используемой в 1990–1991 гг., были включены 15 видов основных производственных фондов, оборудование было представлено 14 видами, а пассивная часть фондов была агрегиро-

вана в одну позицию. Применительно к каждому виду фондов рассчитывалась система показателей баланса основных фондов, характеризующая процессы их воспроизводства в каждой выделенной в модели отрасли народного хозяйства и машиностроения. Вся совокупность балансов основных фондов алгоритмически была связана с продукцией отраслей машиностроительного комплекса, производящих выделенные виды фондов, что давало возможность формировать при помощи этой модели различные варианты многоотраслевой программы капитальных вложений.

Дальнейшим углублением и конкретизацией целей и задач развития машиностроительного комплекса с помощью моделей народнохозяйственного уровня являлись попытки отражения его специфических характеристик и параметров путем построения блока специализированных моделей с детализированным представлением машиностроения. При подготовке информации для таких блоков учитывались не только требования народнохозяйственных моделей, куда вписывались детализированные машиностроительные блоки, но и характерные особенности каждой из входящих в них отраслей.

Так, одной из модификаций модели ДММБ являлась специализированная модель, в которой была предпринята попытка напрямую отразить через введение в нее дополнительных технологических способов влияние тех или иных направлений научно-технического прогресса. Для этого в матрицах выпуска и затрат из заданной структуры отраслей народного хозяйства были выделены системы технологий, выявлены существенные межотраслевые связи, затрагиваемые рассматриваемыми технологиями (в классификации отраслей, принимаемой в модели), накопление фондов по вытесняемым и распространяемым технологиям было представлено по видам основных фондов и по технологиям. Управление движением распространяющихся технологий осуществлялось через введение в модель ограничения на темп распространения их от периода к периоду.

На *втором уровне* комплекса моделей прогнозирования развития машиностроения в начале 1990-х годов была реализована модель, описывающая процесс перехода на производство и применение целостных технологических систем (комплексов) машин. Технологическая система машин определялась как количественная и качественная совокупность машин, реализующих законченную технологию, согласованных (оптимизированных) между собой и с окружающей средой по важнейшим технико-экономическим характеристикам (в первую очередь по производительности) и обеспечивающих тем самым удовлетворение общественных потребностей в производимой с их помощью продукции (работ, услуг). С помощью систем машин как объекта моделирования непосредственным образом отображалось в модельном инструментарии влияние научно-технического прогресса на параметры перспективного функционирования отраслей.

Задача определения эффективности технологических систем была сформулирована следующим образом.

Допустим, что для удовлетворения потребностей народного хозяйства в различных видах конечной продукции (работ, услуг) имеется (предложено для реализации) несколько типов технологических систем (как новых, так и тех, которые уже считаются старыми в силу более эффективных технологических решений), с помощью которых возможно производство какого-либо вида конечной продукции. Каждая из технологических систем характеризуется набором важнейших технико-экономических характеристик, отражающих производительность (мощность) этой системы и затраты ресурсов на ее создание и эксплуатацию. Необходимо определить количество каждого типа соответственно новых и старых технологических систем, которые должны быть введены в эксплуатацию для того, чтобы удовлетворить потребности народного хозяйства в различных видах продукции (работ, услуг) при минимальных затратах поочередно каждого из ресурсов.

В результате реализации всех постановок задачи с различными критериями и с учетом наличия нескольких временных интервалов было получено некоторое множество решений, различавшихся между собой количествами технологических систем. Последующее сужение области решений до одного или нескольких предполагалось осуществлять экспертным путем с привлечением для этих целей соответствующих специалистов.

В общем виде модель экономической оценки эффективности технологических систем состояла из трех блоков:

1) общего блока, включающего неравенства по приростным и базисным производственным мощностям и производству конечных видов продукции (работ, услуг), в том числе за счет действующего производственного аппарата; ограничения на время появления тех или иных технологических систем; ограничения по важнейшим народнохозяйственным ресурсам либо в зависимости от постановки задачи в данный момент – целевые функции; неравенства, отражающие динамический аспект модели (в модели временные интервалы были приняты с нарастающим итогом, поэтому и решения ее являлись решениями с нарастающим итогом для приростной части мощностей и производства и с убывающим итогом для действующего производственного аппарата);

2) специфического блока, включающего неравенства, отражающие наличие некоторых соотношений между определенными типами новых и старых технологических систем, которые должны соблюдаться, или желательно, чтобы они соблюдались, и обеспечивающие тем самым учет специфических особенностей функционирования рассматриваемых отраслей народного хозяйства (в основе этих соотношений могут лежать и экспертные оценки);

3) блока машиностроения, включающего в себя ограничения или уравнения определения производственных мощностей (объемов производства) подотраслей и производств в отраслях машиностроения в натуральном и стоимостном выражении, а также ограничения или уравнения определения затрат народнохозяйственных ресурсов при производстве машиностроительной продукции.

Вся потребность народного хозяйства в каком-либо виде конечной продукции в модели была условно разделена на две части: базисная потребность, т.е. потребность в продукции в последний год, предшествующий рассматриваемому периоду, и приростная, как разница между суммарной и базисной потребностями. В задачу также вводились коэффициенты замены действующего производственного аппарата, определяющего ту долю базисной производственной мощности по производству конкретной продукции, которая в выбранный отрезок времени будет удовлетворяться с помощью заменяющих технологических систем нового или старого вида.

Модель описывала следующие условия оценки эффективности новых технологических систем в какой-либо отрасли:

- создания приростных производственных мощностей и замещения части базисных мощностей;
- удовлетворения приростной и части базисной потребности в конкретном виде продукции (работ, услуг);
- удовлетворения с помощью действующего производственного аппарата части базисной потребности в конкретном виде продукции (работ, услуг).

Основное место в модели занимал блок машиностроительных отраслей, продукция которых имела значительный удельный вес в активной части основных фондов конкретной отрасли народного хозяйства.

Отражение взаимосвязей машиностроения и других отраслей в данной модели в значительной степени облегчалось тем, что как технологические системы, так и их основные элементы представлены тем же самым перечнем важнейших технико-экономических характеристик (как объемных, так и удельных), что является следствием их логической взаимосвязи и непротиворечивости.

Целевой функцией задачи являлась минимизация суммарных затрат ресурсов каждого вида на производство технологических систем.

В результате решения по такой расширенной модели определялись важнейшие параметры развития всех отраслей, в том числе и машиностроения (объем капитальных вложений, совокупные затраты металла, трудовых и других ресурсов, объемы производства продукции в натуральном и стоимостном выражении и т.д.).

В 1980-х годах предполагалось, что представленный на рис. 5.1 комплекс моделей достаточно близко подходит к идее сквозных расчетов в отраслевой и региональной ветвях модельного комплекса СОНАР-МАШ как с методических позиций, так и с позиций их реализуемости. ИМАЛ, УМММ, ДММБ, ОМММ-МАШ ряд лет находились в эксплуатации. Модели *третьего уровня* были методически отработаны и практически опробованы еще в 1970-е годы и продолжали использоваться в 1980-е годы. Наиболее значимые методические и практические успехи были достигнуты при реали-

зации таких моделей отраслевого планирования, как двухуровневая система моделей электротехнической промышленности в целом и отдельных ее подотраслей (трансформаторостроения, электродвигателестроения, кабельной промышленности), модель радиоэлектронной промышленности; двухуровневая модельная конструкция (с алгоритмической процедурой – генератором вариантов) строительно-дорожного машиностроения, тракторного и сельскохозяйственного машиностроения.

Известные события 1990-х годов прошлого века, особенно в первой их половине, отодвинули исследования по моделированию машиностроения на задний план. Сектор проблем машиностроения активно начал исследования проблем конверсии оборонно-промышленного комплекса (ОПК) и практическую деятельность в разработке региональных программ конверсии. В течение 1990-х годов были разработаны совместно с региональными властными структурами программы конверсии ОПК Новосибирской и Кемеровской областей, Алтайского и Красноярского краев. В ходе исследований конверсионных проблем возникла идея сконструировать модель оборонного комплекса, отображающую основные процессы его реформирования. Сектор не строил иллюзий по поводу реализуемости модели, главным было выработать некую концепцию моделирования этих процессов [Бажанов, 2009].

С математической точки зрения экономико-математическая модель развития ОПК была описана задачей линейного программирования следующего содержания.

Необходимо найти значения следующих показателей, минимизирующие совокупные (текущие и единовременные) приведенные затраты на реформирование и развитие оборонного комплекса, транзакционные затраты и затраты на государственный оборонных заказ за вычетом экспорта оборонной продукции:

- объемы выпуска оборонной продукции по основным ее видам на каждом оборонном предприятии,
- доли участия каждого предприятия в работе других предприятий при производстве каждого вида оборонной продукции,
- объемы инвестиций в развитие производства каждого вида оборонной продукции,
- объемы экспорта каждого вида оборонной продукции.

При этом должны выполняться следующие условия:

– полное обеспечение оборонной продукцией собственных нужд Вооруженных сил страны;
– не превышение максимально возможных границ мощности предприятий (в сумме с производством продукции двойного и гражданского назначения) с учетом интеграционных эффектов;

– не превышение максимально возможного количества занятых в оборонном комплексе с учетом интеграционных эффектов;
– не превышение максимально возможного объема инвестиций в реформирование и развитие оборонного комплекса с учетом интеграционных эффектов;
– неотрицательность переменных.

Для отражения в модели интеграционных процессов в ресурсные ограничения вводятся так называемые коэффициенты экономии в удельных капиталоемкостях и трудоемкостях производства каждого вида оборонной продукции при 100% участии предприятия в этом производстве. Общий эффект от интеграции предприятий определяется значением переменных – долей участия других предприятий в производстве данного вида продукции.

Суммарные затраты на реформирование и развитие оборонных предприятий включают также транзакционные затраты на концентрацию оборонно-промышленного потенциала путем создания интегрированных структур, слияния и выделения оборонных производств; содержание федеральных казенных предприятий; государственную поддержку федеральных научно-производственных и государственных научных центров; финансовое оздоровление убыточных и неэффективных производств, выпускающих продукцию стратегического характера; ликвидацию неперспективных производств и связанных с этим социальных издержек.

Понятно, что решение данной задачи может быть скорее индикаторным, чем точным по параметрам развития ОПК. Это связано со следующими обстоятельствами:

- со значительным количеством параметров, определяемых математически с большой погрешностью (таких как взаимное влияние предприятий, разбиение капиталоемкости и необходимых инвестиций по производству разных видов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) на одном предприятии и т.д.);
- с требованием к целочисленности решения;
- с необходимостью учета социального фактора при полном отсутствии производства ВВСТ на каком-либо предприятии. При получении таких результатов можно ввести в критерий еще одну составляющую – суммарные затраты на решение социальных проблем, включающие затраты на выходные пособия, пособия по безработице, переквалификацию и социальную адаптацию и получить скорректированное решение.

Индикативность решения означала, что полученные параметры производства, слияния предприятий, экспорта требуют дальнейшего уточнения уже на уровне каждого отдельного предприятия или группы предприятий, например на уровне регионов.

Подводя итоги отметим, что накопленный опыт использования модельного аппарата в исследованиях проблем развития и размещения машиностроения сопутствовал в 70–80-х годах прошлого века тому, что практически все десятилетие 1980-х годов ИЭОПП СО АН СССР назначался головным исполнителем крупных работ по машиностроению во всесоюзном масштабе. К таким работам, выполненным под эгидой Госплана СССР и Госкомитета по науке и технике СССР, относятся участие в разработке разделов по прогнозированию развития машиностроения в нескольких Комплексных программах научно-технического прогресса (КПНТП СССР) и Концепции развития машиностроения СССР в период ускорения научно-технического прогресса. В конце 1980-х годов сектор машиностроения ИЭОПП СО РАН выиграл конкурс на выполнение исследований, основанных, в том числе, и на использовании методологии СОНАР-МАШ, по договору с Всесоюзным научно-исследовательским институтом проблем машиностроения ГКНТ СССР.

Начало нового века ознаменовалось переходом к новому этапу работ по моделированию в совокупности исследований проблем развития обрабатывающих производств – прежде всего машиностроения и оборонного комплекса, с учетом потенциала инновационного развития регионов.

5.2. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ОПК

Кибернетически современный оборонно-промышленный комплекс как совокупность специфических хозяйствующих субъектов представляет собой сложную систему с большой степенью разнообразия и, соответственно, неопределенности, со сложным управлением, предопределяющим множество вариантов при выборе решений функционирования. Поэтому при анализе и прогнозировании развития ОПК сохраняют значимую роль методы системного анализа, в том числе экономико-математические методы.

Принципиально постановка задачи оптимизации развития ОПК как системы может быть представлена в следующем виде.

Сначала определяются оптимизированные макропоказатели, рассчитываются границы развития ОПК в сценарных параметрах развития экономики в целом. К таким показателям можно отнести затраты на национальную оборону в валовом внутреннем продукте страны, выделяя в них затраты на закупку ВВСТ и проведение НИОКР оборонного характера: тем самым определяются возможные границы государственного оборонного заказа (включая экспортные заказы) для предприятий ОПК. Ограничениями при этом могут выступать параметры прогнозного оборонного строительства, в первую очередь военного, численность военного контингента, соответствующие оборонным задачам прогнозного периода объемы и виды вооружений и др., опреде-

ляемые в рамках решения задач реформирования Вооруженных сил (ВС) страны и выполнения программы вооружений, а также общеэкономические условия, вытекающие из ресурсных возможностей государства. В качестве критерия оптимизации макропоказателей ОПК может использоваться, например, максимизация уровня обеспеченности функционирования ВС в рамках выполнения требований национальной безопасности и др.

Далее определяются оптимизированные показатели функционирования самого ОПК, например: объемы производства военной и гражданской продукции в стоимостном выражении, объем необходимых инвестиций, численность занятых и др. Исходными данными для расчета базовых показателей по ОПК могут служить параметры Федеральной целевой программы реформирования оборонной промышленности РФ, Государственной программы вооружений, планы и прогнозы оборонного заказа, прогнозы по военно-техническому сотрудничеству с зарубежными странами, государственные мобилизационные планы, показатели реформы ВС РФ.

В этой подзадаче отыскиваются ответы на два вопроса: какова должна быть отраслевая структура ОПК, и каков может быть объем эффективного производства высокотехнологичной наукоемкой продукции для гражданских нужд. В частности, оптимизация функционирования ОПК даст возможность определить и уровни военно-гражданской интеграции с целью создания эффективного наукоемкого производства, позволяющего осуществлять непосредственно одновременное использование высоких военных технологий и ноу-хау как для военных, так и для гражданских потребностей.

В рамках общей совокупности задач оптимизации развития ОПК могут определяться также показатели функционирования и развития региональных и отраслевых совокупностей оборонных предприятий, например в рамках участия в реализации региональных стратегий долгосрочного социально-экономического развития. На этом уровне актуальными становятся задачи определения эффективных показателей деятельности отдельных отраслей и предприятий. Принципиальная схема модельных расчетов в рамках общей задачи оптимизации развития ОПК представлена на рис. 5.2.

Реализация системных оптимизационных расчетов в секторе исследования проблем развития обрабатывающих производств ИЭОПП СО РАН стартовала в начале 2000-х годов с формирования некоей вычислительной процедуры для макроуровня, сочетающей эконометрический и экономико-математический инструментарий.

Суть процедуры состояла в следующем. Сначала определялись интегрированные показатели, позволяющие оценить состояние и динамику государственных расходов на национальную оборону (в разрезе основных статей соответствующего раздела федерального бюджета) и расходов на закупку ВВСТ, а затем на основе этих показателей сформировать некое множество вариантов возможного изменения расходов на национальную оборону, соответствующих прогнозам в реформировании ВС страны (например сокращение численности военнослужащих и резкое увеличение государственного оборонного заказа). Процедура заканчивается определени-

ем оптимизированных вариантов по выбранным критериям в рамках задаваемых ограничений и условий. Показатели расходов на вооружения и проведение НИОКР по оптимизированным вариантам могут служить индикаторами для последующих расчетов на уровне определения показателей развития собственно ОПК.

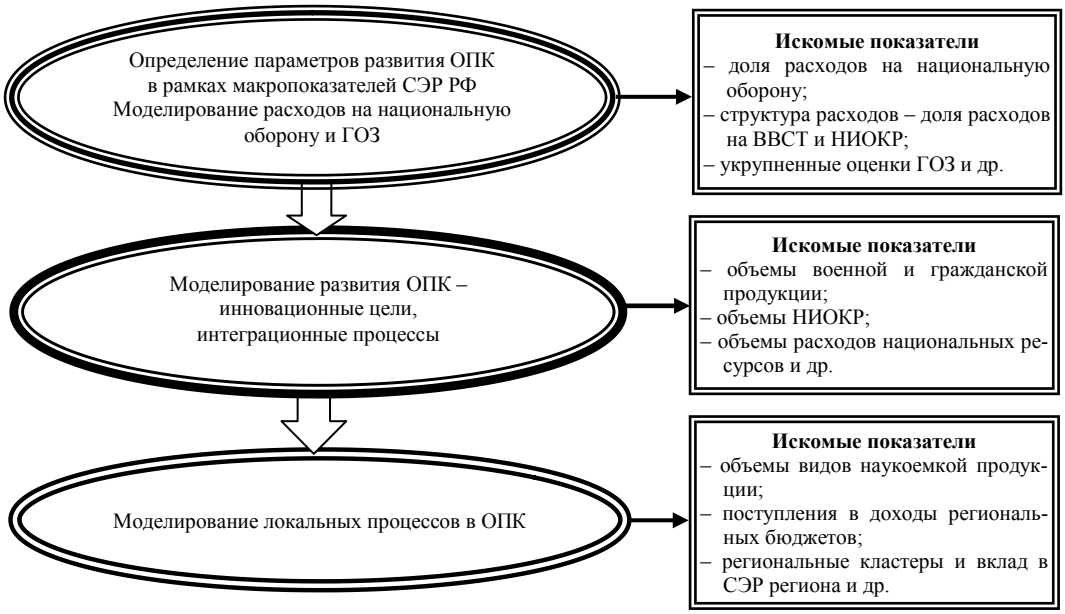


Рис. 5.2. Концептуальная схема модельных расчетов по развитию ОПК

Для реализации этой процедуры были отобраны следующие показатели по статьям раздела «Национальная оборона» федеральных бюджетов за период с 1997 по 2010 год, пересчитанные в сопоставимых ценах 2008 г.:

- ✓ закупки вооружений и военной техники + ГЛОНАСС;
- ✓ боевая подготовка;
- ✓ материально-техническое обеспечение;
- ✓ военный персонал;
- ✓ обеспечение функционирования ВС РФ;
- ✓ продовольственное обеспечение;
- ✓ вещевое обеспечение;
- ✓ строительство специальных и военных объектов;
- ✓ мобилизационная и вневойсковая подготовка;
- ✓ прикладные научные исследования в области национальной обороны;
- ✓ другие вопросы в области национальной обороны (строительство);
- ✓ социальные расходы;
- ✓ военная реформа;
- ✓ прочие.

По сформированной матрице (14×14) с помощью метода главных компонент были определены три компоненты или интегрированных показателя, которые можно было достаточно корректно интерпретировать как: «уровень научно-технического обеспечения ВС РФ», «уровень общего обеспечения функционирования ВС РФ» и «уровень военной готовности ВС РФ». Интерпретация компонент осуществлялась по наибольшим значениям факторных нагрузок (> 0,75) на выбранные показатели (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Значения факторных нагрузок по выбранным показателям (приведены значения, превышающие 0,75).

Показатель	Компонента		
	1	2	3
Закупки ВВСТ + ГЛОНАСС	0,78		
Боевая подготовка			0,91
Материально-техническое обеспечение			0,95
Военный персонал			
Обеспечение функционирования ВС РФ		0,77	
Продовольственное обеспечение			
Вещевое обеспечение		0,93	
Строительство специальных и военных объектов		0,86	
Мобилизационная и вневойсковая подготовка	0,80		
Прикладные научные исследования в области национальной обороны	0,71		
Другие вопросы в области национальной обороны (строительство)			
Социальные расходы			
Военная реформа			
Прочие	0,83		

Графики динамики интегрированных показателей (рис. 5.3) достаточно корректно описывают реальные процессы государственного финансирования национальной обороны, например значимое увеличение размера государственного оборонного заказа в 2000-е годы (входящего в состав интегрального показателя «уровень научно-технического обеспечения ВС РФ»). Легко заметить, что «уровень научно-технического обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации» значительно ниже остальных показателей

(«уровня общего обеспечения функционирования ВС» и «уровня военной готовности ВС»), с 1997 г. он имел тенденцию к резкому снижению, с 2001 г. начался интенсивный рост данного показателя (в 2001 г. наблюдалось минимальное значение «уровня научно-технического обеспечения ВС» за весь наблюдаемый период) и только к 2008 г. достиг прежнего уровня. В то же время «уровень общего обеспечения функционирования ВС» и «уровень военной готовности ВС» имеют достаточно схожую динамику: с 1997 г. эти показатели снижались до 2000 г. и 1999 г. соответственно, после чего наблюдался интенсивный рост до 2002 г., и далее значения этих показателей снижаются (только в 2008 г. вновь начался медленный рост «уровня общего обеспечения функционирования ВС РФ»). В целом «уровень общего обеспечения функционирования ВС» и «уровень военной готовности ВС» по сравнению с 1997 г. значительно снизились к 2009 г. Все эти тенденции полностью отражают реальное состояние ВС РФ.

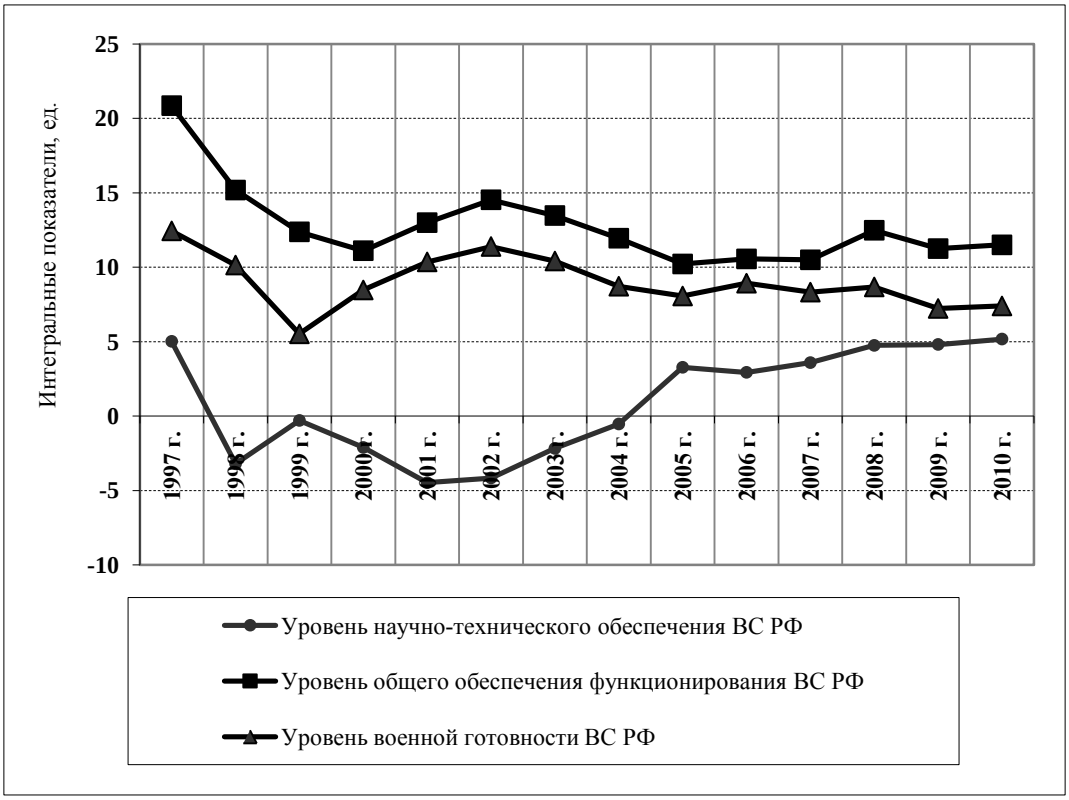


Рис. 5.3. Динамика интегрированных показателей государственных расходов на национальную оборону

Для формирования вариантов изменения расходов на национальную оборону был определен набор показателей (в формулировке федеральных бюджетов), включающих долю бюджетных расходов по разделу «Национальная оборона» в ВВП, показатели расходов на национальную оборону, закупки вооружений и военной техники, боевую подготовку, материально-техническое обеспечение ВС, обеспечение функционирования ВС, военный персонал, строительство специальных и военных объектов, мобилизационную и вневойсковую подготовку, прикладные научные исследования в области национальной обороны и прочие расходы. В состав показателей по каждому варианту также входили и все интегрированные показатели: уровень научно-технического обеспечения ВС РФ, уровень общего обеспечения функционирования ВС РФ и уровень военной готовности ВС РФ.

Для задачи выбора оптимизированного варианта расходов на национальную оборону было сформировано 20 вариантов, в которых варьировались следующие показатели: доли расходов на национальную оборону в ВВП (в частности от 0,014 до близко к существующей во многих странах НАТО 0,035–0,04), расходы на закупку ВВСТ и проведение НИОКР, доли НИОКР в расходах на национальную оборону, доли расходов на обеспечение функционирования ВС РФ и др.

Для решения поставленной задачи была использована стандартная экономико-математическая модель в вариантной постановке. Оптимизированные варианты выбирались при максимизации всех трех интегральных показателей поочередно, а также при максимизации расходов на прикладные НИОКР оборонного назначения. Основными условиями задачи являлись ограничения на расходы на закупку ВВСТ (например не менее 1 трлн руб.), на расходы по обеспечению функционирования ВС РФ (например не менее задаваемой доли), на долю расходов на национальную оборону в ВВП (например не более 3,5%). Формально данная модель для прогнозного периода (года) может быть записана следующим образом.

Введем обозначения:

r – индекс варианта, $r = 1,\ldots,R;$

R – количество вариантов, введенных в задачу для анализа;

BMO_r – бюджет Министерства обороны РФ плюс закупка ВВСТ по r-му варианту;

$BMO^{в}$ – заданная верхняя граница возможных бюджетных расходов Министерства обороны РФ;

D_r – доля раздела федерального бюджета РФ «Национальная оборона» в ВВП по r-му варианту;

$D^{н}$ и $D^{в}$ – задаваемые нижняя и верхняя границы доли раздела федерального бюджета РФ «Национальная оборона» в ВВП;

VG_r – закупки ВВСТ плюс затраты на ГЛОНАСС по r-му варианту;

$VG^{н}$ и $VG^{в}$ – задаваемые нижняя и верхняя границы государственных расходов на государственный заказ по ВВСТ и реализацию программы «ГЛОНАСС»;

BP_r – затраты по статье бюджетных расходов Министерства обороны РФ «Боевая подготовка» по *r*-му варианту;

BP^1 – задаваемая величина затрат на боевую подготовку;

MTO_r – затраты по статье бюджетных расходов Министерства обороны РФ «Материально-техническое обеспечение» по *r*-м*у* варианту;

MTO^1 – задаваемая величина затрат на материально-техническое обеспечение;

VP_r – затраты по статье бюджетных расходов Министерства обороны РФ «военный персонал» по *r*-му варианту;

$VP^{н}$и$VP^{в}$ – задаваемые нижняя и верхняя границы государственных расходов на содержание военного контингента;

$NIOKR_r$ – затраты по статье бюджетных расходов Министерства обороны РФ «Прикладные научные исследования и разработки в области национальной обороны» по *r*-му варианту;

$NIOKR^1$ – задаваемая величина затрат на оборонные НИОКР;

IP_r^1 – интегральный показатель ИП «уровень научно-технического обеспечения ВС РФ» по *r*-му варианту;

IP_r^2 – интегральный показатель ИП «уровень общего обеспечения ВС РФ» по *r*-му варианту;

IP_r^3 – интегральный показатель ИП «уровень военной готовности ВС РФ» по *r*-му варианту;

Z_r – искомая интенсивность реализации *r*-го варианта.

Запишем модель:

найти такие Z_r, при которых

$$\sum_{r=1}^{R} IP_r^1 * Z_r \ \rightarrow max$$

– интегральный показатель ИП «уровень научно-технического обеспечения ВС РФ» достигает максимальной величины;

или

$$\sum_{r=1}^{R} IP_r^2 * Z_r \ \rightarrow max$$

– интегральный показатель ИП «уровень общего обеспечения ВС РФ» достигает максимального значения;

или

$$\sum_{r=1}^{R} IP_r^3 * Z_r \ \rightarrow max$$

– интегральный показатель ИП «уровень военной готовности ВС РФ» достигает максимального значения;

и в общем виде выполняются следующие условия:

$$\sum_{r=1}^{R} BMO_r * Z_r \leq BMO^{\text{в}}$$

– бюджетные расходы Министерства обороны РФ не могут превышать заданные размеры государственных средств;

$$D^{\text{н}} \leq \sum_{r=1}^{R} D_r * Z_r \leq D^{\text{в}}$$

– доля затрат на национальную оборону в ВВП не должна выходить за заданные пределы;

$$VG^{\text{н}} \leq \sum_{r=1}^{R} VG_r * Z_r \leq VG^{\text{в}}$$

– государственный заказ на ВВСТ и затраты на реализацию программы «ГЛОНАСС» должны находиться в заданных пределах;

$$\sum_{r=1}^{R} BP_r * Z_r \geq BP^1$$

– государственные расходы на боевую подготовку могут быть больше задаваемой величины;

$$\sum_{r=1}^{R} MTO_r * Z_r \geq MTO^1$$

– государственные расходы на материально-техническое обеспечение должны быть не ниже задаваемой величины;

$$VP^{\text{н}} \leq \sum_{r=1}^{R} VP_r * Z_r \geq VP^{\text{в}}$$

– государственные расходы на содержание военного контингента не должны выходить за заданные границы;

$$\sum_{r=1}^{R} NIOKR_r * Z_r \geq NIOKR^1$$

– государственные расходы на оборонные НИОКР могут быть больше задаваемой величины;

Z_r – принимает значение 0 или 1 при

$$\sum_{r=1}^{R} Z_r = 1$$

– суммарное значение интенсивностей реализации вариантов должно быть равно единице. В практических расчетах в этом условии знак равенства менялся на знак «меньше или равно».

Схематично матрица описанной выше задачи представлена в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Общая схема матрицы экономико-математической задачи в вариантной постановке

Критериальные показатели: интегрированные показатели				→ max или min
возможные ситуации				ограничения (задаваемые значения)
1	2	r	R	
Бюджет МО плюс закупка ВВСТ	Бюджет МО плюс закупка ВВСТ		Бюджет МО плюс закупка ВВСТ	= Бюджет МО
Доля «Нацобороны» в ВВП	Доля «Нацобороны» в ВВП		Доля «Нацобороны» в ВВП	≤ 0,035
Закупки ВВСТ плюс ГЛОНАСС	Закупки ВВСТ плюс ГЛОНАСС		Закупки ВВСТ плюс ГЛОНАСС	≤ ГОЗ
Боевая подготовка	Боевая подготовка		Боевая подготовка	= Показатель
Материально-техническое обеспечение ВС РФ	Материально-техническое обеспечение ВС РФ		Материально-техническое обеспечение ВС РФ	≥ Показатель
Военный персонал	Военный персонал		Военный персонал	≥ Показатель
Прикладные НИ в области национальной обороны	Прикладные НИ в области национальной обороны		Прикладные НИ в области национальной обороны	= Показатель
ИП «уровень научно-технического обеспечения ВС РФ»	ИП «уровень научно-технического обеспечения ВС РФ»		ИП «уровень научно-технического обеспечения ВС РФ»	≥ Показатель
ИП «уровень общего обеспечения ВС РФ»	ИП «уровень общего обеспечения ВС РФ»		ИП «уровень общего обеспечения ВС РФ»	≤ ≥ Показатель
ИП «уровень военной готовности ВС РФ»	ИП «уровень военной готовности ВС РФ»		ИП «уровень военной готовности ВС РФ»	≤ ≥ Показатель
Переменная Z_1	Переменная Z_2	…Z_r	Переменная Z_R	$\sum Z_r = 1$

В результате реализации этой части процедуры были получены индикаторы возможных размеров государственного оборонного заказа и оборонных НИОКР, определенных в структурах расходов на национальную оборону (табл. 5.4).

Таблица 5.4

Фрагмент оптимизированной структуры расходов на национальную оборону по решению на максимум уровня военной готовности ВС РФ при доле этих расходов в ВВП равной 0,035

Статья расходов	%
Закупки ВВСТ	31,43
Боевая подготовка	15,68
Материально-техническое обеспечение	8,08
Обеспечение функционирования ВС РФ	6,22
Военный персонал	14,89
Строительство специальных и военных объектов	1,74
Мобилизационная и вневойсковая подготовка	0,68
Прикладные научные исследования в области национальной обороны	7,29
Прочие	13,98

В качестве одной из модельных конструкций – «моделирование развития ОПК – инновационные цели, интегрированные процессы» (см. рис. 5.2) – можно рассматривать следующую концептуальную экономико-математическую модель ОПК.

Условия и ограничения этой модели строятся на базе следующей информации:

1) заданий долгосрочной Государственной программы вооружения;

2) индикаторов объемов государственных оборонных заказов из модели макроуровня;

3) прогнозов по экспорту ВВСТ;

4) прогнозных показателей по мобилизационному плану и развитию мобилизационной готовности экономики России.

Критериальным показателем оптимизационной задачи может быть минимум суммарных затрат на всю систему мероприятий по реформированию ОПК (минимум нагрузки на федеральный бюджет); другим критерием может быть максимизация обороноспособности государства, например объем вооружений на две общевойсковые операции в год при заданном ограничении на ресурсы всех видов.

Затраты разбиваются на текущие и единовременные (инвестиции).

Инвестиции должны включать средства:

- на реконструкцию и техническое перевооружение производства;
- на техническую подготовку производства;
- на техническое перевооружение опытно-экспериментальной и испытательной баз НИИ, КБ;

- на транзакционные затраты на концентрацию оборонно-промышленного потенциала путем создания интегрированных структур, слияния и выделения оборонных производств; содержание федеральных казенных предприятий; государственную поддержку федеральных научно-производственных и государственных научных центров; финансовое оздоровление убыточных и неэффективных производств, выпускающих продукцию стратегического характера;
- на ликвидацию неперспективных производств и связанных с этим социальных издержек.

С математической точки зрения экономико-математическая модель развития ОПК может быть задачей линейного программирования. Введем обозначения:

i – индекс отрасли (корпорации) ОПК, $i = 1, \dots, T$;

T – количество отраслей ОПК;

v – индекс конечного вида ВВСТ (например: комплекс «Булава» или зенитный комплекс С-400;), $v = 1, \dots, V_i$;

V_i – количество видов ВВСТ, возможных к выпуску в отрасли i, $i = 1, \dots, T$;

G_i – объем производства продукции двойного и гражданского назначения, возможных к выпуску в i-й отрасли ОПК в стоимостном выражении, $i = 1, \dots, T$;

s_{vi} – удельная материалоемкость (энергоемкость) производства v-го вида ВВСТ в i-й отрасли ОПК, $i = 1, \dots, T$, $v = 1, \dots, V_i$;

S_i – фиксированная величина материальных (энергетических затрат) для i-й отрасли ОПК, $i = 1, \dots, T$;

x_{vi} – объем производства v-го вида ВВСТ в i-й отрасли ОПК;

O_i – суммарный объем производства продукции всех видов в i-й отрасли ОПК в стоимостном выражении;

M_i – фиксированная величина возможного выпуска продукции в i-й отрасли ОПК;

Q_{vi} – потребность в v-м виде ВВСТ, производимой в i-й отрасли ОПК, $v = 1, \dots, V_i$, $i = 1, \dots, T$. Данная величина определяется либо экспертным путем на основе Госпрограммы вооружений и норм обеспеченности ВС РФ либо прогнозным объемом государственного оборонного заказа;

GOZ – фиксированная стоимостная величина государственного оборонного заказа на производство ВВСТ (государственные закупки ВВСТ);

e_{vi} – объем экспорта v-го вида ВВСТ, $v = 1, \dots, V, i = 1, \dots, T$;

im_{vi} – объем импорта j-го вида ВВСТ, $v = 1, \dots, V, i = 1, \dots, T$;

k_{vi} – капиталоемкость производства единицы v-го ВВСТ в i-й отрасли ОПК, $i = 1, \dots, T$, $v = 1, \dots, V_i$;

mm_i – размер мобилизационных мощностей в i-й отрасли ОПК, $i = 1, \dots, T$;

z_i – инвестиции на развитие (реконструкцию, модернизацию, новое строительство) i-й отрасли ОПК (они могут быть больше, чем выделенные государством на величину разницы между выделенными средствами и вырученными от продажи имущества), $i = 1, \dots, T$;

I – максимальный размер государственных суммарных инвестиций на развитие ОПК;

l_{vi} – трудоемкость производства единицы v-го вида ВВСТ отрасли i, $i = 1, \dots, T$, $v = 1, \dots, V_i$;

L – максимальная численность занятых в ОПК, $i = 1, \dots, T$;

$p^{м}_{vi}$ – цена на мировом рынке v-го вида ВВСТ i-й отрасли ОПК;

p_{vi} – цена v-го вида ВВСТ i-й отрасли ОПК;

w_i – средняя зарплата в i-й отрасли ОПК;

E – коэффициент эффективности инвестиций.

Запишем модель задачи:

найти $x_{vi} \geq 0$, при которых:

$$\sum_{i=1}^{T}\sum_{v=1}^{V_i}(x_{vi} \cdot p_{vi} + E \cdot x_{vi} \cdot k_{vi}) + im_{vi} \cdot p^{м}_{vi} - e_{vi} \cdot p^{м}_{vi} \to min$$

– суммарные государственные средства на реформирование и развитие ОПК принимали бы минимальное значение (минимум нагрузки на федеральный бюджет) и выполнялись следующие условия:

$$x_{vi} + im_{vi} - e_{vi} = Q_{vi}$$
$$i = 1, \dots, T, \qquad v = 1, \dots, V_i;$$

– объемы производства v-го вида ВВСТ в i-й отрасли ОПК не должны быть меньше потребности ВС РФ в v-м виде ВВСТ i-й отрасли;

$$O_i = \sum_{v}^{V} x_{vi} \cdot p_{vi} + G_i + mm_i \leq M_i$$
$$i = 1, \dots, T$$

– полный стоимостный объем производства ВВСТ и продукции двойного и гражданского назначения в i-й отрасли ОПК не должен превышать фиксированной величины (ограничение на суммарную производственную мощность i-й отрасли ОПК);

$$\sum_{i}^{T}\sum_{v}^{V}(x_{vi} \cdot p_{vi} + im_{vi} \cdot p^{м}_{vi} - e_{vi} \cdot p^{м}_{vi}) = GOZ$$

– суммарный стоимостный объем производства всех видов ВВСТ во всех отраслях ОПК должен быть равен государственному оборонному заказу в части закупок ВВСТ для нужд ВС РФ;

$$\sum_{v=1}^{V} x_{vi} \cdot k_{vi} \geq z_i$$
$$i = 1, \dots, T$$

– инвестиции на развитие (реконструкцию, модернизацию, новое строительство) i-й отрасли ОПК могут быть больше выделенной суммы государственных инвестиций;

$$\sum_{i=1}^{T} \sum_{v=1}^{V_i} x_{vi} \cdot k_{vi} \leq I$$

– государственные суммарные инвестиции на развитие (реконструкцию, модернизацию, новое строительство) ОПК не должны превышать заданную величину;

$$\sum_{i=1}^{T} \sum_{v=1}^{V_i} x_{vi} \cdot l_{vi} \leq L$$

– суммарная численность занятых в ОПК РФ не должна превышать фиксированного значения занятых в ОПК;

$$\sum_{v=1}^{V_i} x_{vi} \cdot s_{vi} \leq S_i$$
$$i = 1, \dots, T$$

– суммарные материальные (энергетические) затраты на производство ВВСТ всех видов в i-й отрасли ОПК не должны превышать заданной величины материальных (энергетических) ресурсов.

Данную экономико-математическую модель необходимо рассматривать в качестве некоего экспертного аналитического инструментария, позволяющего определять основные параметры развития ОПК в зависимости от задаваемых условий его функционирования, отражающих возможные изменения, например, в темпах технического оснащения ВС РФ. Решение данной модели будет скорее индикаторным, чем точным по параметрам развития ОПК. Это связано со значительным количеством параметров, закрытостью информации. Возможны более укрупненные модификации модели, в частности в случае использования только стоимостных показателей.

Процесс моделирования оборонных отраслей и предприятий связан с необходимостью учета значительной части специфических факторов, отличающих эти объекты от основной массы промышленных объектов.

Продемонстрируем это на примере одной из значимых в ОПК отраслей – промышленности обычных вооружений, боеприпасов и спецхимии. Принципиальная схема модельных расчетов в рамках задачи оптимизации развития отрасли ОПК представлена на рис. 5.4.

Для моделирования развития отраслей ОПК можно использовать достаточно широкий класс описанных в литературе моделей долгосрочного планирования. Воспользуемся одной из них [Титов, 2007] и адаптируем ее для условий отрасли ОПК.

Рис. 5.4. Концептуальная схема экономико-математических оптимизационных расчетов в системе взаимодействия «ОПК–отрасль–предприятие»

В модели сделано предположение, что для программ развития предприятий известны параметры их реализации (затраты капитальных вложений по этапам (годам), ввод мощностей, перечень продукции и затраты факторов производства на ее выпуск, цены, экономический эффект и др.). В ней может использоваться как информация о намечаемых НИОКР и перспективных видах продукции, так и информация по уже подготовленным инвестиционным проектам, т.е. по различным нововведениям, входящим в программу развития.

Итак, пусть па уровне отрасли формируется программа ее развития на T лет, $t = 1,2,\ldots,T$. При этом предполагается, что в течение этого периода будут производиться работы m наименований, $i \in I = 1,2,\ldots,1,\ldots,m$. В множество I входят существующие и перспективные темы НИОКР, наименования как уже выпускаемой продукции, так и той, которую планируется производить. Можно зафиксировать множество индексов тем и продукции для каждого отраслевого предприятия f через I_f, $f = 1,2,\ldots,F$, где F – количе-

ство предприятий в отрасли. Заметим, что, например, изделие i может производиться по кооперации на нескольких предприятиях отрасли и на сторонних предприятиях (других отраслей ОПК).

Переменными модели являются объемы работ по темам НИОКР и объемы производства продукции. Ограничениями будут выступать как внутренние возможности предприятий, так и прогнозируемые по программам развития предприятий объемы проведения НИОКР и выпуска продукции.

Внешние факторы по отношению к отрасли могут отображаться через общесистемные ограничения, в первую очередь ограничения на инвестиции:

$$\sum_{f}^{F} INV_f \leq INV_{\text{отрасль}},$$

где INV_f – инвестиции для реализации инновационных программ на предприятии f; $INV_{\text{отрасль}}$ – возможный объем государственных и привлеченных инвестиций в отрасль.

Можно предположить, что существует заранее определенный общеотраслевой параметр, отражающий гипотетическую суммарную эффективность инновационного развития отрасли ОПК (например сокращение расходов на национальную оборону за счет оснащения ВС боеприпасами и системами приведения их в действие, кардинально уменьшающих обслуживающий персонал и затраты на доставку до места использования и превосходящих последние зарубежные образцы). Тогда для поддержания эффективности функционирования отрасли ОПК должно существовать условие, при котором суммарная эффективность деятельности всех предприятий отрасли и смежных предприятий других отраслей ОПК должна быть не менее установленного общеотраслевого параметра. Это условие записывается следующим образом:

$$\sum_{f=1}^{F} IEF_f + IEF_{\text{смежники}} \geq IEF_{\text{отрасль}},$$

где IEF_f – вклад каждого предприятия отрасли в достижение общеотраслевого эффекта; $IEF_{\text{смежники}}$ – суммарный вклад в общеотраслевой эффект предприятий других отраслей ОПК.

Функцию цели развития отрасли обозначим через P. При реализации инновационной программы и инвестиционных проектов в долгосрочном планировании, когда учитывается весь инвестиционный процесс, как правило, максимизируют чистый денежный поток за все рассматриваемые периоды с учетом дисконтирования. Отсюда значение P есть сумма функционалов P_{ft} всех фирм за T лет:

$$P = \sum_{f,t} P_{ft} \rightarrow max.$$

Значения P_{ft} рассчитываются в модели и для каждого из предприятий могут быть критериальными ограничениями.

Функционирование оборонной отрасли осуществляется в результате взаимодействия государства (заказчика) и всех ее предприятий. Схематично модель функционирования отрасли можно представить в виде совокупности моделей предприятий, связанных между собой отдельными общеотраслевыми ограничениями (общей суммы государственного заказа, выделяемых специфических ресурсов) и переменными, при этом входная и выходная (искомая) информация будет иметь встречный характер. Так, первоначальный расчет по модели отрасли определит общие границы развития предприятий – границы финансовых ресурсов, общие направления НИОКР, масштабы производства гражданской продукции, согласованные расчеты мобилизационных планов и, тем самым, границы возможного расширения предприятий, параметры кооперационных связей в рамках выполнения государственного оборонного заказа (ГОЗ) и др. Реализация модельных расчетов по каждому предприятию уточняет и детализирует эти расчеты – оптимизирует виды и объемы выполнения работ по ГОЗ, рассчитывает совокупные затраты и финансовые показатели, оценивает эффективность собственных инновационных программ и инвестиционных проектов и др. Оптимизированные параметры предприятий концентрируются в отраслевой модели, которая, в свою очередь, реализуется в уточненных укрупненных показателях. Иными словами, организуется некий итеративный процесс принятия решения на уровне госкорпорации или отрасли по поводу ее инновационного развития.

Прежде чем перейти к описанию экономико-математической модели *отдельного оборонного предприятия*, покажем место этого предприятия в современных производственных и организационно-экономических взаимосвязях в системе оборонной промышленности. Для примера описания этих взаимосвязей и модели предприятия выберем организацию, осуществляющую в своей деятельности научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) и производство конкретных видов изделий как оборонного, так и гражданского назначений [Алямов, Бажанов, 2010]. Предположим, что оборонное предприятие входит в состав отрасли обычных вооружений, боеприпасов и спецхимии (ОВБиСХ). Выбор такого предприятия неслучаен – преследовалась цель отражения в модели сразу трех составляющих инновационного процесса: собственной программы инновационного развития предприятия, НИОКР и производство инновационной продукции.

На рис. 5.5 на примере одного из направлений разработок в ОПК показаны каналы внешнего воздействия на деятельность предприятия. Задание по ГОЗ как на НИОКР, так и на производство продукции предприятие получает со стороны изготовителя основного элемента комплекса, находящегося на первом уровне системных связей с головным исполнителем ГОЗ.

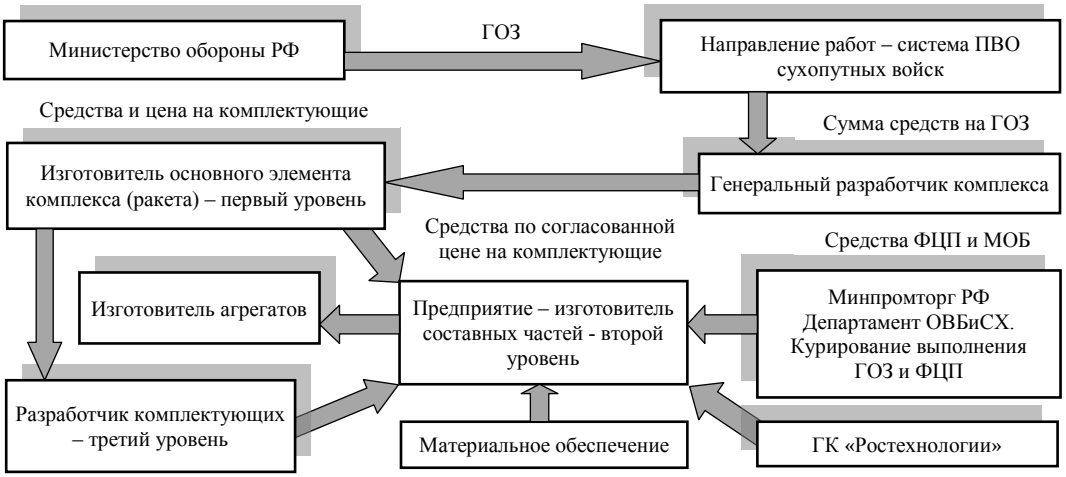


Рис. 5.5. Оборонное предприятие в системе производственного и организационно-экономического взаимодействия

Концептуальные направления оборонных НИОКР предприятие может получать и со стороны головного разработчика системы. Министерство промышленности и торговли РФ, например, через Департамент обычных вооружений, боеприпасов и спецхимии вместе с курированием выделяет отраслевым предприятиям средства на поддержание мобилизационных мощностей, осуществляет их финансирование по утвержденным программам развития (ФЦП и субсидированные из бюджета). ГК «Ростехнологии», на правах собственника имущества предприятия, косвенно может влиять на организационно-управленческие и хозяйственные процессы. Само предприятие имеет кооперационные связи с поставщиками комплектующих и полуфабрикатов для своей продукции и прямые отношения с рынком материалов, сырья, энергии.

Готовую продукцию предприятие отправляет как непосредственно изготовителю основного элемента комплекса – на первый уровень системных связей, так и на второй уровень – изготовителю крупных узлов и агрегатов. Результаты НИОКР сдаются непосредственно головному разработчику основного элемента комплекса, т.е. на первый уровень.

Рис. 5.5 дает представление об одной существенной особенности ОПК – особенности оплаты выполненных работ по ГОЗ. Многоуровневая система связей исключает прямые рыночные отношения в паре продавец (изготовитель продукции) – покупатель (государство в лице Министерства обороны и ОАО «Рособоронэкспорт»). Продавец получает денежные средства за изготовленную продукцию по ГОЗ только после их прохождения по всей цепочке уровней, что в существующих российских условиях сильно растягивает по времени сам процесс оплаты и приводит к так называемому

«кассовому разрыву». По этой причине существенную роль в системе ГОЗ для оборонных предприятий, особенно лежащих на 2–4-м уровнях системных связей, играют авансирование и сроки окончательных расчетов за выполненный ГОЗ.

Экономико-математическая модель собственно инновационного развития оборонного предприятия, осуществляющего НИОКР и имеющего опытное производство, строится с учетом следующих условий:

1. Две основные сферы деятельности – НИОКР и производство продукции.
2. Производство оборонной продукции для ГОЗ (в том числе в рамках государственных экспортных контрактов).
3. Предопределенные номенклатура и тематика производимых НИОКР и оборонной продукции в рамках ГОЗ.
4. Незначительные объемы производства гражданской продукции (менее 1% в общем объеме производства).
5. Недозагрузка основных производственных мощностей.
6. Необходимость обновления и модернизация существующих физически и морально устаревших мобилизационных мощностей.
7. Регламентированное ценообразование на НИОКР и продукцию по ГОЗ, не соответствующее реальным издержкам на НИОКР и производство.
8. Преобладание в общей структуре инвестиций государственных.

В предлагаемой модели [Алямов, Бажанов, 2010] представлены организационно-экономические, инновационные, инвестиционные и финансовые процессы, поэтому для базового года задается информация о технико-экономическом, финансовом состоянии, существующей технологии производства, программа развития.

В общем виде экономико-математическая модель оборонного предприятия, реализующего инновационную программу, сводится к следующему.

♦ *Производственный блок.* Пусть предприятие в году t выпускает продукцию i – по ГОЗ в количестве G_{it} , p – в рамках экспортных контрактов в количестве E_{pt} и выполняет НИОКР s в объеме N_{st}. Заданы базовые цены на продукцию u_i, u_p, стоимость НИОКР u_s, индексы изменения этих цен и стоимости IU_{it}, IU_{pt} *и* IU_{st}. Кроме того, задается объем производства гражданской продукции – D_t. Отсюда в году t объемы выполненных работ в стоимостном выражении будут равны:

$$O_t = \sum_{i=1}^{I} u_i \cdot IU_{it} \cdot G_{it} + \sum_{p=1}^{P} u_p \cdot IU_{pt} \cdot E_{pt} + \sum_{s=1}^{S} u_s \cdot UI_{st} \cdot N_{st} + D_t .$$

В принципе, при существующем порядке ценообразовании на ГОЗ, когда головная организация назначает цену на комплектующие исходя из стоимости контракта с организацией верхнего уровня без учета особенно-

стей и издержек предприятия, выпускающего комплектующие, у последнего возникает желание (в аналитическом плане) определения «справедливой» цены на свою продукцию. В этом случае либо индекс, либо сама цена на продукцию i-го вида может выступать в модели в виде искомой переменной. То же самое можно сказать и для НИОКР. Цена же продукции p-го вида, производимая в рамках экспортных контрактов, может меняться в плановом периоде под воздействием рыночных факторов и также может представляться в виде искомой переменной. Искомой переменной может выступать и объем производимой гражданской продукции. Тогда выражение для совокупной продукции в стоимостном выражении будет иметь следующий вид:

$$O_t = \sum_{i=1}^{I} \hat{u_i} \cdot G_{it} + \sum_{p=1}^{P} \hat{u_p} \cdot EX_{pt} + \sum_{s=1}^{S} \hat{u_s} \cdot N_{st} + \hat{D_t},$$

где $\hat{u_i}, \hat{u_p}, \hat{u_s}, \hat{D_t}$ – цены на продукцию, НИОКР и объем производства гражданской продукции как искомые переменные.

В последнем случае совокупный объем выполненных работ (в руб.) может выступать как критериальный показатель, величину которого можно максимизировать в оптимизационных расчетах.

Несмотря на то что для предприятия объемы оборонной продукции и НИОКР задаются в размерах ГОЗ, для оценки относительной эффективности выпускаемой основной номенклатуры (видов) работ можно эти объемы также представлять как искомые переменные при фиксированных ценах. В данном случае величины G_{it}, E_{pt}, и N_{st} для всех видов работ рассматриваются как искомые переменные, значения которых могут отыскиваться в заданных пределах, например, трудоемкости изготовления, пропускной способности оборудования и др.

$$G_{it} \cdot tr_{it} \leq TR_{it}, \quad i = 1,..,I\hat{}; \quad t = 1,\ldots,T,$$

где tr_{it} – удельная трудоемкость изготовления i-го изделия в году t;

TR_{it} – максимальная верхняя граница суммарной трудоемкости изготовления i-го изделия в году t;

$I\hat{}$ – выделенная часть изделий i-го вида;

T – период планирования.

Аналогичные ограничения вводятся и для видов работ p и s.

В производственном блоке модели предусмотрены расчеты экономических показателей затрат на выполнение работ для каждого года периода планирования как по каждому выделенному изделию по статьям затрат, так и суммарные затраты на весь объем работ по элементам затрат:

◆ прямые затраты, связанные с выполнением работ по видам в базовом году – c_{ik}, c_{pk}, c_{sk} и в целом по всему объему работ (смета затрат на производство) – c_k. Здесь k – виды прямых затрат – топливо, материалы, заработ-

ная плата (с начислениями), энергия на технологические цели и др. С учетом индексов изменения стоимости видов прямых затрат I_{kt} объем прямых затрат на выполнение работ по видам в году *t*:

$$C_{пр.ikt} = I_{kt} \cdot c_{ik} \cdot G_{it} \qquad t = 1, 2, ..., T; \quad k = 1, 2, ..., K;$$

$$C_{пр.pkt} = I_{kt} \cdot c_{pk} \cdot EX_{pt} \qquad t = 1, 2, ..., T; \quad k = 1, 2, ..., K;$$

$$C_{пр.skt} = I_{kt} \cdot c_{sk} \cdot N_{st} \qquad t = 1, 2, ..., T; \quad k = 1, 2, ..., K;$$

$$C_{пр.kt} = I_{kt} \cdot c_{k} \cdot O_{t} \qquad t = 1, 2, ..., T; \quad k = 1, 2, ..., K.$$

- накладные расходы и амортизация основного капитала:

$$NR_t = I_{nrt} \cdot nr + A_t \; t = 1, 2, ..., T,$$

где I_{nrt} – индекс изменения накладных расходов в году *t*, nr – накладные расходы без амортизации в базовом году, A_t – амортизационные отчисления в году *t*, рассчитанные в инвестиционном блоке.

Производственный блок также взаимодействует с инвестиционным блоком через расчет эффективности мероприятий инвестиционной программы, связанных, например, с выпуском продукции и с экономией накладных расходов. Выражаться это может следующим образом. Обозначим через C_t себестоимость выполненных работ. Тогда:

$$C_t = C_{\text{пр}.t} + NR_t - C_{\text{эфф}.t}, \quad t = 1, \dots, T,$$

где $C_{\text{пр}.t}$ – суммарные прямые затраты по всем видам работ в году *t*, $C_{\text{эфф}.t}$,– величина экономического эффекта (убытков, потерь) от реализации инвестиционных мероприятий (вариантов) в году *t*. Рост эффекта при увеличении мощностей выразится через дополнительный выпуск продукции:

$$C_{\text{эфф}.t} = IC_t \left(\sum_{r}^{R} EF_{rt} \cdot z_r + C_{\text{эфф.пр}.t} \right),$$

$$t = 1, ..., T,$$

где EF_{rt} – эффект (убытки) по накладным расходам и другим затратам в году *t* при реализации инвестиционного мероприятия *r*, z_r – целочисленная переменная (1 или 0), отражающая реализацию или не реализацию инвестиционного мероприятия (варианта) $r \in R$, $C_{\text{эфф.пр}.t}$ – эффект (убытки), связанный с выпуском продукции, по которой изменились прямые (переменные) затраты.

В модель общего вида могут быть введены ограничения на использование материальных (в стоимостном выражении) и энергетических ресурсов, например, для оценки мероприятий по снижению материалоемкости производства и энергосбережению. Так, ограничение на использование материальных ресурсов будет иметь следующий вид:

$$C_{\text{мат}.t} = (\sum_{i=1}^{I} C_{\text{мат}.it} + \sum_{p=1}^{P} C_{\text{мат}.pt} + \sum_{i=s}^{S} C_{\text{мат}.st} + C_{\text{мат}.rpt}) \leq M_t$$

t =1, 2,..., T.

Здесь $C_{\text{мат}.t}$ – фактический объем материальных затрат в году *t* по предприятию в целом, M_t, – возможный объем использования материальных затрат.

Условия по использованию электроэнергии на технологические нужды по каждому виду работ запишется следующим образом (показывается только для *i*-го вида):

$$\sum_{i}^{I} e_{\text{эл}.it} \cdot G_{it} \leq E_{\text{эл}.t}$$

t =1, 2,...,T.

Общее ограничение на потребление всей электроэнергии предприятием можно записать следующим образом:

$$\sum_{i}^{I} e_{\text{эл}.it} \cdot G_{it} + \sum_{p}^{P} e_{\text{эл}.pt} \cdot EX_{pt} + \sum_{s}^{S} e_{\text{эл}.st} \cdot N_{st} + e_{\text{эл.руб.}} \cdot D_t + E_{\text{эл.мом}.t} + EL_{\text{общ}.t} \leq EL_t$$

t =1, 2,...,T;

здесь r_{it} – затраты *m* на выпуск единицы продукции *i* в году *t*, $e_{\text{эл}.it}$ – затраты электрической энергии на технологические нужды на выпуск единицы продукции *i* в году *t*, $e_{\text{эл.руб.}}$.– затраты электроэнергии на руб. производства гражданской продукции, $E_{\text{эл.мом}.t}$ – затраты электроэнергии на поддержание мобилизационных мощностей, $EL_{\text{общ}.t}$ – затраты электроэнергии на общехозяйственные нужды, EL_t – фиксированный объем потребления электроэнергии в году *t*. Суммарное значение потребленной электроэнергии в кВт/час, умноженное на тариф за электроэнергию, т.е. стоимостную оценку электропотребления, целесообразно выделять из состава элементов затрат и включать ее в суммарные совокупные затраты предприятия отдельной строкой. Это даст возможность проводить вариантные расчеты по электросбережению. В постановке задачи с переменными объемами работ по видам объемы электропотребления будут оптимизироваться при фиксированных тарифах.

Следует отметить, что все удельные показатели электропотребления по видам работ могут измениться в результате либо реализации предусмотренных в инвестиционной программе специальных мероприятий по электросбережению, либо в результате реализации технологических мероприятий программы, либо в результате реализации нововведений, организационно-технических мероприятий, направленных на электросбере-

жение и требующих денежных затрат. Поэтому в финансовом блоке для последних в составе совокупных затрат следует предусмотреть соответствующие затраты на электросбережение.

Аналогичные условия записываются и для тепловой энергии. В модели можно предусмотреть ограничения и по отдельным видам материалов.

♦ *Инвестиционный блок*. Подавляющее большинство оборонных предприятий нуждается в модернизации и обновлении своего производства, стабилизации финансового состояния, только после решения этих задач можно будет говорить о полноценном инновационном развитии. Как показано на рис. 5.5, оборонное предприятие может получить государственные субсидии, быть включенным в федеральные целевые программы (ФЦП), что обеспечит ему осуществление инновационных и инвестиционных программ, программ финансового оздоровления, инвестиционных и инновационных проектов.

Инновационная программа оборонного предприятия, как правило, состоит из совокупности мероприятий как собственных программ и проектов, так и мероприятий, связанных с выполнением ФЦП, в которых участвует предприятие. Каждое мероприятие характеризуется требуемыми инвестициями, сроками выполнения и эффективностью.

Как уже указывалось выше, особенностью большинства оборонных предприятий второго-третьего уровня является единственность источника фиксированных объемов инвестиций в их развитие – государственные средства. Эта особенность, на первый взгляд, исключает вариацию затратных и временных параметров мероприятий. Однако, как не раз подтверждалось жизнью, объемы государственных финансовых средств и годы их предоставления предприятию могут меняться относительно ранее запланированных параметров.

Одним из подходов к учету неопределенности такого рода в оптимизационных расчетах для оборонных предприятий является вариация длительности реализации мероприятий в зависимости от объемов инвестиций и сроков их предоставления. Для этого формируется некоторое множество возможных гипотетических ситуаций (вариантов) использования предприятием выделенных ему инвестиционных средств (субсидий), различающихся сроками предоставления и размерами этих средств, которое и включается в общую матрицу задачи. Оптимизированный вариант определится в результате решения всей задачи по заданному критерию.

Заметим, что число вариантов не должно создавать проблем размерности задачи в процессе ее реализации. Для каждого варианта рассчитываются: величина возвращаемых государственных средств; доля выполнения утвержденного мобилизационного плана; отклонения объемов выполненных работ от параметров, утвержденных ФЦП, инновационной программой; величины недостаточности оборотных средств, кредиторской задолженности, в том числе за счет штрафных санкций, задолженности перед персоналом по

оплате труда и др. В сумме эти показатели должны определить величину гипотетических потерь государства от невыполнения собственных обязательств (планов) перед оборонным государственным предприятием. Эти потери должны учитываться в суммарном значении выбранной критериальной функции модели.

По всем вариантам должно выполняться условие равенства объема выполненных работ в стоимостном выражении значению этого показателя, рассчитанному в производственном блоке:

$$\sum_{r}^{R} o_{rt} \cdot z_r \leq O_t \,,$$

где o_{rt} – объем работ в руб. в году t по варианту r, O_t – объем выручки в руб. в году t по плану производства, z_r – целочисленная переменная (1 или 0), отражающая реализацию или не реализацию варианта $r \in R$, причем:

$$\sum_{r}^{R} z_r = 1 \,.$$

В инвестиционном блоке модели можно предусмотреть в программном периоде движение основных (производственных и непроизводственных) средств предприятия. Ввод основных средств осуществляется за счет реализации мероприятий инвестиционной программы, а среднее ежегодное физическое выбытие стоимости основных средств определяется по доле от общей стоимости. Тогда в году t стоимость основных средств определяется так:

$$F_t = IF_t \cdot \left(F_{t-1}(1 - w_{cr})\right) + \sum_{j}^{J} F_{jt} \cdot z_j,$$

где IF_t – индекс дефлятора по годам (оценка);

F_{jt} – стоимость основных средств в году t (проиндексированной относительно базового года) в результате реализации j-го мероприятия инвестиционной программы (выбранного варианта в результате оптимизации);

w_{cr} – средняя по годам программного периода доля выбывших основных средств.

Амортизационные отчисления по годам t составляют следующие величины:

$A_t = F_t w_a$,где w_a – средняя норма амортизации.

В модели, например, при необходимости компенсации предприятием государственных инвестиций может присутствовать в инвестиционном блоке условие не превышения государственных инвестиций $IN_{\text{гос.}}$ величины средств от реализации имущества, высвобождавшегося в результате реализации инновационной программы – $P \cdot SR_{\text{пред.}}$:

$$IN_{\text{гос.}} \leq P \cdot SR_{\text{пред.}}$$

При этом цена P единицы продаваемого имущества $SR_{\text{пред.}}$, например, одного кв. м площади, должна удовлетворять условию

$$P > P_1 + P_2,$$

где P_1 – удельные инвестиции, приходящиеся на кв. м продаваемой площади, P_2 – удельная величина налогов и сборов, приходящаяся на кв. м продаваемой площади.

Значения выходных показателей инвестиционного блока связаны с другими блоками модели: с финансовым – через показатель инвестиционных затрат на руб. выполненных работ, включенного в состав совокупных затрат на развитие предприятия, и через показатель «основные средства» (без амортизации), используемый в бухгалтерском балансе предприятия; с бюджетным – через ограничение на общую сумму инвестиций на реализацию инвестиционной программы.

♦ *Финансовый блок*. В процессе оптимизационных расчетов также считаются и все финансовые показатели: результирующие показатели – выручка, прибыль; показатели движения денежных средств; бухгалтерский баланс. В этом блоке рассчитываются совокупные затраты предприятия на хозяйственную деятельность.

Следует заметить, что для оборонных предприятий наряду с показателем прибыли, который может не иметь решающего значения как конечного показателя эффективности функционирования предприятия, особенно во время реализации, например, программы финансового оздоровления, возможно использование в качестве одного из критериальных показателей совокупные удельные затраты предприятия, включающего следующие элементы:

$$s_t = s_{иэ} + s_{ис} + s^{эс}_{над} + s_{эк} + s_{тер} + pr_{гос},$$

где $s_{иэ}$ – затраты на эксплуатацию и развитие предприятия;

$s_{ис}$ – затраты на эксплуатацию и развитие инфраструктурных сооружений, агрегатов;

$s^{эс}_{над}$ – затраты, связанные с технико-технологическим поддержанием производства (капитальный и текущие ремонты);

$s_{эк}$ – затраты, связанные с платежами за выбросы вредных веществ (в атмосферу и почву) и природоохранными мероприятиями;

$s_{тер}$ – затраты, связанные с платежами за занимаемую территорию предприятием;

$pr_{гос}$ – потери государства от невыполнения обязательств перед предприятием.

На суммарную величину совокупных затрат можно ставить условие не превышения заданной величины, например, сложившейся в предыдущие годы:

$$\sum_{t}^{T} s_t \cdot O_t \leq S_s \,,$$

где S_S – задаваемые суммарные за период планирования совокупные затраты.

Если совокупные затраты выступают в качестве критериального показателя, то критериальная функция задачи оптимизации принимает вид:

$$\sum_{t}^{T} s_t \, O_t \rightarrow min.$$

Использование совокупных затрат, выступающих как оттоки денежных средств, дает возможность использовать для оценки экономической эффективности функционирования оборонного предприятия метод чистого дисконтированного дохода (ЧДД). Как известно, он базируется на моделировании и анализе чистых денежных потоков (ЧДП), образуемых предстоящими затратами и получаемыми при этом результатами. В виде притоков – результатов – могут выступать объемы выполненных работ или полная выручка предприятия:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t}^{T} \text{ЧДП}_t \rightarrow \max.$$

В модель в рамках финансового блока могут вводиться ограничения тех или иных финансово-экономических показателей, характерных для оборонного предприятия, например на уровни дебиторской и кредиторской задолженностей и др., рассчитываемые для плановых значений объемов производства. В частности, ограничение по кредиторской задолженности связано с погашением многолетней задолженности оборонных предприятий перед бюджетом по налогам и сборам в строгом соответствии с утвержденным планом реструктуризации задолженности. На основе изменения этих показателей и показателя гипотетических государственных потерь из инвестиционного блока формируются соответствующие разделы бухгалтерского баланса.

Теоретически аналитические бухгалтерские балансы предприятия для каждого года программного периода могут представляться в матричной форме [Титов, 2007]. Все статьи таких балансов – искомые переменные. Вектор этих переменных обозначим через q. Тогда q_{At} – стоимость активов на конец периода t, $q_{Пt}$ – величина пассивов. Отдельные переменные – статьи баланса – имеют обозначения с соответствующими номерами строк баланса. Раздел модели – бухгалтерский баланс предприятия, представляется (в сокращенном виде) следующим образом.

Условия сохранения баланса в целом:

$q_{At} - q_{Пt} = 0 \;\; t = 1,\ldots,T.$

Также вводятся условия и по разделам активов и пассивов.

Все статьи баланса рассчитываются в соответствии с правилами группировки статей.

♦ *Бюджетный блок.* В бюджетном блоке показываются бюджетные платежи предприятию (субсидии, средства ФЦП, другие выплаты), а также налоговые выплаты и другие платежи предприятия государству (погашение задолженности, отчисления части прибыли и др.).

♦ В *аналитическом блоке* рассчитываются показатели платежеспособности и финансовой устойчивости предприятия. В аналитических целях в этом блоке может присутствовать условие достижения положительного или нормативного значения какого-либо показателя в определенном году, например коэффициента обеспеченности собственными средствами.

Таким образом, реализацию описанной модели можно представить как оптимизацию технико-экономического и финансового оздоровления предприятия в процессе реализации его инновационной программы. Данная задача имеет основополагающее значение в совокупности оптимизационных расчетов в отраслевой системе ОПК. Результаты решения задачи по модели предприятия передаются на отраслевой уровень, реализация модели которого корректирует основные параметры развития отрасли или госкорпорации. На основании оптимизированной номенклатуры и объемов работ, полученных в модели предприятия, может решаться задача оптимизации соотношения НИОКР и производства.

Взаимодействия оборонных предприятий в региональной экономике можно описать некоторой концептуальной моделью, содержание которой, например, описано А.Э. Алямовым [Алямов (эл. ист. инф.)]. Задача состоит в следующем: найти максимально возможные объемы выпуска непрофильных видов продукции и НИОКР оборонными предприятиями в стоимостном выражении, которые бы удовлетворяли заданным региональным условиям и ограничениям на выделенные ресурсы.

В общем виде экономико-математическая модель, описывающая влияние (подразумевается преимущественно инновационное) ОПК на региональную экономику, имеет вид:

I – индекс оборонного предприятия, $i = 1,\ldots,n;$

n – число предприятий;

j – индекс отрасли и сферы экономики региона, $j = 1,\ldots,m;$

m – число отраслей и сфер экономики региона;

a_{ij} – часть продукции i-го оборонного предприятия в виде материалов, комплектующих изделий, полуфабрикатов, товаров бытового назначения, потребляемой в j-й отрасли и сфере экономики региона;

b_{ij} – часть продукции i-го оборонного предприятия в виде инвестиционных товаров, потребляемой в j-й отрасли и сфере экономики региона;

rd_{ij} – результаты (в стоимостном выражении) НИОКР i-го оборонного предприятия, потребляемые в j-й отрасли и сфере экономики региона;

s_i – удельные средние затраты i-го оборонного предприятия на производство непрофильных продукции и НИОКР;

c_{ji} – продукция j-й отрасли и сферы экономики региона в виде материалов, сырья, полуфабрикатов и т.п, потребляемая i-м оборонным предприятием;

k_{ji} – продукция j-й отрасли и сферы экономики региона в виде инвестиционных товаров, потребляемая i-м оборонным предприятием;

$V_{\text{ОПКрег}}$ – суммарный объем хозяйственной деятельности всех оборонных предприятий региона;

A_i – заданный объем потребности региона в неинвестиционной продукции i-го оборонного предприятия;

B_i – заданный объем потребности экономики региона в инвестиционной продукции i-го оборонного предприятия;

F_i – объем финансовых средств на производство непрофильной продукции и НИОКР на i-м оборонном предприятии;

I_j – объем инвестиционных ресурсов j-й отрасли и сферы экономики при потреблении инвестиционной продукции оборонных предприятий региона;

P_i – возможный объем производственной мощности i-го оборонного предприятия для производства непрофильных продукции и НИОКР.

Тогда найти a_{ij}, b_{ij}, rd_{ij}, при которых

$$V_{\text{ОПКрег}} = \sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}(a_{ij} + b_{ij} + rd_{ij}) \to max$$

– общий объем всех видов хозяйственной деятельности всех оборонных предприятий региона достигает максимальной величины в случае удовлетворения следующих ограничений:

$$\sum_{j=1}^{m}(a_{ij} + b_{ij} + rd_{ij}) \le P_i$$

– общий объем всех видов работ на i-м оборонном предприятии не должен превышать возможный размер производственной мощности, $i = 1,\ldots n$;

$$(\sum_{j=1}^{m}(a_{ij} + b_{ij} + rd_{ij}) \cdot s_i + \sum_{j=1}^{m} c_{ji} + \sum_{j=1}^{m} k_{ji}) \le F_i$$

– общий объем затрат на производство непрофильных продукции и НИОКР i-го оборонного предприятия не должен быть больше доступных для этого средств предприятия, $i = 1,\ldots n$;

$$\sum_{j=1}^{m} a_{ij} \geq A_i$$

– объем производства неинвестиционной продукции на i-м предприятии не должен быть меньше потребности (спроса) в регионе, $i = 1,\ldots n$;

$$\sum_{j=1}^{m} b_{ij} \geq B_i$$

– объем производства инвестиционной продукции на i-м предприятии не должен быть меньше потребности (спроса) в регионе, $i = 1,\ldots n$;

или

$$\sum_{i=1}^{n} b_{ij} \leq I_j$$

– объем потребления инвестиционной продукции оборонных предприятий j-й отраслью и сферой экономики не должен быть больше инвестиционных возможностей этой отрасли, $j = 1,\ldots m$.

В результате реализации данной модели можно определить роль как всех оборонных предприятий в сумме, так и каждого отдельного предприятия в экономике региона, например в виде доли продукции предприятий, состоящей из оборонной и гражданской частей в прогнозном валовом региональном продукте.

5.3. ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПК

Спецификой моделирования процессов реформирования и реструктуризации ОПК является неполнота информации о результатах финансово-экономической деятельности предприятий ОПК. Поэтому одним из ключевых направлений анализа состояния ОПК РФ (а также совокупностей оборонных предприятий отдельных регионов либо отраслей) является создание системы экономико-статистических моделей, позволяющих корректно анализировать и прогнозировать поведение подобного специфического объекта моделирования.

При рассмотрении совокупности предприятий ОПК возникают следующие трудности:

1. При изучении динамики развития предприятий ОПК за 1990–2000-е годы возникает проблема сравнения результатов деятельности предприятий во времени (при отсутствии либо неполноте информации об изменении физических объемов). В течение 1990-х годов в экономике

страны быстрыми темпами росли цены, причем в различных отраслях – по-разному. Поэтому дать точный ответ, во сколько раз, например, изменилось производство на конкретном предприятии по сравнению с началом 1990-х годов, на основании имеющейся информации представляется затруднительным.

2. Те предприятия ОПК, которые действовали в начале 1990-х годов, и те, что существуют в 2000-х годах на их местах, – зачастую не являются одними и теми же. Предприятие советских времен являлось единым целым, представляло собой технологическую систему с наличием всей производственной инфраструктуры. В 1990-е годы на ряде предприятий шли бурные процессы перепрофилирования производства, и они могли менять номенклатуру продукции, поставщиков, потребителей и пр. Кроме того, с середины 1990-х годов широко стал применяться метод выделения производств. Как правило, выделялся рентабельный вид производства, оставляя нерентабельной части как большую часть долгов, так и большой объем фондов. В 2000-х годах в ОПК шел (и продолжает идти) процесс создания крупных интегрированных структур. В результате встает вопрос о сопоставимости предприятий за рассматриваемый период времени.

3. За последние 20 лет происходило изменение как форм статистической отчетности предприятий о результатах их экономической деятельности, так и форм представления агрегированной статистической информации.

4. За 1990-е годы во многом размылись отраслевые различия в ОПК. Внутри каждой из отраслей находились те предприятия, которые более успешно адаптировались к новым условиям хозяйствования, и те, что не смогли к ним приспособиться. Характерной чертой 1990-х годов следует считать отсутствие какой-либо отраслевой политики внутри страны. В 2000-х годах, как уже было отмечено выше, в ОПК создаются крупные интегрированные структуры холдингового типа, построенные по отраслевому принципу. Однако само по себе объединение предприятий в подобные структуры (зачастую механическое) не решает проблем выравнивания социально-экономического положения предприятий.

В результате, чтобы обойти вышеописанные трудности, при построении экономико-статистических моделей принимались следующие посылки:

а) вместо попыток количественно оценить произошедшие с каждым из предприятий в течение рассматриваемого периода изменения рассматривались изменения положения предприятий внутри совокупности друг относительно друга. Делалось предположение, что в определенной временной точке предприятия вполне сопоставимы между собой, и что все глобальные процессы, происходящие в экономике и затрудняющие сопоставление предприятий, о чем говорилось выше, повлияли на них примерно в равной степени;

б) осуществлен переход от уровня отраслей к уровню совокупности отдельных предприятий различных отраслей;

в) в качестве основы исследования выбрана наиболее простая и понятная система показателей (которые должны работать несмотря на все вышеописанные сложности):

– работающее предприятие должно приносить прибыль, следовательно, в качестве одного из главных компонент анализа выступает рентабельность производства;
– для того чтобы осуществлялся процесс производства, должен быть задействован такой фактор производства, как труд, и, следовательно, изучается динамика численности занятых и заработная плата на предприятиях;
– каждая технологическая цепочка должна приносить добавленную стоимость;
– несмотря на все пертурбации, происходившие за последние 20 лет с фондами предприятий (как в связи с выделением производств, так и в связи с переоценками фондов), сохраняется связь между объемами фондов и производством продукции – следовательно, рассматривается показатель фондоотдачи производства.

Методы экономико-статистического моделирования были применены, в частности, для анализа результатов деятельности оборонных предприятий Новосибирской области и Алтайского края в 1990–2000-х годах [Бажанов, Соколов, 1996, 1998, 2001, 2002; Соколов, 1997; Амосенок и др., 2008, с. 94–111].

Основными задачами исследования были следующие:

1) проанализировать типологическую структуру совокупности объектов ОПК в регионе, выявить однородные группы предприятий и исследовать причины выделения типологических групп (влияние территориальных факторов, масштабов предприятия, формы собственности, отраслевой принадлежности и др.);
2) разработать предложения по вариантам реструктуризации в отношении каждой из выделенных типологических групп;
3) рассмотреть взаимосвязь экономических показателей функционирования предприятий ОПК и построить экономико-статистические модели прогнозирования показателей экономической эффективности, выявить основные факторы, определяющие эффективность политики реструктуризации предприятий ОПК.

На рис. 5.6 приведена схема примененных при анализе состояния предприятий ОПК НСО и Алтайского края в 1990-х годах методов.

Все показатели, характеризующие деятельность предприятий, были разделены на две группы: «входные» – исходные показатели экономической, финансовой и социальной деятельности предприятий, содержавшиеся в форме статистической отчетности предприятий № 1-КВП «Отчетность промышленного предприятия (объединения), осуществляющего конверсию», и «выходные» – расчетные показатели локальной эффективности.

* Сравнение типологий.

** Использование моделей, полученных для совокупности предприятий ОПК НСО, в качестве распознающей и прогнозирующей системы для предприятий ОПК Алтайского края.

Рис. 5.6. Блок-схема применяемых методов экономико-статистического моделирования состояния предприятий ОПК

Исходная информация содержала следующие содержательные блоки:

- объемы производства продукции;
- финансовые результаты деятельности предприятий;
- показатели, характеризующие результаты внешнеэкономических связей предприятий;
- социально-экономические показатели;
- расходы предприятий на мероприятия по конверсии и реструктуризации производства.

Важной особенностью предприятий ОПК является то, что они производят два вида разнородной продукции: военного и гражданского назначения. Таким образом, на основе имеющейся исходной информации был рассчитан ряд показателей структуры – производства продукции, ее экспорта, численности занятых в производстве продукции разных видов и пр. Также на основе исходной информации за исследуемый и базовый годы были рассчитаны показатели динамики производства, а именно: темпы

изменения объемов производства продукции, численности занятых, заработной платы. Все перечисленные рассчитанные показатели также были включены в состав «входных» показателей. Всего входной блок модели включал 33 показателя.

С целью установления общих закономерностей, определяющих сущность изучаемого явления, и снижения размерности «входных» показателей модели исходная база данных была проанализирована методами факторного анализа. В результате из исходного списка показателей было выделено 6 факторов. Содержательная интерпретация полученных факторов затруднена ввиду того, что каждый из них представляет из себя линейные комбинации всех исходных 33 признаков. Однако можно проинтерпретировать их, рассмотрев те признаки, которые имеют наибольший вес в каждом из факторов.

В *первом факторе* наибольшую факторную нагрузку имеют, с одной стороны, основные характеристики масштаба производства, а с другой стороны – признаки, характеризующие масштабы производства военной продукции.

Во *втором факторе* доминируют показатели, характеризующие, с одной стороны, производство гражданской продукции, а с другой стороны, показатели динамики.

В *третьем факторе* наибольшую факторную нагрузку имеют показатели, характеризующие социальный аспект.

В *четвертом факторе* доминируют показатели, характеризующие производство гражданской продукции (несколько иные, чем во втором факторе).

В *пятом факторе* наибольшую факторную нагрузку имеют показатели, отражающие структуру расходов предприятия на мероприятия по конверсии.

Шестой фактор отражает внешнеэкономические связи предприятий.

Первые три фактора объясняют почти ¾ общей дисперсии, а в целом шесть факторов – более 92% дисперсии всей исходной совокупности показателей.

Для каждого из факторов осуществлялась ранжировка объектов (предприятий). Если в рассматриваемом факторе данный признак имел прямую зависимость (положительное значение величины факторной нагрузки признака), то ранжировка осуществлялась по принципу возрастания (предприятию, имеющему наибольшее значение признака, присваивается наивысший ранг); в случае обратной зависимости (отрицательное значение величины факторной нагрузки признака) – по принципу убывания. Средний ранг каждого предприятия в целом по фактору вычислялся как линейная комбинация рангов предприятий по отдельным признакам. Интерпретируя модуль факторной нагрузки признака в качестве веса признака в данном факторе, далее производилось нормирование значения ранга предприятия по фактору: каждый полученный для предприятия показатель был разделен на общую сумму весов в факторе. На основе полученных таким образом рангов отдельных предприятий для каждого

фактора вычислялся средний ранг предприятия по всем рассматриваемым факторам. В качестве веса каждого фактора рассматривалась доля суммарной дисперсии всего многофакторного пространства, объясняемая данным фактором.

На следующем этапе анализа из общей совокупности оборонных предприятий Новосибирской области в соответствии с результатами ранжировки с помощью методов кластерного анализа были выделены три типологические группы, характеризующиеся различными особенностями текущего состояния и тенденциями развития:

– *первая группа:* предприятия, находящиеся в глубоком кризисе;
– *вторая группа:* предприятия, составляющие «срединный слой» общей совокупности;
– *третья группа:* предприятия, сумевшие приспособиться к новым экономическим условиям.

Таблица 5.5

Значимость различий между типологическими группами оборонных предприятий Новосибирской области для «выходных» показателей модели (в исследуемом году)

«Выходные» показатели	Значимость различий*
Производительность труда в выпуске продукции в целом	+
Производительность труда в выпуске гражданской продукции	+
Рентабельность (к себестоимости) производства продукции	+
Рентабельность (к себестоимости) производства гражданской продукции	+
Рентабельность продаж продукции в целом	+
Рентабельность продаж гражданской продукции	+
Среднемесячная заработная плата занятых в целом по предприятию	+
Среднемесячная заработная плата занятых в производстве гражданской продукции	+
Доля продукции, экспортированной за пределы РФ, в общем объеме произведенной продукции в целом	–
Доля продукции, экспортированной за пределы РФ, в общем объеме произведенной гражданской продукции	–
Удельные расходы предприятия (на единицу выпускаемой продукции) на мероприятия по конверсии	–
Отношение суммы собственных средств предприятий, расходуемых на мероприятия по конверсии и перепрофилированию производства, к объему их балансовой прибыли	–

* В графе «Значимость различий» «+» означает, что для признака различия между группами значимы на 10%-м уровне, «–» не значимы на уровне 10%.

Обоснованность выделения подобных групп проверялась с помощью методов дисперсионного анализа. Для всего множества «входных» и «выходных» показателей рассчитывалось отношение межгрупповой и внутригрупповой дисперсий (на одну степень свободы) и сравнивалось с табличным значением. Результаты дисперсионного анализа для «выходных» показателей приведены в табл. 5.5. Как видно из приведенных в таблице данных, для таких показателей, как производительность труда, рентабельность и заработная плата, различия между группами оказались значимыми. В то же время результаты анализа свидетельствуют о слабой зависимости состояния предприятий от их ориентации на экспорт продукции и от степени инвестирования средств на перепрофилирование производства.

Также было проанализировано влияние на разделение общей региональной совокупности оборонных предприятий на отдельные типологические группы ряда факторов:

- в каждой из выделенных типологических групп находились представители разных *форм собственности*, из чего был сделан вывод, что она, по всей видимости, не является фактором, влияющим на состояние предприятий оборонной промышленности.
- предприятия различной *отраслевой принадлежности,* напротив, попадали, как правило, в разные типологические группы – из чего делался вывод о значимости этого фактора для анализа их состояния.
- *величина* оборонных предприятий в базовом году не являлась фактором, определяющим их состояние в исследуемом году.
- состояние предприятий мало зависело от показателей *структуры производства и занятости (военная/гражданская продукция)*.

Полностью работа, аналогичная изложенной выше, была проведена и для совокупности оборонных предприятий Алтайского края.

Заключительным шагом являлась проверка возможности прогнозирования по моделям, построенным на базе информации по функционированию оборонных предприятий одного региона (Новосибирской области – как более крупного и содержательно более полного объекта), результатов функционирования оборонных предприятий другого региона (Алтайского края). Для этого в каждой типологической группе, полученной в результате анализа совокупности оборонных предприятий Новосибирской области, были определены доверительные интервалы ряда «входных» и «выходных» показателей, и рассмотрена принадлежность значений показателей оборонных предприятий Алтайского края полученным доверительным интервалам. Результаты анализа представлены в табл. 5.6.

Отметим, что данные предприятия VI по ряду показателей выходят за нижнюю границу доверительных интервалов для первой типологической группы оборонных предприятий Новосибирской области; предприятие II,

в ранжировке совокупности оборонных предприятий Алтайского края отнесенное ко второй группе, явно тяготеет к новосибирской третьей группе, а предприятие I – к первой новосибирской (см. табл. 5.6).

Таблица 5.6

Анализ соответствия значений ряда «входных» и «выходных» показателей оборонных предприятий Алтайского края доверительным интервалам типологических групп оборонных предприятий Новосибирской области

Показатель	Предприятие (№ п/п)										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
	Принадлежность к группе по результатам классификации оборонных предприятий Алтайского края										
	2	2	2	2	3	1	3	2	1	2	2
	Принадлежность к группе оборонных предприятий Новосибирской области по анализу соответствия доверительным интервалам										
«Выходные» показатели											
Производительность труда	2	2	2	1	3	1	3	2	2	2	2
Рентабельность (к себестоимости) производства продукции	1	3	2	2	3	1	3	1	1	2	2
«Входные» показатели											
Объем производства продукции	1	3	2	2	3	1*	3	2	1	2	1
Балансовая прибыль	1	3	2	2	3	1*	3	2	1	2	2
Прибыль от реализации продукции	1	3	2	2	3	1*	3	1	1	2	2
Экспорт продукции	1	3	1	2	3	1	3	3	1	1	1
Численность занятых	1	3	3	3	2	1	3	3	1	2	1
Расходы на конверсию	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2
Фонд оплаты труда	1	3	2	2	3	1*	3	2	1	2	1

*Значение показателя выходит за нижнюю границу доверительного интервала первой типологической группы оборонных предприятий Новосибирской области.

В целом можно отметить, что между этими различными ранжировками есть четкое соответствие, что дает возможность оценивать предприятия различных региональных совокупностей оборонных предприятий путем сопоставления соответствия показателей их деятельности доверительным интервалам типологических групп базовой региональной совокупности, и в соответствии с попаданием в различные типологические группы создавать сценарии их развития и рекомендовать разные меры по достижению целей устойчивого развития предприятий (в частности меры финансовой и иной помощи со стороны государства). В то же время результаты анализа свидетельствуют, что подобное выделение в соответствующую типологическую группу нельзя осуществлять по малому числу основных показателей.

Таким образом, данное исследование позволило:

- ✓ адаптировать методику многомерного статистического анализа и исследования типологической структуры совокупности предприятий для оценки результатов функционирования реструктурируемых оборонных предприятий;
- ✓ сформировать на базе исследования типологий предприятий ОПК классификационную экономико-статистическую модель, позволяющую прогнозировать экономическую эффективность функционирования предприятий;
- ✓ оценить взаимосвязи экономических показателей функционирования предприятий ОПК для анализа и прогнозирования изменений эффективности экономической деятельности в связи с изменением формы собственности, масштабов деятельности, отраслевой принадлежности предприятий;
- ✓ апробировать предложенный методический подход для предприятий ОПК Новосибирской области и Алтайского края;
- ✓ выделить для каждого региона типологические группы предприятий и дать соответствующие рекомендации по применению методов селективной политики к отдельным группам предприятий;
- ✓ использовать полученную для совокупности оборонных предприятий региона классификационную модель в качестве распознающей и прогнозирующей системы для исследования оборонных предприятий других регионов.

5.4. МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ

Меняющиеся условия экономического развития, обусловленные глубокими экономическими и институциональными трансформациями российской экономики, требуют адекватных методов при разработке стратегических планов развития промышленности. Значительный опыт программно-целевого планирования, накопленный в нашей стране за последние несколько десятков лет, в сегодняшних условиях нуждается в серьезной доработке и адаптации к новым реалиям [Инвестиционные методы…, 2003].

Для того чтобы в условиях ограниченных ресурсов определить наиболее важные (приоритетные) направления развития компании или регионального промышленного комплекса, необходим инструментарий, позволяющий установить степень влияния отдельных элементов промышленной политики на достижение поставленной цели. Иными словами, необходимо оценить воздействие различных компонент системы на всю систему. В своих стратегических решениях компании и региональные власти должны опираться на объективную и своевременную аналитическую информацию о действенно-

сти используемых инструментов, иметь в своем арсенале достаточно широкий набор эффективных методик, позволяющих не только генерировать идеи, разрабатывать планы и программы развития, но и проводить их всесторонний анализ, качественную оценку и тестирование. Это позволит принимать более продуманные решения, не проводя в очередной раз эксперименты на хозяйствующих субъектах.

В процессе принятия решений важную роль играет правильное представление сложившейся ситуации в области развития промышленных производств, учет основных факторов и тенденций, определение путей эффективного достижения поставленных целей. Задача целеполагания является базовой при построении системы управления развитием регионального промышленного комплекса и при реализации интеграционных стратегий компаний. Несмотря на бесспорную необходимость исследования проблем стратегического управления развитием промышленности научные исследования в этом направлении только начинаются.

Большинство методов, получивших распространение в управлении сложными системами, относятся к классу методов *оценки многокритериальных альтернатив,* разработанных для принятия решений в условиях неопределенности и риска. Суть многокритериального подхода заключается в том, что на основании предпочтений лиц, принимающих решения (ЛПР), очерчивается область допустимых решений управленческой задачи, и в этой области производится поиск наиболее эффективного решения. Как показывает опыт, основная трудность состоит не столько в сравнении стратегических вариантов (контрастных сценариев), сколько в разработке каждого из них. Для частичного разрешения этой проблемы предлагаются декомпозиционно-синтетические подходы, основанные на аппарате интерактивных процедур с использованием экспертных оценок. Сложная система рассматривается в виде иерархической структуры, которая позволяет находить оптимальные показатели локальной устойчивости для нижних уровней иерархии, а затем с помощью соответствующих процедур «согласования интересов» оценивается качество локальной устойчивости верхних уровней. Следует особо подчеркнуть, что моделирование сложных систем невозможно без предварительного и тщательного изучения предметной области – промышленной политики, механизмов, инструментов, целевых интересов акторов. Наиболее перспективными методами в области принятия решений, как представляется, являются следующие: MAUT, ELECTRE и МАИ [Ларичев, 2002].

➢ *Метод теории полезности со многими признаками (MAUT).*

Метод MAUT (Multi Attribute Utility Theory) разработан для построения моделей в условиях неопределенности. Подход MAUT реализуется в следующей последовательности: сначала разрабатываются перечни критериев, затем строятся функции полезности по каждому из критериев. После этого проверяются определенные условия, выдвигаемые методом, и формируется

многокритериальная функция полезности (как зависимость между оценками альтернатив по критериям и общим качеством альтернативы). Завершающим этапом является оценка всех имеющихся альтернатив и выбор среди них наилучшей. При принятии многоцелевых решений в качестве критерия выбора рационального решения используется суммарная функция общей полезности (ценности, приоритетов). Под полезностью понимают воображаемую психологическую и потребительскую ценность различных благ, в том числе социальных и общественных. Ценность различных альтернативных решений определяется экспертом или ЛПР путем мысленного взвешивания этих альтернатив с точки зрения их полезности для достижения поставленной цели. Каждая альтернатива описывается значениями критериев низшего уровня, полученных при декомпозиции главной цели задачи.

Метод MAUT имеет как неоспоримые достоинства, так и трудности в использования (табл. 5.7).

Метод MAUT возможно применять при условии, что критерии при проведении политики поддержки предпринимательства или интеграционной стратегии компании количественно определены. Однако в большинстве случаев это сделать достаточно сложно ввиду большого числа неформализуемых параметров, немаловажных при слиянии – таких, например, как корпоративная культура, стиль руководства, нематериальные активы и т.д. Применение данной методики к определению приоритетной стратегии развития компании не представляется невозможным, однако оценка эффективности будет получена лишь приблизительная.

Таблица 5.7

Преимущества и недостатки метода MAUT

Достоинства	Трудности использования
Теоретически обоснованный метод нахождения решения в условиях многокритериальности. Используется строгий математический аппарат	Требуется выполнение достаточно строгих условий для проведения корректного поиска приоритетного решения, что усложняет алгоритм расчета рациональной полезности
Строгое обоснование вида функции полезности	Предусматривается привлечение экспертов для оценивания определенных параметров функций полезности, а, следовательно, имеют место все недостатки, которые возникают в связи с нерациональностью человеческого поведения
Позволяет определить полезность (значимость) каждой из альтернатив	Унификация процедуры работы с экспертами (ЛПР) требует дополнительных проработок и временных затрат; при практическом применении метод отличается значительной трудоемкостью и большими затратами времени на работу с экспертами (ЛПР) и расчет данных

Источник: [Носова и др., 2004].

➢ *Метод оценки многокритериальных альтернатив (ELECTRE)*

Метод ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Realite) представлен несколькими модификациями, реализующими процедуру принятия решений при многих критериях. Этот метод относится к подходам, которые получили название «разработка индексов сравнения альтернатив». Метод ELECTRE позволяет определить для каждой пары альтернатив индексы согласия (конкорданса) и несогласия (дискорданса). В соответствии с индексами делается вывод о превосходстве одной альтернативы над другой.

Метод ELECTRE имеет методологическое отличие от системы MAUT, свои достоинства и недостатки (табл. 5.8). В методе MAUT по умолчанию предполагается, что основные предпочтения сформированы ЛПР на первых этапах, которые не связаны с процедурой принятия решения. В связи с этим предпочтения при сравнении оценок и назначении весов формируются одномоментно на одном из этапов процедуры принятия решений. Все корректировки и уточнения сформированных оценок осуществляются на заключительных этапах применения метода.

Алгоритм выбора оптимального решения ELECTRE несколько отличается от метода MAUT. В ходе реализации метода генерируются различные варианты решения проблемы; множество вариантов решений обеспечивается набором решающих правил, которые формируются в виде индексов попарного сравнения альтернатив.

Таблица 5.8

Отличительные особенности метода ELECTRE

Преимущества	Сложности в использовании
Метод позволяет привлекать к выбору оптимальной альтернативы группы экспертов, что повышает объективность принятия решений. Поэтапность выявления предпочтений и исследования кластеров альтернатив позволяет ЛПР провести детальный анализ результатов на каждом этапе и более обоснованно сформировать свои предпочтения	Как правило, не выполняются два важных условия: полнота сравнений и транзитивность. Это может привести, с одной стороны, к выбору неоптимального варианта решения, а, с другой, – к нарушению логики процесса принятия решения
Возможность выявления альтернативы с противоречивыми оценками на основании отношения несравнимости, что позволяет более обоснованно выделить ядро результативных решений	На практике встречаются случаи, когда в ходе выбора между различными альтернативами возникают циклические процессы. В этом случае усложняется алгоритм сравнения многокритериальных альтернатив
Индексы сравнения позволяют учесть неточности в данных и выявить противоречивость в мнениях экспертов	Введение уровней несогласия или порогов вето не позволяет объявить альтернативу A_i при парном сравнении более предпочтительной, если по одному или нескольким критериям она существенно уступает альтернативе A_j

Источник: [Носова и др., 2004].

В процессе использования подхода попарного сравнения альтернатив выделяют два этапа:

1) этап построения индексов попарного сравнения альтернатив, который еще называют этапом разработки;

2) этап ранжирования или классификации сформулированных альтернатив на основе сконструированных индексов. Этот этап получил название этапа исследования.

Индексы попарного сравнения альтернатив в большинстве методов строятся на основе принципов конкорданса (согласия) и дискорданса (несогласия). В соответствии с этими принципами, альтернатива A_i является, по крайней мере, не худшей, чем альтернатива A_j, если

- «достаточное большинство» критериев поддерживает это утверждение (принцип согласия);
- «возражения» по остальным критериям «не слишком сильны» (принцип малого несогласия).

Хотя методы ELECTRE были первично предложены как эвристические, имеется немало работ по их аксиоматическому обоснованию. В частности, исследования показали, что проблема создания системы индексов, гарантирующих заданные желательные свойства метода, близка к проблеме построения правил коллективного выбора. Данный метод также может быть использован при анализе процессов эффективности слияний/поглощений на этапе *ex ante*, однако учет влияния заинтересованных/противодействующих сторон представляется затруднительным. Поскольку специфика метода такова, что предполагается большое число акторов, участвующих в принятии решения, а при интеграционных стратегиях «слияние/поглощение» это невыполнимо, то методы ELECTRA имеют ограниченное применение. Цикличные процессы при выборе альтернативы сдерживают использование этого метода при разработке стратегических планов развития промышленных производств и поддержке предпринимательских инициатив.

➢ *Метод анализа иерархий (МАИ)*

Метод анализа иерархий базируется на математическом аппарате, разработанном Т. Саати, и предназначен для решения практических многокритериальных оптимизационных задач [Саати, Кернс, 1991].

В работах Т. Саати показано, что МАИ вбирает в себя основные свойства, присущие теории систем, и хорошо объясняет поведение систем с обратной связью. Другими словами, МАИ является методом для решения проблем, возникающих в больших системах, к которым относятся общественные системы различного уровня сложности. МАИ позволяет системным образом иерархически представлять элементы любого сложного объекта (проблемы). В МАИ требуется декомпозировать проблему на более простые составляющие, после чего производится обработка суждения ЛПР по технологии пар-

ных сравнений. Этим самым системно может быть выражена интенсивность взаимодействия элементов иерархии. На этапе синтеза множественных суждений определяется приоритетность альтернативных решений.

Метод анализа иерархий получил в последнее время довольно широкое распространение для разработки программ социально-экономического характера. МАИ, являясь системной процедурой, на практике подтвердил свою эффективность при решении задач стратегического планирования и управления. МАИ имеет большое число практических реализаций в отличие от других многокритериальных методов поиска оптимальных альтернатив.

Метод состоит в декомпозиции проблемы на все более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений ЛПР по парным сравнениям. Процесс может быть проведен над последовательностью иерархий: в этом случае результаты, полученные в одной из них, используются в качестве входных данных при изучении следующей. В результате может быть выражена относительная степень (интенсивность) взаимодействия элементов в иерархии. Эти суждения затем выражаются численно.

На первом этапе метода необходимо структурировать задачу в виде иерархии. В зависимости от постановки задачи – получения наиболее вероятного сценария, исходя из существующего состояния или определения политики управления, которая поможет достичь наиболее желаемого сценария, – выделяют два типа иерархий: соответственно иерархию прямого и обратного процессов. В процессе планирования применяют оба типа (табл. 5.9). На втором этапе ЛПР выполняет попарные сравнения элементов каждого уровня с помощью соответствующей шкалы оценок.

Таблица 5.9

Типы иерархий, используемые в планировании

Иерархия прямого процесса	Иерархия обратного процесса
1. Макроограничения окружающей среды 2. Социальные и политические ограничения 3. Силы 4. Цели 5. Акторы 6. Цели акторов 7. Политики акторов 8. Контрастные сценарии 9. Обобщенный сценарий*	1. Предварительные сценарии 2. Проблемы и возможности 3. Акторы и коалиции 4. Цели акторов 5. Политики акторов 6. Отдельные политики управления, влияющие на результат

* Структура иерархии не представляет собой жесткой конструкции, и для отдельных задач некоторые из уровней могут быть исключены.

Метод анализа иерархии включает процедуры синтеза множественных суждений, получения приоритетности критериев и нахождения альтернативных решений.

Большим преимуществом методики Т. Саати является возможность оценить еще и качество экспертизы, для чего автором предложен специальный критерий. Поскольку оценки экспертов могут быть противоречивыми, т.е. какие-либо факторы могут быть оценены одновременно как более, так и менее предпочтительные, получив решение уравнения $Aw = \lambda_{\max} w$, можно судить о его качестве по тому, насколько $\lambda_{\max}$ близко к величине n, т.е. насколько точны определяемые значения важности $(w_1, \ldots, w_n)$.

Критерий качества экспертизы рассчитывается с помощью индекса непротиворечивости оценок (ИН), вычисляемого по формуле

$$\text{ИН} = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1),$$

где n – число сравниваемых элементов. ИН соотносится с табличной величиной «случайной непротиворечивости» (СН) оценок, полученных в результате усреднения серии случайных выборок элементов матрицы A.

Если разделить индекс непротиворечивости на значение, соответствующее случайной согласованности матрицы того же порядка, получается индекс относительной непротиворечивости (ОН=ИН/СН). Приемлемым считается значение ОН не более 0,10 (или 10%). В некоторых случаях берется значение 0,20 (20%).

Заполненная экспертом матрица подвергается математической обработке, в результате которой находится вектор собственных значений матрицы парных сравнений. Для удобства использования собственный вектор матрицы нормализуется по сумме к единице.

Таким образом, полученный нормализованный вектор содержит искомые оценки относительной важности оцениваемых параметров, которые отражают соответствующие представления заполнившего опросный лист эксперта. Каждый элемент вектора показывает в долях единицы вклад соответствующего элемента в общую оценку.

На основе проведенного сравнительного анализа методов оценки многокритериальных альтернатив, для анализа процессов управления промышленным комплексом региона и осуществления интеграционной стратегии компаний более предпочтительным является метод аналитической иерархии. Одним из достоинств метода является, прежде всего, включение в модель широкого круга участников-акторов (табл. 5.10). С точки зрения качественных критериев, использование экспертных суждений в данном методе позволяет не только провести комплексную оценку институциональных компонент стратегии и промышленной политики, но и провести предварительный анализ обоснованности выбранного решения.

Таблица 5.10

Сравнительная характеристика методов MAUT, МАИ и ELECTRA

Многокритериальная теория полезности (MAUT)	Метод аналитической иерархии (МАИ)	Методы ELECTRA
Основные положения		
Является развитием теории полезности, имеет аксиоматическое обоснование: вводятся аксиомы и доказывается существование функции полезности в той или иной форме. Особую роль играют аксиомы независимости: отношения между частью критериальных оценок не зависят от фиксированных значений по другим критериям	Можно выделить следующую общую схему структуризации задачи: цели – критерии – альтернативы. На каждом уровне иерархии осуществляется попарное сравнение элементов уровня при помощи вербальной шкалы относительной важности. Результаты сравнения переводятся в числа в соответствии с заданной количественной шкалой	Методы ELECTRE основаны на определении бинарного отношения превосходства альтернатив по качеству. Методы позволяют определять для каждой пары альтернатив индексы согласия и несогласия с гипотезой, что одна из альтернатив превосходит другую. Последовательное выделение ядер позволяет упорядочить альтернативы
Сравнительные преимущества		
С помощью методов MAUT возможно определить полезность каждой из альтернатив. Многокритериальная теория полезности позволяет получить поле в интервальной шкале	На каждом этапе работы экспертов проводится проверка согласованности суждений с помощью индекса относительной непротиворечивости. МАИ позволяет получить, в отличие от MAUT, приоритеты в шкале отношений	Поэтапность выявления предпочтений ЛПР в процессе назначения уровней согласия и несогласия и изучения ядер. Использование отношения несравнимости позволяет выделить пары альтернатив с противоречивыми оценками, остановиться на ядре, выделение которого обоснованно с точки зрения имеющейся информации
Сравнительные недостатки		
Различные методы выявления весов критериев приводят к различным результатам	Введение новой альтернативы может в общем случае привести к изменению отношений предпочтений между другими альтернативами	Подход не гарантирует выполнения условий полноты и транзитивности

Источники: [Ларичев, 2002; Носова и др., 2004; Саати, Кернс, 1991].

Рассмотрим практическое применение метода аналитической иерархии на примере выбора направлений промышленной политики и повышения конкурентоспособности машинотехнической продукции региона (НСО). МАИ предусматривает структурирование активной промышленной политики (АПП) в виде иерархий, которые в наиболее общем виде строятся с вершины (целей – с точки зрения управления), через промежуточные уровни (критерии, от которых зависят последующие уровни) к самому низкому уровню (который обычно является перечнем альтернатив). В дальнейшем элементы одного уровня иерархии сравниваются между собой для выявления воздействия (влияния) каждого из них на элементы вышестоящего уровня. На элементах иерархии с наибольшими величинами важности в дальнейшем концентрируется внимание при разработке промышленной политики.

При его использовании формулируется цель (система целей), выделяются направления достижения этих целей (эти направления называют контрастными сценариями), и затем в виде обобщенного сценария проводится описание действий участников, определяющих промышленную политику в регионе (рис. 5.7).

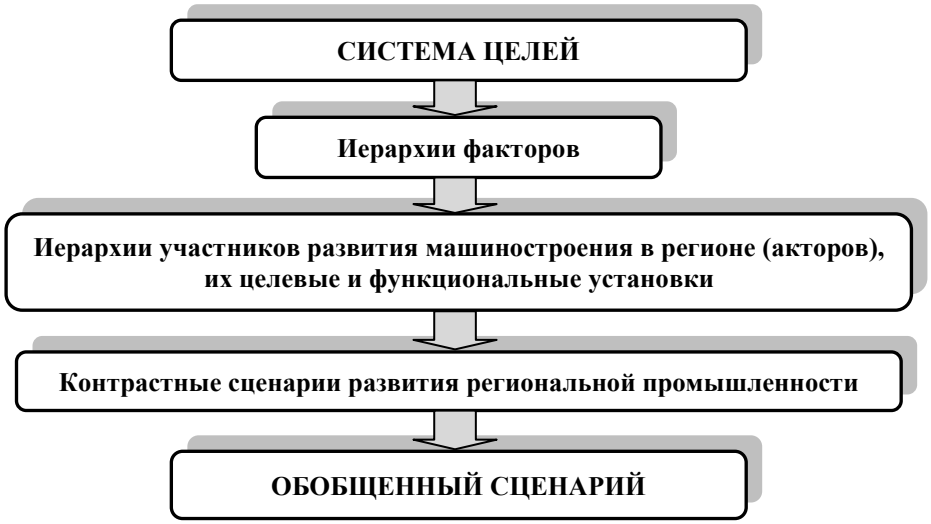


Рис. 5.7. Логическая схема построения сценария повышения конкурентоспособности машинотехнической продукции

При формировании схемы построения сценария на этапе анализа выделяются основные участники управления процессами промышленного развития региона (акторы), которые так или иначе влияют на цель управления. Для каждой выделенной группы участников определяются их интересы и функциональные установки. На заключительном шаге анализа формулируется группа контрастных сценариев развития региональной промышленности для повышения конкурентоспособности продукции.

Системный анализ многоуровневого управления промышленным развитием региона, изучение взаимосвязи экономических механизмов и инструментов поддержки машиностроительных производств, направленных на повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции и уровня их инвестиционно-инновационной активности, являются наиболее ответственными этапами разработки проекта активной промышленной политики [Лугачева, 2007].

Многоуровневое моделирование процесса повышения конкурентоспособности регионального машиностроения включает верхние и нижние уровни иерархии. Логическая схема верхнего уровня иерархии повышения конкурентоспособности машинотехнической продукции включает уровни с I по VI.

I. Генеральная цель – повышение конкурентоспособности машинотехнической продукции.

II. Первичные критерии (условия):

II.1. Финансовые возможности (бюджет);

II.2. Технология управления;

II.3. Материально-технические ресурсы;

II.4. Трудовые ресурсы;

II.5. Информационные ресурсы.

III. Группы факторов, определяющих развитие машиностроения:

III.1. Макроэкономические факторы: уровень инвестиционного развития производства; бюджетная политика; состояние кредитно-денежной системы, таможенно-тарифная политика;

III.2. Факторы изменения конъюнктуры рынка машинотехнической продукции: импортозамещение; рост спроса фондопотребляющих отраслей; расширение рынка сбыта;

III.3. Факторы повышения эффективности роста машиностроительного производства: сильный менеджмент; диверсификация; снижение издержек; обновление основного капитала;

III.4. Факторы, стимулирующие инновации в машиностроении:

– финансово-экономические: достаточность собственных денежных средств; финансовая поддержка со стороны государства; реальный платежеспособный спрос на новые продукты; умеренная стоимость нововведений; невысокий экономический риск; приемлемые сроки окупаемости нововведений;
– инновационно-производственные: высокий инновационный потенциал организации; наличие квалифицированного персонала; достаточность информации о новых технологиях; наличие информации о рынках сбыта; восприимчивость организации; возможность для кооперирования с другими предприятиями и научными организациями;
– ликвидация инновационных барьеров: принятие законодательных и нормативно-правовых документов, регулирующих и стимулирующих

инновационную деятельность; определенность сроков инновационного процесса; развитость инновационной инфраструктуры (посреднические, информационные, юридические, банковские, прочие услуги); развитость рынка технологии.

IV. Механизмы (классификация основных механизмов АПП в регионе и основные контуры взаимоотношений между властью и хозяйствующими субъектами области):

IV.1. Механизм мобилизации инвестиционного потенциала области опирается на инвестиционные конкурсы, поддержку эмиссии ценных бумаг и лизинга, систему инвестиционных рейтингов кредитоспособности, поддержку через региональное Агентство инвестиционного развития, Инвестиционный залоговый фонд;

IV.2. Механизм инновационного развития включает: особую экономическую зону (ОЭЗ); создание и поддержание технопарков, бизнес-инкубаторов, систему инжиниринговых фирм; развитие венчурного малого бизнеса; активизацию системы государственных гарантий инноваций; развитие банка данных в инновациях; активизацию бюджетно-налогового ресурса в инновационных целях;

IV.3. Региональные программы: государственный (региональный) заказ; муниципальный заказ;

IV.4. «Административный ресурс», включающий звенья: формирование организационно-институциональных структур на региональном уровне; региональную и муниципальную инфраструктуры для поддержки обрабатывающей промышленности; лоббирование участия предприятий субъектов Федерации в федеральных целевых программах; инициирование спроса на машиностроительную продукцию; продвижение машин и производственного оборудования на внутренние и внешние рынки.

V. Инструменты региональной активной промышленной политики:

V.1. Налоговые – преференции в рамках налоговых нормативов на субфедеральном уровне;

V.2. Тарифные – предназначенные для снижения издержек и поддержания высоких темпов роста;

V.3. Финансовые – стимулирующие активность инвестиционного процесса в области;

V.4. Инфраструктурные – предназначенные для снижения транзакционных издержек предприятий;

V.5. Организационные – способствующие продвижению товаров на рынок;

V.6. Инструменты продвижения инноваций.

VI. Группы участников процесса промышленного развития (табл. 5.11).

Таблица 5.11

Акторы многоуровневой системы управления промышленным развитием

Акторы промышленного развития	Состав участников многоуровневой системы управления промышленным развитием
Хозяйствующие субъекты машиностроения	Малые, средние и крупные предприятия гражданского машиностроения, оборонно-промышленного комплекса
Институты регионального промышленного развития	• Институты партнерства, занимающиеся выработкой стратегий развития промышленности • Институты поддержки развития и мониторинга функционирования промышленности • Институты партнерства, представляющие интересы предпринимателей • Институты расширения рынков сбыта продукции
Властные структуры	Властные структуры исполнительные и законодательные: федерального, регионального, местного уровня

VII. Институциональные единицы машиностроения (хозяйствующие субъекты регионального машиностроения) представляют нижний уровень иерархии, в логическую схему которого входят также группы и категории, функциональные и целевые установки хозяйствующих субъектов регионального машиностроения.

VIII. Группы хозяйствующих субъектов регионального машиностроения: малые предприятия; крупные и средние предприятия гражданского машиностроения; крупные и средние предприятия оборонно-промышленного комплекса.

IX. Категории хозяйствующих субъектов регионального машиностроения (табл. 5.12).

X. Функциональные и целевые установки акторов:

а) малых предприятий:

– инновационных: оптимизация выбора продукта; выбор партнеров; отладка маркетинга; эффективная технология; защита интеллектуальной собственности; доступ к имущественным ресурсам;

– организующих опытное производство: доступ к государственным гарантиям; решение сбытовых проблем; грамотная финансовая политика; ориентация на узкоадресную поддержку; устранение дефицита квалифицированных работников;

– производственных предприятий: увеличение объема реализации; ориентация на потребителя; обновление ассортимента производимой продукции; обновление оборудования по мере возникновения потребностей; поиск субконтрактов; доступ к микрофинансированию;

Таблица 5.12

Группы и категории хозяйствующих субъектов машиностроения

Группы хозяйствующих субъектов регионального машиностроения	Категории хозяйствующих субъектов регионального машиностроения
Малые предприятия	• Инновационные • Организующие опытное производство • Производственные • Инжиниринговые
Крупные и средние предприятия гражданского машиностроения	• Неинтегрированные предприятия • Входящие в состав интегрированных структур
Крупные и средние предприятия оборонно-промышленного комплекса	• Входящие в кластер • Преимущественно работающих по оборонному заказу • Частично перепрофилировавшиеся на выпуск гражданской продукции (ГП) • Полностью перепрофилировавшиеся на выпуск ГП

– инжиниринговых предприятий: разработки специальных схем кредитования с участием донорских денег; кооперация с дилерской сетью производителей;

б) крупных и средних предприятий гражданского машиностроения:

– неинтегрированных предприятий: изменение структуры выпуска; развитие новых технологий; удержание позиций на рынках; использование лизинга; развитие дилерской сети и товаропроизводящей сети; устранение диспропорции в обеспечении трудовыми ресурсами; решение институционально-юридических проблем; переход к новым технологиям финансового планирования; модернизация производственных мощностей; привлечение стратегических инвесторов и/или налаживание долгосрочного сотрудничества с банками или другими кредиторами;

– входящих в состав интегрированных структур*:* стремление к технологическому лидерству; борьба за новые рынки сбыта; создание рекламно-информационной сети; рационализация налогообложения; установление прочного контроля за рынками соседних областей с помощью союза с властными структурами;

в) крупных и средних предприятий оборонно-промышленного комплекса:

– входящих в кластер: распространение инноваций на всю цепочку создания стоимости; создание единого логистического окна для взаимодействия с внешней средой; минимизация транзакционных издержек; рост специализации и качества за счет сочетания административной и научно-технологической инфраструктуры; взаимодействие с внутренним потребите-

лем; кооперация с использованием аппарата снабжения и распределения единого логистического окна; экспансия на новые рынки;

– преимущественно работающих по оборонному заказу: надежность компонентов; технологический прорыв в области оборонных технологий; новые разработки в плане модернизации техники; участие в престижных международных выставках; коммерциализация разработок; реструктуризация и разукрупнение, применение нетрадиционных методов адаптации к рынку;

– частично перепрофилировавшихся на гражданскую продукцию: реализация продукции по лизингу; выпуск инновационной гражданской продукции; кооперация с ЦКБ и НИИ; выпуск по непосредственным заказам потребителя; выход на внешний рынок; привлечение высококвалифицированных кадров;

– полностью перепрофилировавшихся на гражданскую продукцию: диверсификация производства; погашение долгов; организация непрофильного производства; повышение качества управления менеджмента; ликвидация излишней занятости; эффективное использование имущественного комплекса; эффективная ценовая политика.

На заключительном шаге анализа формулируется группа контрастных сценариев развития регионального машиностроения для достижения повышения конкурентоспособности машинотехнической продукции [Лугачева, 2006].

После определения интересов, функциональных и целевых установок у категорий хозяйствующих субъектов регионального машиностроения необходимо рассмотреть сформированные экспертами контрастные сценарии развития регионального машиностроительного комплекса, в частности:

Сценарий 1. Сохранение сложившихся тенденций в развитии машиностроения (статус-кво).

Сценарий 2. Региональная интеграция на основе кластерного подхода.

Сценарий 3. Создание новой экспортоориентированной продукции.

Сценарий 4. Селективная поддержка высокотехнологичных, новых наукоемких производств, отдельных предприятий.

Сценарий 5. Содействие кредитованию предприятий.

Сценарий 6. Содействие установлению более тесных кооперационных связей субъектов малого, среднего и крупного предпринимательства.

Сценарий 7. Преодоление распада межрегиональных связей, ориентация на внутренние рынки.

В качестве экспертов выступили специалисты в области управления промышленной политикой (Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (ИЭОПП СО РАН), Новосибирская государственная академия экономики и управления (НГАЭиУ), Новосибирский институт информации и регионального управления (НИИРУ). Кроме того, контрастные сценарии формировались на основе информационно-

целевого анализа большого массива различных текстов (монографий, статей, документов, представленных региональными и местными властными структурами) по темам, связанным с формированием региональной промышленной политики.

Анализ контрастных сценариев позволяет перейти к разработке обобщенного сценария. Оценки их относительной значимости (удельный вес) для достижения генеральной цели могут быть определены методом парных сравнений на основе экспертных оценок. Каждый из семи сценариев оценивается с позиций отдельных акторов, заинтересованных в достижении поставленной цели: различных групп хозяйствующих субъектов машиностроения, институтов промышленного развития региона, властных структур. В результате можно представить институциональное поле, отвечающее интересам различных субъектов регионального машиностроения.

В результате системного анализа подходов к решению проблемы повышения конкурентоспособности машинотехнической продукции Новосибирской области оказалось, что наиболее весомой (значимой) является политика региональной интеграции на основе кластеров, в силу особенности структуры машиностроительного производства и сложившейся системы управления фундаментальной наукой на сибирской территории. Кластерный подход дает возможность активизировать деятельность регионального звена управления с привлечением местных финансов.

Присутствие крупных наукоемких машиностроительных производств в Новосибирской области создает необходимую среду для взаимодействия между научными и производственными организациями, образуя так называемые инновационные кластеры.

Использование методов оценки многокритериальных альтернатив в условиях неопределенности позволяет осуществить стратегический выбор на основе интуиции и коллективного опыта специалистов-экспертов. Такой путь, как показывает отечественная и зарубежная практика, является наиболее эффективным для решения проблем большой сложности (так называемых «мягких проблем»), к числу которых относятся и задачи управления региональными промышленными комплексами.

ЛИТЕРАТУРА

Алямов А.Э., Бажанов В.А. Оптимизация в программах инновационного развития ОПК – системный подход // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Социально-экономические науки. – 2010. – № 4. – С. 124–136.

Амосенок Э.П., Бажанов В.А. Некоторые методические аспекты отражения факторов НТП в модельных комплексах проекта СОНАР // Экономико-математические методы в планировании многоотраслевых комплексов и отраслей / отв. ред. А.Г. Аганбегян. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1988. – Гл. 3, § 4. – С. 98–105.

Амосенок Э.П., Бажанов В.А., Веселая Л.С., Соколов А.В. Машиностроение как доминанта в инновационных процессах / ИЭОПП СО РАН. – Новосибирск, 2008. – 155 с.

Амосенок Э.П., Бажанов В.А., Курбатова Г.Я., Селин И.И., Шкрабин Л.Я. Оптимизация развития и размещения производства в машиностроительной промышленности / отв. ред. Г.Я. Курбатова, В.М. Соколов; ИЭОПП СО АН СССР. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1978. – 151 с.

Амосенок Э.П., Бажанов В.А., Курбатова Г.Я., Шкрабин Л.Я. Экономические проблемы развития машиностроения / отв. ред. В.В. Кулешов; ИЭОПП СО РАН. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1992. – 128 с.

Бажанов В.А., Соколов А.В. Оценка состояния реструктурируемых оборонных предприятий регионов Сибири // Регион: экономика и социология. – 1998. – № 2. – С. 131–146.

Бажанов В.А., Соколов А.В. Промышленность Новосибирской области: ориентиры без стратегии // ЭКО. – 2001. – № 11. – С. 83–96.

Бажанов В.А. Модели в оборонно-промышленном комплексе – системный подход // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Социально-экономические науки. – 2009. – Т. 9. – Вып. 3. – С. 25–33.

Бажанов В.А., Соколов А.В. Оценка состояния и особенности промышленности Новосибирской области // Проблемы социально-экономического развития Новосибирской области: сб. науч. тр. / под ред. А.С. Новоселова. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП, 2002. – С. 67–87.

Бажанов В.А., Соколов А.В. Оценка хода конверсии оборонного комплекса Новосибирской области // Анализ и моделирование экономических процессов переходного периода в России: сб. науч. тр. – Новосибирск: ЭКОР, 1996. – Вып. 1. – С. 77–88.

Гимади И. Э. Экономико-математическое моделирование территориальных систем: регион, отрасль, предприятие. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2002. – 388 с.

Инновационные методы управления городом. – Новосибирск: Изд-во НГАЭиУ, 2003. – 204 с.

Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах: учебник. – М.: Логос, 2002.

Лугачева Л.И. Институциональное проектирование сценария развития регионального машиностроения (на примере Новосибирской области) // Социально-экономические проблемы современного общества: Новосибирск: НГУ, 2006. – С. 123–134.

Лугачева Л.И. Отраслевые аспекты региональной промышленной политики (на примере машиностроения). – Новосибирск: ИЭИОПП СО РАН, 2007. – 328 с.

Носова Н.С. Качество жизни населения крупного города: системный анализ. – Новосибирск: Изд-во НГАЭиУ, 2004. – 270 с.

Носова Н.С., Белобородова А.В., Мусатова М.М. Методы разработки стратегических приоритетов развития социальной системы крупного города. Социальные взаимодействия в транзитивном обществе: сб. науч. тр. – Вып. VI. – Новосибирск: НГАЭиУ, 2004. – С. 463–473.

Промышленность России. Стат. сб. – М.: Росстат, 2006.

Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем / пер. с англ.; под ред. И.А. Ушакова – М.: Радио и связь, 1991.

Соколов А.В. Оценка хода конверсии оборонного комплекса региона // Регион: экономика и социология. – 1997. – № 1. – С. 111–135.

Титов В.В. Оптимизация управления промышленной корпорацией. Вопросы методологии и моделирования / ИЭОПП СО РАН. – Новосибирск, 2007. – С. 52–91.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

Алямов А.Э. Системная оценка перспектив развития оборонного предприятия / Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. экон. наук. URL: http//vak2.ed.gov.ru/idcUploadAutoref/renderFile/86576

Глава 6
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА

6.1. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ И ПРОБЛЕМЫ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

Модель межотраслевого баланса «затраты–выпуск». В методике, изложенной в книге Г.Х. Баева система оценки и прогноза потребности в минеральном сырье на базе макроэкономического подхода в структурном (производственно-технологическом) аспекте реализуется на основе модели «затраты–выпуск» межотраслевого баланса (МОБ) с включением в нее отраслей «Геология и разведка недр», горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности [Баев, 1996].

Суть метода состоит в следующей посылке. Экономическая структура отражает уровень различных производственных отношений: соотношение между первичными факторами производства, удельный вес отраслей, уровень развития инфраструктуры, а также структуру ВНП. Между геологоразведочным производством[1] и экономической структурой существует взаимозависимость и взаимообусловленность. Главное воздействие геологического производства на экономическую структуру народного хозяйства (увеличение удельного веса горнодобывающей промышленности) оказывается через геологическую информацию о разведанных месторождениях.

Включение отраслей «Геология и разведка недр», «Горнодобывающая промышленность (собственно добыча руды)» и «Горноперерабатывающая промышленность (обогащение руды – товарная руда, концентраты и т.д.)» в модель осуществляется в экспериментальном порядке на базе отчетного (статического) МОБ в двух вариантах: ценах потребления и в ценах производителя.

Расчеты модели в общем случае осуществляются следующим образом:

На первом этапе рассчитываются матрицы прямых технологических коэффициентов после включения указанных трех отраслей в МОБ (в ценах производителя), определяется структура остальных элементов стоимости в рамках I-го, II-го и III-го квадрантов МОБ.

На втором этапе рассчитывается совокупный общественный продукт, и вычисляется структура горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности по видам полезных ископаемых с учетом геологических затрат, импорта и оплаты за природопользование.

---

[1] В понятие геологоразведочное производство здесь включается весь спектр геологической деятельности – от региональных фундаментальных геологических исследований до ГРР всех видов и стадий.

Далее вычисляется распределение объемов продукции горнодобывающей и горноперерабатывающей отраслей промышленностей по полезным ископаемым с учетом базовой структуры, откуда следует расчет потребностей в производстве конкретного полезного ископаемого (в натуральном выражении).

Абсолютная величина получаемого показателя эластичности производства от объемов требуемых минеральных ресурсов указывает на то, что уменьшение производственных расходов в любой отрасли на единицу ведет к их снижению в масштабе народного хозяйства на величину больше единицы, т.е. характеризуется мультипликативным эффектом. Оценка мультипликативного эффекта путем измерения эластичности отражает степень сложности и переплетенности межотраслевых связей, их совершенствования и развития.

За основу эксперимента был принят отчетный МОБ за 1990 г. как отражение последних более или менее стабильных межотраслевых связей и экономических отношений в народном хозяйстве. В результате включение отрасли «Геология и разведка недр» можно было осуществить только на базе методологии баланса народного хозяйства (БНХ). Кроме того, до 1994 г. отрасль «Геология и разведка недр» не выделялась в самостоятельную отраслевую группировку в общесоюзном (общероссийском) классификаторе отраслей народного хозяйства (ОКОНХ). Поскольку номенклатура отраслей в МОБ базируется на ОКОНХ, геология и разведка недр не значилась в ней. В практике управления народным хозяйством геология относилась к сфере науки, а разведка недр рассматривалась как процесс материализации капитальных вложений, направленных на воспроизводство и развитие минерально-сырьевой базы (МСБ). В системе МОБ, разрабатываемой по методологии БНХ, геологоразведочные работы на стадии создания национального продукта включались в статью «Прочие элементы чистого дохода», а при распределении вновь создаваемого продукта (конечное использование) – относились к накоплению, точнее, к приросту оборотных фондов, запасов и резервов, т.е. ГРР в МОБ по концепции БНХ всегда включались в неявной форме.

Горнодобывающая (собственно добыча руды) и горноперерабатывающая промышленность (обогащение руды) тоже не представлены в полном объеме в форме самостоятельных отраслевых группировок. Из горнодобывающей отрасли промышленности только угольная и нефтегазодобывающая выделялись в самостоятельные статистические отраслевые группировки. Добыча и обогащение всех рудных и нерудных твердых полезных ископаемых включались соответственно в черную, цветную металлургию, химическую промышленность, промышленность строительных материалов и в другие отрасли народного хозяйства. При этом процессы добычи и обогащения не разделялись. Таким образом, они отражались и в МОБ.

В связи с вышеизложенным включение отрасли геологии в МОБ 1990 г. осуществлялось принятием условного соответствия между объемами ГРР по отраслям полезных ископаемых и ГРР про отраслям материального производства. Из-за отсутствия информации о ГРР по отдельным полезным ископаемым (рудам и концентратам) в материальные затраты «Горнодобывающей отрасли (собственно добыча руды)» вошли материальные затраты предварительной и детальной разведки по отраслям полезных ископаемых «Черные металлы», так как в этой отрасли везде присутствует сырая железная и хромовая руда. В материальные затраты «Горноперерабатывающей промышленности (обогащение руды – товарная руда, концентраты)» включались материальные затраты на завершающих стадиях разведки по отраслям полезных ископаемых «Цветные и редкие металлы» и «Благородные металлы и алмазы» (без включения бокситов и нефилиновых руд). Поскольку учет материальных затрат отраслевого происхождения в геологии отсутствует, их структура определялась на базе их материально-вещественного покрытия на 70%, а остальные 30% распределены по отраслям народного хозяйства только на основе экспертной оценки.

Вместе с тем источники материальных затрат по отраслям народного хозяйства на черные, цветные и редкие металлы отсутствовали. Поэтому автор использовал существующую информацию по данным показателям в целом для черной и цветной металлургии.

При формировании валового внутреннего продукта (II квадрант МОБ) из-за отсутствия полной информации допускались некоторые условности: личное потребление складывалось из заработной платы и премий из фонда материального стимулирования, возмещение выбытия основных фондов и капитальный ремонт приравнивались амортизационным отчислениям и др. Кроме того, ВВП исчисляется в ценах производителя, но из-за отсутствия информации о транспортных и торговых наценках горнодобывающая и горноперерабатывающая промышленности включались в ценах конечного потребления.

Таким образом, к основным недостаткам рассмотренной модели можно отнести:

- использование межотраслевого баланса за 1990 г. и предположения модели о неизменности матрицы технологических коэффициентов;
- межотраслевой баланс за 1990 г. составлен по методологии БНХ;
- включение отраслей «Геология», «Горнодобывающая промышленность» и «Горноперерабатывающая промышленность» в МОБ осуществлено с использованием большого числа допущений и экспертных оценок;
- осуществление расчетов по модели в настоящее время представляется невозможным без построения современного МОБ, который если будет составляться, то по методологии СНС.

Модель межотраслевых взаимодействий. Модель межотраслевых взаимодействий [Яременко, 1984, 1997(а,б)] – это построенное на основе фактических данных описание структуры народного хозяйства страны на определенном историческом отрезке ее развития. Модель является как средством анализа структуры экономики, так и инструментом ее прогнозирования, а методологической основной является предположение о качественной неоднородности используемых в экономике ресурсов. Объект анализа – материально-вещественные межотраслевые пропорции, исследуемые в сопоставимых ценах. Отраслевая структура экономики в ее денежно-финансовых аспектах данными расчетами не охватывается. Конечным результатом реализации модельных построений служат взаимоувязанные показатели динамики наиболее крупных отраслей материального производства.

Центральное звено и принципиальную особенность модели составляет моделирование потоков распределения продукции отраслей, которые включают поставки в промежуточное потребление и потоки, формирующие функциональные элементы конечного продукта. Оценка параметров уравнений, связывающих изменения потоков распределения с определяющими их факторами, осуществляется регрессионными методами. В качестве воздействующих факторов выступают ресурсы, интенсивность спроса, замещение одних видов ресурсов другими, взаимозависимость отраслей при распределении ресурсов. В качестве конкретных характеристик факторов ресурсов и спроса использовались показатели валовой продукции отраслей и объемов отдельных функциональных элементов конечного продукта. Факторы дополнения и замещения были представлены соответствующими потоками распределения продукции.

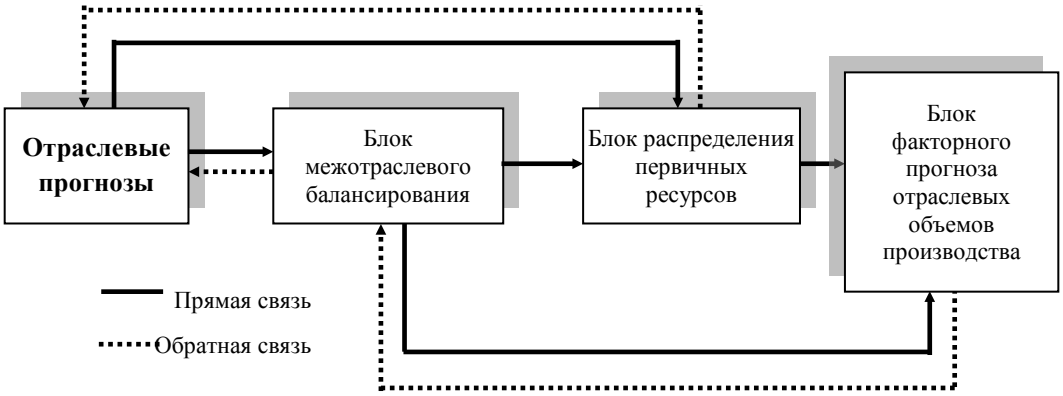


Рис. 6.1. Основные направления движения информации от системы отраслевых прогнозов к блокам структурного прогноза

В общем виде модель состоит из блоков балансировки отраслевых объемов производства, факторных расчетов отраслевых объемов производства, распределения первичных ресурсов. Принципиальная схема модели представлена на рис. 6.1. Исходные данные о прогнозе динамики продукции поступают в блок межотраслевого балансирования. Затем данные о скорректированных показателях валовой продукции попадают в блок распределения первичных ресурсов, где результаты отраслевых прогнозов относительно степени обеспеченности отдельных отраслей трудом и производственными фондами сопоставляются с соответствующими величинами потребностей при взаимоувязанной динамике отраслей, а также суммарной величиной первичных ресурсов. На рисунке показано также и обратное воздействие структурных расчетов (прерывистая линия) на узкоотраслевые показатели. После того как последний цикл оборота информации между блоками структурного прогноза завершен, сбалансированные в пределах первого блока данные о показателях продукции передаются в системы отраслевого прогнозирования. То же самое относится и к остальным блокам.

Организация структурного прогноза путем объединения результатов функционирования всех трех описанных выше блоков в полной мере реализована не была. Но следует отметить, что расчеты в рамках каждого отдельного блока могут вестись автономно и при этом давать достаточно содержательный материал для выводов.

Основными элементами модели являются:

X_i – валовая продукция i-й отрасли;

X_{ij} – поток продукции i-й отрасли в j-ю отрасль (в текущем производстве);

Y_α – объем α-го функционального элемента конечного общественного продукта;

$Y_{i\alpha}$ – поток продукции i-й отрасли, формирующий α-й элемент конечного общественного продукта.

Уравнения модели делятся на балансовые и уравнения потоков. В балансовую группу входят уравнения распределения валовой продукции отдельных отраслей:

$$X_i = \sum_j X_{ij} + \sum_\alpha Y_{i\alpha} \quad (i, j = 1, \text{n};\ \alpha = 1, \text{m}); \tag{6.1}$$

балансовые уравнения функциональных элементов конечного общественного продукта:

$$Y_\alpha = \sum_i Y_{i\alpha} \quad (i = 1, \text{n};\ \alpha = 1, \text{m}). \tag{6.2}$$

Уравнения потоков включают группу уравнений межотраслевых потоков и группу уравнений потоков, формирующих конечный продукт. Уравнения межотраслевых потоков имеют следующий вид:

$$X_{ij} = X_{ij}^{o} + \alpha_{ij}^{i} X_i + \alpha_{ij}^{j} X_j + \alpha_{ij}^{ik} X_{ik} + \alpha_{ij}^{lj} X_{lj}, \qquad (6.3)$$

где X_{ij}^{o} – постоянная часть потока, не зависящая ни от каких факторов;

α_{ij}^{i} – влияние на величину потока X_{ij} объема ресурсов продукции i-й отрасли;

α_{ij}^{j} – воздействие на объем потока из отрасли i в отрасль j размеров спроса со стороны j-й отрасли;

α_{ij}^{ik} – влияние на величину потока X_{ij} объема потребления i-й продукции смежным потребителем, участвующим в распределении этой продукции k-й отраслью;

α_{ij}^{lj} – влияние на величину потока X_{ij} со стороны параллельного потока l-й отрасли, также входящего в состав материальных затрат на валовую продукцию отрасли j.

Уравнение потоков в конечный продукт имеют вид:

$$Y_{i\alpha} = Y_{i\alpha}^{o} + \alpha_{i\alpha}^{i} X_i + \alpha_{i\alpha}^{\alpha} Y_{\alpha} + \alpha_{i\alpha}^{ik} X_{ik} + \alpha_{i\alpha}^{l\alpha} Y_{l\alpha}, \qquad (6.4)$$

где $Y_{i\alpha}^{o}$ – постоянная часть потока продукции i-й отрасли, входящего в состав α-го элемента конечного продукта;

$\alpha_{i\alpha}^{i}$ – влияние объема ресурсов отрасли на величину потока $Y_{i\alpha}$;

$\alpha_{i\alpha}^{\alpha}$ – влияние объема функционального элемента конечного продукта Y_{α}, характеризующего масштабы спроса на поток $Y_{i\alpha}$;

$\alpha_{i\alpha}^{ik}$ – воздействие на поток $Y_{i\alpha}$ размеров участия отрасли k в распределении i-й продукции;

$\alpha_{i\alpha}^{l\alpha}$ – влияние на поток $Y_{i\alpha}$ размеров участия отрасли l в формировании α-го элемента конечного продукта.

В зависимости от реализуемых расчетных схем в модель могут включаться различные экзогенные оценки некоторых переменных. Последнее эквивалентно введению соответствующих дополнительных переменных.

Модель межотраслевых взаимодействий как в своем первоначальном виде, так и в виде последующих модификаций (дезагрегированная стоимостная, натурально-стоимостная), не только допускает, но и предполагает автономную разработку отраслевых блоков и их «вживление» в модель.

Такая блочная структура модели, во-первых, делает ее достаточно универсальной, во-вторых, позволяет в рамках каждого блока учесть специфические черты отдельных отраслей и, в-третьих, открывает неограниченные возможности дальнейшего совершенствования как модели в целом, так и ее отдельных блоков (например: их сокращение, расширение, слияние отдельных блоков).

При характеристике регрессионных уравнений, включаемых в модель, вся совокупность моделируемых потоков разбивается, помимо их деления на потоки, отражаемые в I и II квадрантах баланса, еще на ряд групп. Каждую такую группу образуют либо потоки наиболее явно взаимодействующие друг с другом и образующие цепочку взаимосвязанных элементов, либо однотипные потоки, воспроизводящие одну и ту же форму факторных связей применительно к разным объектам. Главное положительное свойство такого подхода – в наглядной характеристике того пути, который проходит импульс, порождаемый частными структурными изменениями.

В I квадранте такие группы образованы путем объединения потоков, характеризующих движение вещественно однородных видов материальных ресурсов: потоков конструкционных материалов, энергоресурсов, потоков, связанных с распределением и переработкой сельскохозяйственного сырья, и примыкающим к ним транспортных потоков. Уравнения потоков, формирующих функциональные элементы конечного продукта, по принципам моделирования не отличаются от уравнений потоков I квадранта. Во II квадранте – это потоки продукции, имеющей общую сферу потребления: формирующие фонд личного и общественного потребления, образующие капитальные вложения, формирующие экспорт и импорт.

Модель межотраслевых взаимодействий построена на базе укрупненного межотраслевого баланса в той классификации, в какой он использовался для анализа межотраслевых связей, т.е. включающей 18 (n = 18; i, j = 1,n) отраслей материального производства и 10 (m = 10; α = 1,m) элементов конечного общественного продукта за 1960–1980 гг. В ряде случаев использовалась информация за более ранние годы и за более короткие промежутки времени.

Для информационного обеспечения модели была проведена работа по построению укрупненных межотраслевых балансов. Балансы составлялись за каждый год с 1950 по 1975 год. При построении балансов были использованы архивные материалы различных ведомств и отраслевых научно-исследовательских институтов, а также результаты разработок отдельных исследователей, опубликованные в статьях и монографиях. Кроме того, использовались материалы стоимостных и натуральных отчетных межотраслевых балансов СССР за 1959 г. и 1972 г.

Существенная часть информации, необходимая для составления межотраслевых балансов, в прямом виде отсутствовала и получалась кос-

венным путем с помощью разного рода балансовых расчетов [Яременко, 1984, 1997]. Например, при расчетах по химической промышленности сведения о потреблении пластмасс в машиностроении были получены в результате обобщения данных отдельных монографических источников, в ряде случаев были использованы экспертные оценки изменений отдельных коэффициентов затрат, а некоторые коэффициенты принимались неизменными.

Балансы составлялись в ценах потребления, как и имеющиеся отчетные балансы ЦСУ СССР. В качестве сопоставимых цен были выбраны цены 1958 г., поскольку наиболее продолжительный ряд балансовых показателей имелся именно в этих ценах.

В расчетах в пределах имевшихся возможностей проводился принцип «чистых отраслей». Для реализации этого принципа была проведена работа по построению нескольких матриц, отражающих взаимосвязь двух разделов производства: по отраслям и по отдельным видам хозяйственной деятельности.

Базовый вариант модели включал около 70 уравнений. Для ряда отраслей моделировался только один важнейший поток распределения. Небольшое число моделируемых потоков на основе выделения главных из них сделало модель более «чувствительной» к изменению отдельных потоков или элементов конечного спроса. Это позволило нагляднее оценить количественно важнейшие взаимосвязи между основными процессами, более четко проследить меру воздействия перемен в одной сфере на развитие других и всей системы в целом. В то же время несколько снизилась устойчивость решения модели. Ошибка в уравнении для некоторого элемента в меньшей степени погашается другими составляющими.

В рамках балансово-эконометрической модели межотраслевых взаимодействий (блок первичных ресурсов) была разработана иерархическая модель поэтапного распределения рабочей силы [Яременко, 1984], дополненная отраслевыми моделями спроса, позволяющая подойти к решению вопросов увязки объема и отраслевой структуры ресурсов рабочей силы с объемом и структурой валового общественного продукта.

Модель поэтапного распределения рабочей силы основана на выделении приоритетных отраслей и отраслей компенсаторов на различных уровнях распределения. На первом уровне распределяется вся сумма ресурсов, на втором – за вычетом занятых в компенсирующих отраслях первого уровня распределения, на третьем – за вычетом занятых в отраслях первого и второго уровней распределения и т.д.

Реализованная процедура верификации указанной модели позволяет выделить две совокупности распределяемых ресурсов. Режим А – условия относительного дефицита в ресурсах рабочей силы – это совокупность темпов прироста народнохозяйственных ресурсов ниже «среднего» значения за пе-

риод. Режим В – относительно благоприятные условия – совокупность темпов прироста народнохозяйственных ресурсов, превышающих это «среднее» значение. «Среднее» значение в наиболее простом варианте есть математическое среднее значение приростов или значение тренда данного показателя.

Для каждой совокупности формируются соответствующие наборы темпов прироста отраслевой занятости. Далее анализируется эластичность отраслевой занятости на изменение средних значений распределяемых ресурсов (первая характеристика ранга приоритета) и эластичности последней к погодовым колебаниям народнохозяйственных ресурсов рабочей силы в каждом из указанных режимов (вторая характеристика ранга).

В общем виде динамику потока рабочей силы в отрасль (l_i) можно представить в следующем виде:

$$l_i = \alpha_o^+ + \alpha_o^- + \alpha_1^+(\sum l_i) + \alpha_1^-(\sum l_i) + \xi_i\,, \qquad (6.5)$$

где α_o^+, α_o^- – компонента уровня (дает характеристику некоторого базисного режима минимально необходимых темпов увеличения отраслевой занятости при тех или иных экономических условиях);

α_1^+, α_1^- – оценки параметров при приростах суммарного объема ресурсов рабочей силы в двух условиях обеспеченности ими;

ξ_i – случайная компонента.

Для потребителей с высоким рангом приоритета характерно, что в уравнении параметры α_1^+, α_1^- несущественны или $\alpha_1^- > \alpha_1^+$ при $\bar{l}_i^+ \le \bar{l}_i^-$.

Для отраслей со средним рангом приоритета оценки α_1^+, α_1^- различаются обычно несущественно. Это связано с тем, что последние реагируют на изменение условий как в целом (это отражается на различиях в средних уровнях $\bar{l}_i^+$, $\bar{l}_i^-$), так и на погодовые изменения в различных условиях примерно одинаково.

Указанная модель, отражая процессы межотраслевого распределения и перераспределения ресурсов рабочей силы, позволяет осуществлять прогноз отраслевой занятости на среднесрочный период. Однако поскольку реальная отраслевая динамика численности занятых определяется набором факторов, лежащих как на стороне предложения рабочей силы, так и на стороне спроса, модель должна быть дополнена результатами моделирования производственного спроса на рабочую силу со стороны основных производственных факторов.

Спрос на рабочую силу моделируется в виде $l_i = f'(x_i, \phi_i)$. Таким способом он определяется в ряде макроэкономических моделей. При опре-

делении потенциального спроса на рабочую силу на уровне отраслей можно оперировать не только валовой продукцией (x_i) и основными производственными фондами (ϕ_i), но и показателями производительности (x_i/l_i) и фондовооруженности труда (ϕ_i/l_i). Возможен выбор и различных вариантов функций спроса, например $l_i = \alpha_o + \alpha_1 x_i + \alpha_2 \phi_i$. В качестве переменной, выражающей производственный спрос на рабочую силу, может выступить, помимо обобщающих характеристик (x_i, ϕ_i), и динамика поставок сырья. Последняя, в некоторых отраслях, являясь характеристикой загрузки производственных мощностей, определяет не только темпы прироста валовой продукции, но и изменения в занятости.

Таким образом, принципиальная особенность разработанной многосекторной модели, по сравнению с другими балансовыми построениями, – в моделировании и прогнозировании межотраслевых связей. Наряду с показателями межотраслевых связей моделируются и важнейшие потоки, формирующие отдельные функциональные элементы конечного общественного продукта. Однако статистические методы предполагают построение серии межотраслевых таблиц за достаточно продолжительный период времени. Автором методики (Ю.В. Яременко) проведена уникальная работа по созданию информационной базы: построены таблицы МОБ за 25–30 лет, составленные по укрупненной номенклатуре отраслей.

Отсутствие в номенклатуре отраслей добычи, обогащения и переработки минерального сырья не позволяет решить напрямую задачу оценки мультипликационного эффекта упомянутых отраслей на конечный продукт.

Многофакторная модель макроэкономической оценки ресурсного потенциала и анализа уровня его использования. Предложенная методика [Клоцвог, Кушникова, 1999] была разработана для оценки ресурсного потенциала, и ее основу составляет положение о том, что эмпирическую макроэкономическую оценку ресурсного потенциала региона нельзя получить из непосредственного наблюдения и анализа тех или иных параметров экономики региона. Это связано, прежде всего, с тем, что показатели конечного продукта или национального дохода региона представляют собой интегральный результат функционирования большого числа его разнородных и несоизмеримых природных и экономических ресурсов. Одним из направлений поиска является нахождение соответствующих оценок с помощью применения многофакторных эконометрических моделей.

В общем виде такая модель может быть сформулирована следующим образом:

$$Y = \sum_i l_i R_i + Z , \qquad (6.6)$$

где Y – конечный продукт (или национальный доход); R – количество ресурсов вида i; l_i – частная эффективность ресурса; Z – конечный продукт (национальный доход), полученный за счет прочих факторов.

При этом вводится понятие частной эффективности. В отличие от общей эффективности того или иного ресурса, представляющего собой отношение всего конечного продукта к данному виду ресурса (Y/R_i) (такими показателями являются, например, традиционно исчисляемые показатели производительности труда или фондоотдачи), показатели частной эффективности характеризуют отношение лишь части национального дохода, созданной именно с помощью данного ресурса, к величине соответствующего ресурса (Y_i / R_i). При этом $Y_i=d_iY$, где d_i – вклад ресурса в создание конечного продукта или национального дохода.

Параметры частной эффективности ресурсов (l_i) могут быть исчислены лишь эконометрическим путем, как усредненная характеристика из некоторого множества эмпирически наблюдаемых точек. Для исследуемой проблемы частная эффективность ресурса может быть получена, как усредненная среднероссийская характеристика, полученная из наблюдения множества соответствующих данных по отдельным регионам России.

Однако авторы [Клоцвог, Кушникова, 1999] полагают, что решать эту задачу предпочтительно не традиционными методами статистического моделирования, а методами линейного программирования. В этом случае задача формулируется следующим образом. Для каждого региона формулируется следующая многофакторная линейная функция:

$$Y_r = \sum_i l_i R_i^r + Z^r , \qquad (6.7)$$

где Y_r – конечный продукт (национальный доход) региона r; R_i^r – количество ресурсов вида i в регионе r; l_i – среднероссийский показатель частной эффективности ресурса i; Z_r – часть конечного продукта региона r, полученная за счет прочих факторов.

С помощью симплекс-метода находятся значения параметров, обеспечивающие экстремальную величину следующей критериальной функции: $\sum_r Z^r \to \min$.

Применение методов линейного программирования в данном случае имеет то существенное преимущество, что автоматически обеспечивается положительность полученных параметров l_i, что соответствует их физическому смыслу.

Исходная многофакторная функция может быть преобразована в ее структурную модификацию, характеризующую многофакторную зависимость доли конечного продукта (или национального дохода) в соответствующем общероссийском показателе от доли отдельных ресурсов региона в

общероссийском объеме соответствующих ресурсов. Действительно, если обе части уравнения (6.7) разделить на $\sum_r Y_r$, т.е. на общероссийский объем конечного продукта, получим:

$$Y_r \Big/ \sum_r Y_r = \sum_i l_i \left[\left(R_i^r \Big/ \sum_r Y_r \right) \right] + \left(Z^r / \sum_r Y_r \right). \tag{6.8}$$

Подставив в уравнение (6.8) вместо l_i его значение $d_i \left(\sum_r Y_r \Big/ \sum_r R_i^r \right)$, получим:

$$Y_r \Big/ \sum_r Y_r = \sum_i d_i \left[\left(R_i^r \Big/ \sum_r R_i^r \right) \right] + \left(Z^r / \sum_r Y_r \right). \tag{6.9}$$

В данном виде уравнение выражает зависимость доли региона в общероссийском объеме конечного продукта (или национального дохода) от региональной структуры ресурсов. На основе этих данных также можно сформулировать аналогичную задачу линейного программирования с критериальной функцией:

$$\sum Z^r \Big/ \sum_r Y_r \to \min . \tag{6.10}$$

Решение этой задачи позволяет определить параметры d_i, характеризующие долю каждого из ресурсов в создании конечного продукта (или национального дохода) в среднем по России.

Если расчет проведен на основе структурной модификации функции и определены параметры d_i, то находится величина параметров частной эффективности ресурсов и функция

$$l_i = d_i \left(\sum_r Y_r \Big/ \sum_r R_i^r \right). \tag{6.11}$$

Пользуясь изложенными выше подходами, авторы провели цикл расчетов по 11 крупным регионам России за 1990, 1993 и 1995 годы[1].

Использовалась следующая информация: 1) территория, 2) экономически активное население, 3) основные производственные фонды, 4) добыча нефти, 5) добыча газа, 6) добыча угля, 7) выплавка стали, 8) производство цветных металлов, 9) продукция сельского хозяйства, 10) продукция лесной промышленности, 11) протяженность железных и автомобильных дорог.

[1] Исследование проводилось на данных официально публикуемых Госкомстатом России в разрезе регионов за 1990, 1993, 1995 годы.

Для расчетов выбрана структурная модификация макроэкономической модели (6.9), с тем чтобы сразу определить долю каждого из ресурсных факторов. По каждому виду ресурсов были рассчитаны показатели его региональной структуры $R_r^t \Big/ \sum_r R_i^r$. Ввиду отсутствия данных о региональной структуре основных фондов по годам и принимая во внимание допущение о неизменности в целом по Российской Федерации объемов основных производственных фондов в сопоставимых ценах за исследуемый период, для расчетов были использованы данные Госкомстата РФ за 1987 г. Отсутствовали также данные о численности экономически активного населения по регионам за 1990 г., поэтому для данного года были приняты показатели экономически активного населения за 1992 г. В качестве показателя конечного результата использовались данные о конечном продукте регионов, по которым также были определены показатели региональной структуры $Y_r \Big/ \sum_r Y_r$. При этом показатели конечного продукта определялись по результатам расчетов межотраслевых балансов по регионам и пересчитывались во внешнеторговые цены, которые более точно отражают конечный результат экономического развития. В качестве критериальной функции минимизировалась доля конечного продукта, полученного за счет прочих факторов.

Исследованные факторы достаточно полно раскрывают воздействие ресурсного потенциала на величину конечного продукта. Как показали расчеты, на долю прочих факторов приходится в 1990 г. лишь 8,1%, в 1993 г. – 6,1% (с учетом фактора территории – 7,2%).

Таким образом, выделяются следующие характеристики реализации методики:

- ввиду отсутствия ряда данных делались существенные допущения при составлении информационной базы модели;
- используется региональный валовой продукт, а совокупный продукт определяется как сумма региональных. Однако показатели эффективности ресурсов рассчитываются в среднем по России;
- использование симплекс-метода позволяет определять оценки в «точке», но не позволяет учесть динамику и изменение структуры производства.

Сопоставительный анализ существующих подходов. Анализируя существующие методические подходы, можно заключить, что их реализация в настоящее время сдерживается отсутствием соответствующей информационной базы.

Построение моделей, основанных на межотраслевых балансах, фактически невозможно ввиду отсутствия их официально опубликованных версий. Самостоятельное экспертное построение межотраслевых балансов – крайне трудоемкий процесс, неопределенность результатов которого

увеличивается в связи с проблемами достоверности государственной статистики. Кроме того, минерально-сырьевой сектор не включен в построение межотраслевых балансов в качестве отдельной отраслевой категории. Это приводит к тому, что включение минерально-сырьевого сектора в данные модели сопряжено со значительными экспертными допущениями.

Методы, основанные на математическом программировании, в свою очередь, не позволяют учесть динамические характеристики взаимодействия отраслей и избежать усреднения показателей вклада добывающих отраслей в валовой продукт экономики. Данный подход не позволяет определить будущую структуру экономики и ее изменение в результате реализации различных отраслевых программ.

Таблица 6.1

Сопоставительный анализ методик

Положительные стороны использования метода	Недостатки и сложности в использовании метода
Определение потребности в минеральном сырье на основе модели МОБ	
Разработаны методологические подходы к включению отраслей «Геология», «Горнодобывающая промышленность» и «Горноперерабатывающая промышленность» в межотраслевой баланс.	Информационная база: межотраслевой баланс за 1990 г. и предположения модели о неизменности матрицы технологических коэффициентов. Межотраслевой баланс за 1990 г. составлен по методологии Баланса народного хозяйства. Включение отраслей «Геология», «Горнодобывающая промышленность» и «Горноперерабатывающая промышленность» в межотраслевой баланс осуществлено с использованием большого числа допущений и экспертных оценок. Расчеты по модели в настоящее время невозможны без построения современного межотраслевого баланса.
Модель межотраслевых взаимодействий	
Моделируются и прогнозируются межотраслевые связи и важнейшие потоки, формирующие функциональные элементы конечного продукта. Наглядно характеризуются пути, которые проходит импульс, порождаемый частными структурными изменениями. Блочный характер модели позволяет уточнять и конкретизировать связи на уровне отдельных блоков и отраслевых подблоков, в том числе с помощью моделирования отраслевых производственных функций.	Эконометрические методы разработки прогнозного межотраслевого баланса предполагают построение серии межотраслевых таблиц по укрупненной номенклатуре отраслей за достаточно продолжительный период времени. Невозможность прямой оценки мультипликационного эффекта добычи, обогащения и переработки концентрата на конечный продукт.
Многофакторная модель макроэкономической оценки ресурсного потенциала	
Используются общедоступные данные, публикуемые статистическими органами. Учитывается региональный аспект и вклад региона в эффективность использования ресурсов в целом по стране.	Ввиду отсутствия ряда данных делались существенные допущения при составлении информационной базы модели. Используется региональный валовой продукт, а совокупный продукт определяется как сумма региональных. Показатели эффективности ресурсов рассчитываются в среднем по России. Использование симплекс метода позволяет сделать оценки в «точке», но не позволяет учесть динамику и изменение структуры производства.

Результаты сравнения положительных сторон рассмотренных методов и трудностей их реализации в настоящее время для решения задачи оценки мультиплицирующего эффекта добычи полезных ископаемых на экономику сведены в табл. 6.1.

Вместе с тем публикуемая государственная и международная статистика содержит достаточно объемные данные по добыче полезных ископаемых, их использованию в отраслях материального производства, влиянию добывающих отраслей на занятость в экономике и др. Поэтому необходима разработка новой методики оценивания мультипликативного эффекта межотраслевого взаимодействия минерально-сырьевого сектора на другие сектора экономики, преодолевающей существующие информационные ограничения и опирающейся на общедоступную экономическую статистику. Нахождение соответствующих оценок мультипликаторов наиболее предпочтительно производить с помощью применения многофакторных эконометрических моделей, которые позволят учесть и динамические аспекты межотраслевого взаимодействия различных отраслей экономики. Кроме того, использование многофакторных регрессионных зависимостей позволяет также и решать вопрос прогнозирования межотраслевого влияния минерально-сырьевого комплекса на валовой продукт и отраслевую структуру экономики.

6.2. ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА ОСНОВЕ ОБЩЕДОСТУПНОЙ СТАТИСТИКИ

Методические подходы и основная гипотеза моделирования. Основной гипотезой предлагаемой модели является существование межотраслевых взаимодействий добычи и переработки полезных ископаемых, проявляющихся в изменении валового внутреннего продукта экономики.

Макроэкономический подход используется здесь для оценки роли минерально-сырьевого сектора в экономике страны. Вследствие этого конечная продукция (ВВП) предопределяется объемами добычи и переработки минерального сырья по следующей схеме: минерально-сырьевой сектор → перерабатывающая промышленность → валовой внутренний продукт. Таким образом, ВВП рассчитывается как результат мультипликации экономического эффекта по технологическим цепочкам в отраслях (секторах) экономики от добычи полезных ископаемых до конечного производителя и потребителя.

На рис. 6.2 представлен ориентированный граф программы необходимых работ в рамках реализации предложенной методики оценки роли минерально-сырьевого комплекса в межотраслевом взаимодействии.

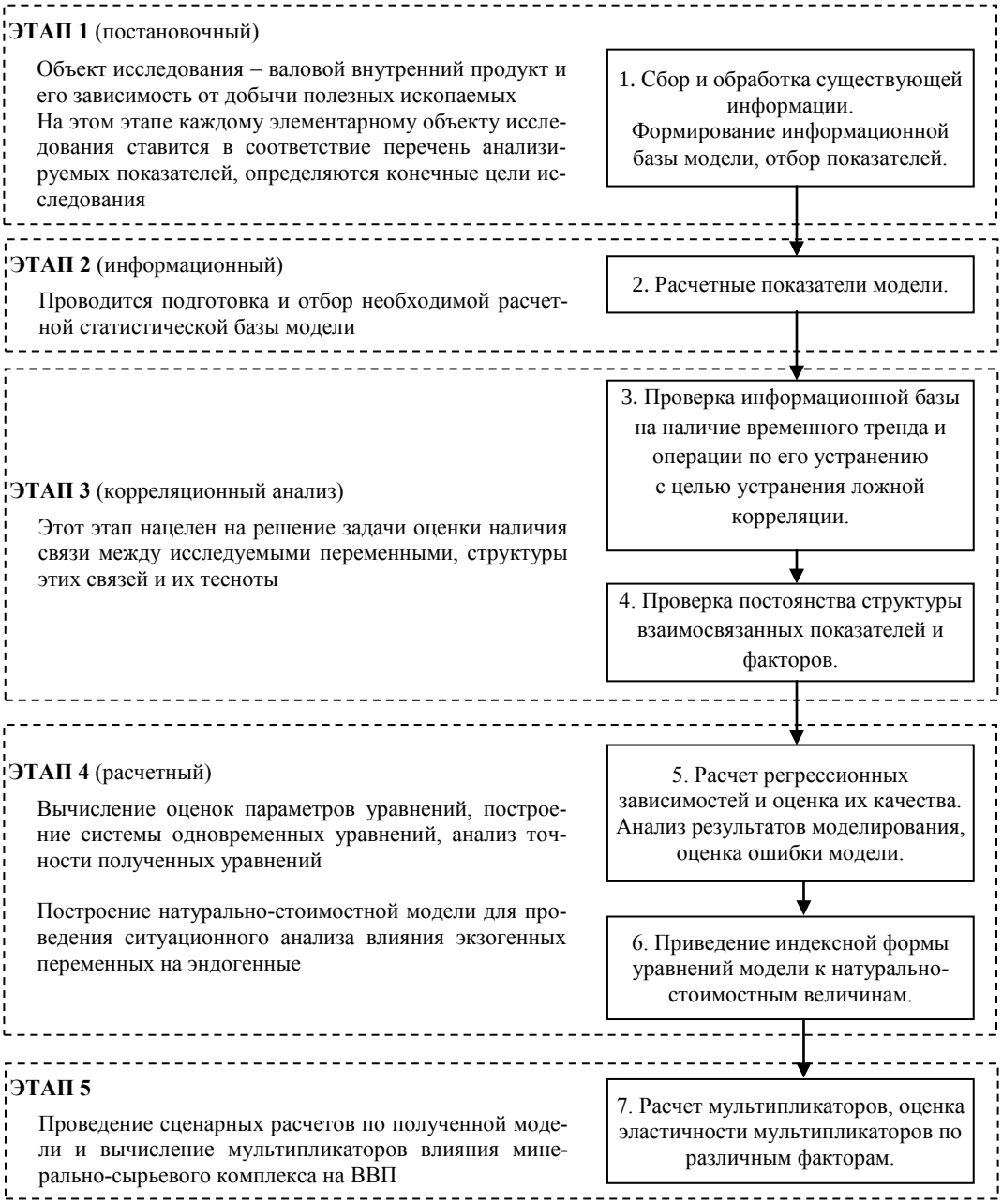


Рис. 6.2. Ориентированный граф программы необходимых работ

Информационная база. Информационной базой исследования послужила статистика макроэкономических показателей, публикуемая правительственными организациями, где представлена подробная информация по различным направлениям работы минерального сектора различных стран и их экономики в целом как в натуральных показателях (объем добычи отдельных полезных ископаемых, объемы перевозки грузов различными

видами транспорта, индексы физического объема промышленного производства и др.), так и в стоимостном выражении (объем валового внутреннего продукта, производство отдельных отраслей и др.) в текущих и постоянных ценах. Также представлена статистика занятости в минерально-сырьевом комплексе, в том числе по добыче отдельных полезных ископаемых, почасовая оплата труда и другие данные.

Основной эндогенной переменной в данном исследовании выступает объем валового внутреннего продукта либо промышленного производства.

В качестве экзогенных факторов используются объем добычи металлических, неметаллических полезных ископаемых, нефти, газа и угля (в натуральных показателях). Кроме того, в качестве экзогенных и объясняющих переменных используются объем валового внутреннего продукта, генерируемого секторами добычи металлов, неметаллов и топлива – нефти, газа и угля в млн долл. либо млн руб., в постоянных ценах.

Для оценки влияния вышеназванных показателей на другие отрасли промышленности используются следующие данные, представленные в виде динамических рядов за 10–15 лет:

- для перерабатывающей промышленности – переработка полезных ископаемых как фактор валового продукта отрасли;
- для строительства – затраты строительных материалов при добыче минерального сырья и его переработке как фактор валового продукта отрасли;
- для транспорта – объем перевозок минерального сырья и продуктов его обогащения и переработки по железным дорогам и водным транспортом, в тоннах перевезенных грузов;
- для электроэнергетики – потребление горнодобывающей промышленностью электроэнергии, потребление энергетическим сектором страны угля, нефти и газа;
- для оптовой и розничной торговли – объем добываемых металлических, неметаллических полезных ископаемых и горючих материалов и объем валового внутреннего продукта, генерируемого секторами добычи металлов, неметаллов и топлива;
- для сектора неправительственных услуг – объем добываемых металлических, неметаллических полезных ископаемых и горючих материалов и объем валового внутреннего продукта, генерируемого секторами добычи металлов, неметаллов и топлива.

Первоначальные данные были подвергнуты преобразованию с целью исключения влияния эффекта временного тренда и исключения ложной корреляции показателей. Все данные как в натуральных показателях, так и в стоимостных преобразовываются в индексы базового года либо цепные индексы. Данный этап позволяет исключить из моделей не только имеющиеся временные тренды, но и эффект масштаба переменных. После этого повторно проводится проверка на предмет наличия в полученных индексных показателях временных трендов. В дальнейшем построение эконометрических уравнений осуществляется с использованием индексных показателей.

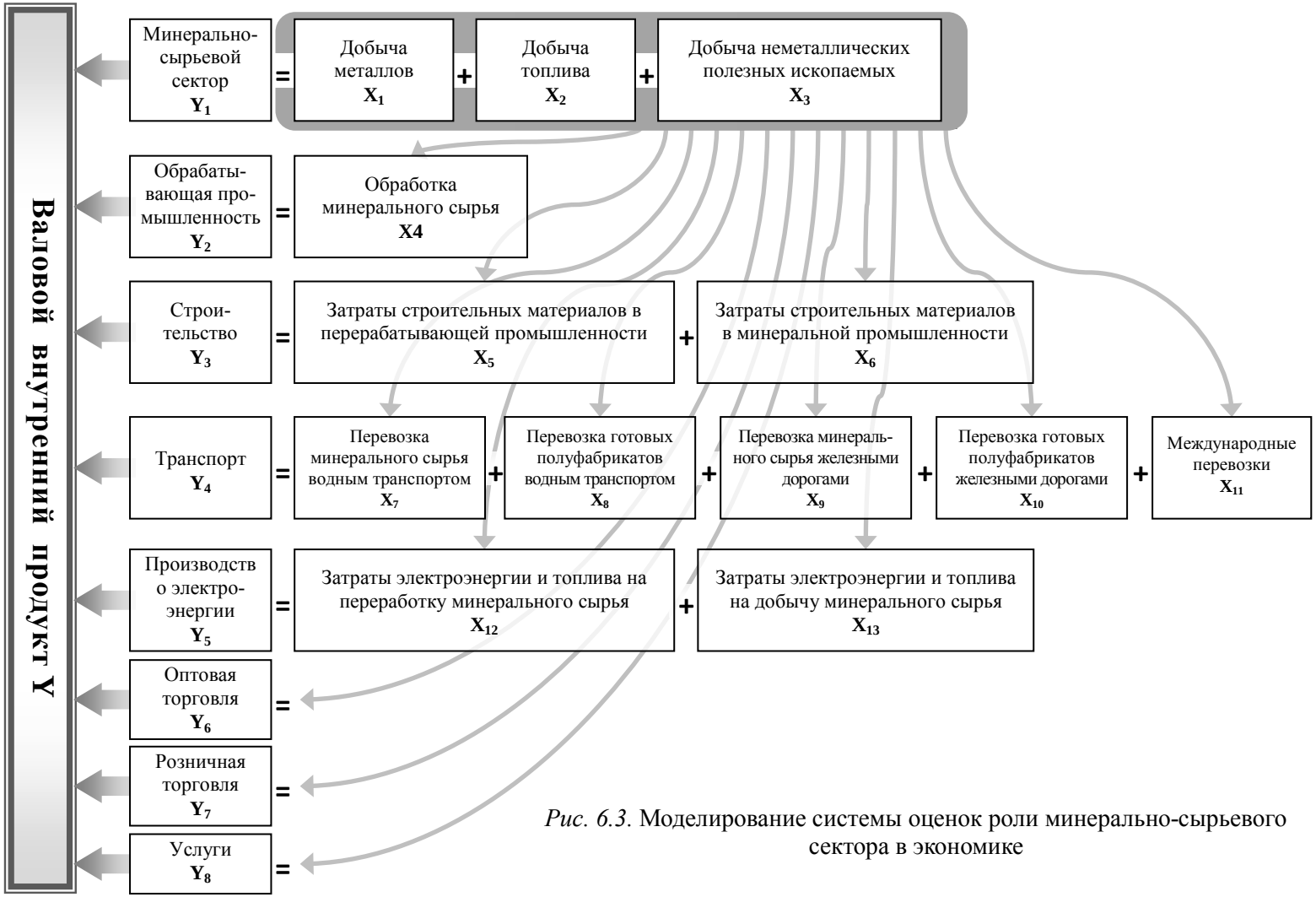


Рис. 6.3. Моделирование системы оценок роли минерально-сырьевого сектора в экономике

После этого проводится предварительный анализ структуры валового внутреннего продукта на предмет ее изменения во времени. Это необходимо для оценки достоверности анализа и использования показателей структуры валового продукта любого временного среза. Проверка проводится с помощью расчета коэффициентов ранговой корреляции различных временных сечений структуры валового внутреннего продукта. В случае постоянства структуры в дальнейшем исключается моделирование каждого конкретного периода.

Общая схема модели представлена на рис. 6.3. Первоначально предполагалось осуществить построение рекурсивной модели с включением всех промежуточных факторов, указанных на схеме. Система уравнений первоначальной модели может быть записана следующим образом:

$$
\begin{aligned}
&Y_1 = \sum_{1}^{3} a_i x_i + b_1 ,\\
&Y_2 = c\, x_4 + b_2,\\
&Y_3 = \sum_{5}^{6} d_i x_i + b_3 ,\\
&Y_4 = \sum_{7}^{11} e_i x_i + b_4 ,\\
&Y_5 = \sum_{12}^{13} f_i x_i + b_5 ,\\
&Y_6 = \sum_{1}^{3} g_i x_i + b_6 ,\\
&Y_7 = \sum_{1}^{3} h_i x_i + b_7\\
&Y_8 = \sum_{1}^{3} k_i x_i + b_8 ,\\
&X_{n=[4;13]} = \sum_{1}^{3} p_i^n x_i + q^n ,\\
&Y = \sum_{1}^{8} Y_j ,
\end{aligned}
\qquad (6.12)
$$

где X_1 – добыча металлов, X_2 – добыча топлива, X_3 – добыча неметаллических полезных ископаемых, X_4 – обработка минерального сырья, X_5 – затраты строительных материалов в перерабатывающей промышленности, X_6 – затраты строительных материалов в минеральной промышленности, X_7 – перевозка минерального сырья водным транспортом, X_8 –

перевозка готовых полуфабрикатов водным транспортом, X_9 – перевозка минерального сырья железными дорогами, X_{10} – перевозка готовых полуфабрикатов железными дорогами, X_{11} – международные перевозки, X_{12} – затраты электроэнергии и топлива на переработку минерального сырья, X_{13} – затраты электроэнергии и топлива на добычу минерального сырья, Y_i – отраслевые показатели валового продукта, Y – валовой внутренний продукт.

Однако получить полную систему значимых зависимостей не удалось. Кроме того, усложнение модели привело к сложностям с интерпретацией результатов. В связи с этим с целью упрощения общей модели промежуточные уравнения были исключены из дальнейшего процесса.

Система уравнений модели. По полученным результатам моделирования в дальнейшем уравнения зависимостей строились «напрямую»: объем производства обрабатывающей промышленности в целом как функция от экзогенных переменных модели – *объема добычи металлов, неметаллов и топлива*. Общая схема окончательной модели представлена на рис. 6.4.

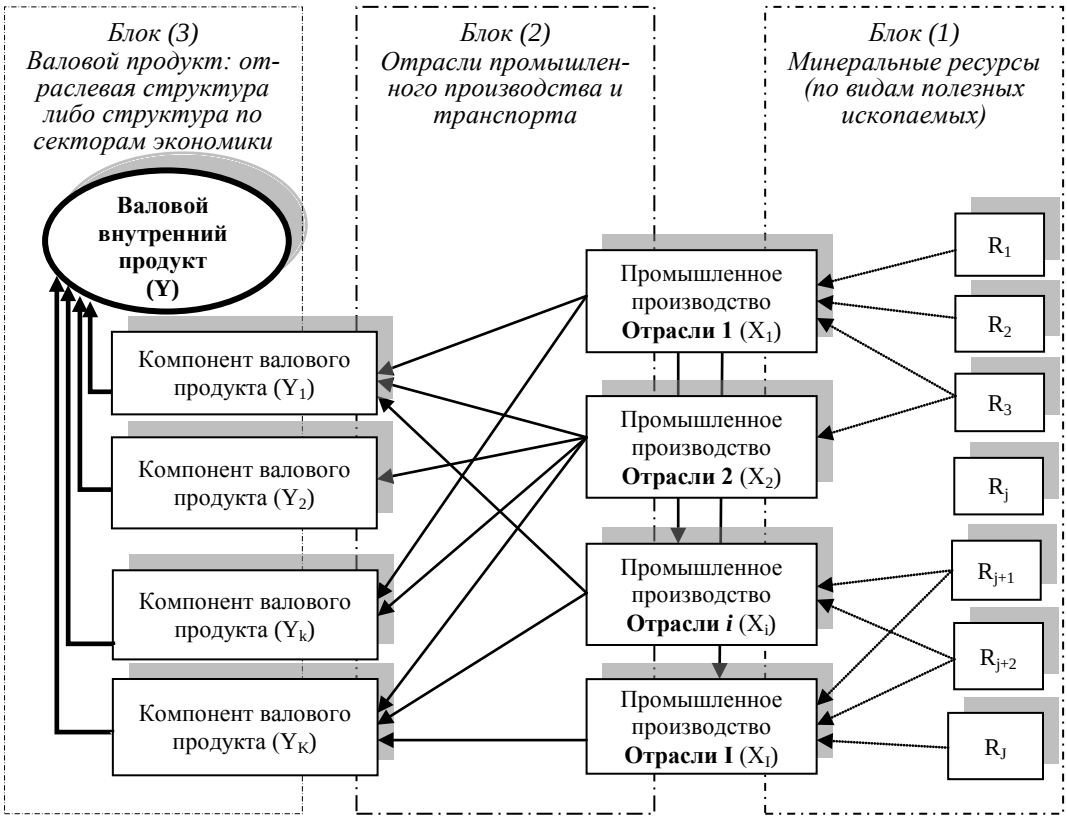


Рис. 6.4. Моделирование системы оценок роли минерально-сырьевого сектора в экономике страны

Модель состоит из трех основных блоков. В первом решаются задачи моделирования влияния добычи минеральных ресурсов (по видам полезных ископаемых) на промышленное производство обрабатывающих отраслей. В качестве последних выступают черная и цветная металлургия, электроэнергетика, транспорт, машиностроение и др. Во втором блоке моделируется влияние обрабатывающих отраслей друг на друга и компоненты валового продукта. В завершающем третьем блоке происходит суммирование модельных компонентов валового внутреннего продукта в совокупный валовой продукт экономики. Таким образом, моделируется межотраслевое прохождение импульса, задаваемого в добывающих отраслях, на другие отрасли и экономику в целом.

$$X_i = \sum_j a_j R_j + b_i , \tag{6.13}$$

$$Y_k = \sum_i m_i X_i + n_k , \tag{6.14}$$

$$Y = \sum_k Y_k , \tag{6.15}$$

где R_j – объем добычи полезного ископаемого вида j, X_i – объем промышленного производства отрасли i, Y_k – компоненты валового внутреннего продукта, Y – валовой внутренний продукт.

С помощью статистических методов проводится расчет регрессионных зависимостей валового внутреннего продукта отраслей: добывающей, обрабатывающей, строительства, транспорта, электроэнергетики, торговли и сектора услуг, от экзогенных переменных: объемов добычи черных и цветных металлов, нефти, газа и угля, драгоценных и полудрагоценных металлов.

Расчеты зависимостей производились по двум направлениям: с использованием натуральных и стоимостных показателей. Первоначально в рамках предложенной модели в качестве экзогенных факторов выступали натуральные измерители объемов добычи металлов, неметаллических полезных ископаемых и топлива. Однако получить значимые связи в этом случае для всех моделируемых показателей не удалось. Причем в ряде случаев отсутствовала связь даже между объемом валового внутреннего продукта, произведенного в минерально-сырьевом комплексе, и физическими объемами добываемых металлов, неметаллов и топлива. Анализ корреляции валового внутреннего продукта и объема производства минерально-сырьевого комплекса с показателями среднегодовых цен на основные металлы показал значительную связь динамики первых с изменением цен на золото, железо, хром, уран, кобальт и другие металлы. В связи с высокой зависимостью объема производства горнодобывающего сектора от мировых цен на сырье дальнейшее моделирование по указанным данным производилось на базе показателей объема валового внутреннего продукта, генерируемого секторами добычи металлов, неметаллов и топлива.

Основная модель строилась на показателях объемов производства отраслей, валового внутреннего продукта и добычи полезных ископаемых в постоянных ценах. В указанных показателях учтены ценовые колебания рынка, которые в силу значительных объемов мировых рынков по большей части номенклатуры полезных ископаемых являются внешними факторами для национальных минеральных комплексов.

В альтернативном варианте предварительный анализ имеющихся данных и последующие операции с первоначальными данными не позволили избавиться от влияния временного тренда. В результате и сами анализируемые показатели оказались взаимозависимы по причине корреляции трендов. В связи с этим была осуществлена попытка перейти к цепным темпам роста. Однако по причине незначительной длины временных рядов (8 показателей цепных темпов роста) связи между первоначальными данными были потеряны.

Таким образом, было принято решение использовать показатели базовых темпов роста, но для исключения искажений взаимосвязей за счет фактора временного тренда включить во все уравнения показатель времени. Для построения модели и уточнения предположений о ее виде был проведен анализ частных корреляций преобразованных показателей базовых темпов роста валового продукта отраслей при исключении влияния эволюционной переменной времени.

Исходя из анализа полученной информации и величины связи продукта минеральной промышленности с валовыми продуктами других отраслей в дальнейшем осуществлено построение рекурсивной эконометрической модели. Поэтапное построение модели осуществлено в соответствии со связями, выявленными на предыдущем этапе.

■ Первым регрессионным уравнением в системе одновременных уравнений являлась зависимость продукта электроэнергетики от валового продукта минеральной промышленности:

$$X_3 = \theta_0 + \theta_1 X_1 + \theta_2 t.$$

■ Вторым блоком уравнений были регрессионные уравнения, где в качестве экзогенной переменной взят объем производства в электроэнергетике X_3, смоделированный ранее, а объясняемыми переменными выступали валовой продукт строительства и торговли, соответственно X_4 и X_5:

$$X_4 = \varphi_0 + \varphi_1 \cdot X_3 + \varphi_2 \cdot t,$$

$$X_5 = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot X_3 + \gamma_2 t.$$

■ Третьим блоком регрессионных уравнений являются уравнения, в которых экзогенным фактором выступает валовой продукт строительства X_4, смоделированный на предыдущем этапе. В качестве эндогенных факторов взяты объемы производства обрабатывающей промышленности X_2, финансы и страхование X_7 и услуги X_8. Общий вид полученной системы уравнений можно записать следующим образом:

$$X_2 = \varphi_0 + \varphi_1 \cdot X_4 + \varphi_2 \cdot t;$$

$$X_7 = \pi_0 + \pi_1 \cdot X_4 + \pi_2 \cdot t;$$

$$X_8 = \mu_0 + \mu_1 \cdot X_3 + \mu_2 \cdot t.$$

■ В четвертом блоке построена регрессионная зависимость валового продукта транспорта X_6 от объема промышленного производства X_2:

$$X_6 = \eta_0 + \eta_1 \cdot X_2 + \eta_3 \cdot t.$$

Суммарный объем валового внутреннего продукта представлялся как сумма результатов моделирования показателей вышеуказанных блоков. Вычисления производились с использованием статистического пакета SPSS 8.0 for Windows.

Оценка качества моделей. В общем случае проверка величины ошибки моделирования производилась следующим образом.

Показатели валового внутреннего продукта и отраслевые значения валового продукта промышленного производства, получаемые в процессе моделирования, сравнивались с реальными данными указанных показателей. Разница между фактическими значениями показателей и моделируемыми относилась к реальным значениям, и определялось процентное значение отклонения.

Для оценки динамики ошибки моделирования производились указанные выше расчеты процентного отклонения за ряд лет. В случае увеличения отклонения фактических данных от моделируемых по мере удаления от базового года расчеты мультипликаторов производились в точке наименьшей ошибки.

Кроме того, оценка ошибки модели проводится на завершающей стадии моделирования путем сравнения стандартного отклонения результирующего показателя (ВВП) с величиной мультипликативного эффекта (алгоритм приведен в табл. 6.2).

Таблица 6.2

Алгоритм оценки ошибки ВВП

Компоненты ВВП, Y_i	Доля компоненты в формировании результирующего показателя ВВП, %	Среднеквадратическое отклонение по модели, σ	Результирующая величина ошибки (взвешенная дисперсия)
Y_1	ω_1	σ_1	$D_1=\omega_1(\sigma_1)^2$
Y_2	ω_2	σ_2	$D_2=\omega_2(\sigma_2)^2$
…	…	…	…
Y_n	ω_n	σ_n	$D_n=\omega_n(\sigma_n)^2$

Суть данного метода оценки ошибки состоит в следующем. Поскольку оценка ВВП производится суммированием его основных компонентов, которые, в свою очередь, моделируются при помощи эконометрических зависимостей, оценка ошибки ВВП исчисляется путем суперпозиции ошибок слагаемых. Естественно, что в ситуации различной точности компонент ВВП результирующая ошибка определяется на основе ошибки наименее точной компоненты. Однако поскольку вклад компонент неравнозначен, соответствующие ошибки взвешиваются с учетом вклада каждой компоненты в формирование результирующего показателя (ВВП).

Соответственно дисперсия результирующего показателя ВВП рассчитывается:

$$D_Y^* = max[\, D_1, D_2, ..., D_n \,] \,.$$

Далее производится расчет величины стандартного отклонения для валового внутреннего продукта в стоимостном выражении:

$$\sigma_{ВВП} = Y_{стоимостной} \cdot \sqrt{D_Y^*} \,.$$

Таким образом, в качестве ошибки ВВП принимается доля максимальной взвешенной ошибки. В завершение производится сравнение величины мультипликативного эффекта с показателем $\sigma_{ВВП}$. Превышение величины мультипликативного эффекта над среднеквадратическим отклонением свидетельствует о неслучайном его характере.

Расчет мультипликаторов добычи минерального сырья на валовой внутренний продукт. Построив и оценив статистические связи, существующие между параметрами (экзогенными переменными), с одной стороны, и результирующими (эндогенными, т.е. формирующимися внутри и в ходе функционирования национальной экономики) переменными – с другой, можно, придавая различные значения параметрам, отслеживать соответствующие реакции на это эндогенных переменных. То есть происходит как бы многократная модельная «прогонка» различных сценариев экономического развития. Данный способ исследования можно охарактеризовать как ситуационный анализ.

Реализуя этот подход, можно произвести расчет и анализ конечного влияния добывающего сектора на валовой внутренний продукт и отдельные сопряженные с минеральным комплексом отрасли экономики.

Исходные уравнения, полученные в процессе моделирования на предыдущем этапе, «разворачивались» до натуральных показателей отраслей, входящих в расчет валового внутреннего продукта. Переход от индексных показателей к натурально-стоимостным производился с учетом анализа структуры валового внутреннего продукта на предмет взаимосвязи временных сечений (коэффициенты корреляции рангов временных срезов по структуре первоначальных данных о валовом внутреннем продукте), а также

величины и динамики ошибки модели. Так, в случае, если анализ показал отсутствие принципиальных структурных изменений в валовом внутреннем продукте, можно с высокой степенью достоверности анализировать и использовать показатели структуры валового продукта любого временного среза. В обратном случае используются начальные индексные показатели.

Непосредственно переход к натурально-стоимостным показателям осуществляется подстановкой в индексные уравнения натурально-стоимостных значений экзогенных и предопределенных переменных путем умножения их на соответствующие индексы.

Анализ полученных результатов моделирования строится на основе сценариев возможного развития экономики в случае роста производства минерально-сырьевого сектора и отдельных полезных ископаемых. Ситуация моделируется по следующим возможным сценариям:

I – увеличение добычи всех полезных ископаемых минеральным сектором промышленности на 5%;

II – увеличение добычи отдельных полезных ископаемых на 5% при постоянных показателях добычи остальных путем перебора всех полезных ископаемых и групп (например: топливные, черные металлы, цветные металлы).

Сравнивая начальное изменение объема добытых полезных ископаемых по указанным выше вариантам в стоимостном выражении с изменениями показателей отраслевого производства и валового внутреннего продукта, получаем отраслевые мультипликаторы и мультипликатор добычи полезных ископаемых на валовой продукт экономики.

Таким образом, мультипликаторы есть отношение первоначального изменения стоимости добытых полезных ископаемых (первоначальный импульс) к изменению валового продукта отраслей и валового внутреннего продукта экономики.

Особенности методики и трудности ее реализации. Предложенный метод оперирует относительно небольшим объемом потоков, учитывающим лишь наиболее важные взаимосвязи, что позволяет нагляднее оценить количественно и качественно главные взаимосвязи между основными процессами, четко проследить меру воздействия перемен в одной сфере на развитие других и всей системы в целом. Однако уменьшение числа моделируемых объектов сделало модель «чувствительной» к изменению отдельных потоков, снизилась устойчивость решения модели. Ошибка в уравнении для некоторого элемента в меньшей степени погашается другими составляющими.

К положительным сторонам предложенного подхода можно отнести блочный характер модели. Блочная структура позволяет конкретизировать отраслевые прогнозы и усложнять их без нарушения общей системы взаимодействия блоков.

Относительно простая структура модели дает наглядное представление пути первоначального импульса, задаваемого в первичных отраслях, на конечный продукт и позволяет рассчитать как мультипликативный эффект в целом по экономике, так и в отраслевом разрезе.

В модели используется общедоступная статистика, публикуемая статистическими органами различных стран.

Однако необходимо отметить тот факт, что модель не чувствительна к малым изменениям, что не позволяет отследить влияние отдельных проектов добычи полезных ископаемых, если их масштабы не сопоставимы хотя бы с отраслевыми. Эта ситуация может быть разрешена путем усложнения начального блока модели вплоть до построения отраслевых производственных функций, учитывающих и малые проекты, и региональные особенности их реализации.

6.3. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА НА ЭКОНОМИКУ РОССИИ

Модель и ее информационная база. Информационной базой модели послужила статистика макроэкономических показателей, опубликованная в Российском статистическом ежегоднике, а также в одном из иностранных источников [Российский статистический ежегодник…, 2000; Statistical…, 1999].

Основными экзогенными переменными в моделях выступали физические объемы добычи нефти, газа, угля; производство чугуна, стали и стальных труб; производство алюминия, меди, никеля; объем производства электроэнергии. В качестве показателей динамики соответствующих отраслей выступали индексы физического объема производства относительно предыдущего года.

Для оценки влияния вышеназванных показателей на другие отрасли промышленности использовались данные, представленные в виде динамических рядов за 8 лет, с 1990 по 1998 год.

Главными эндогенными переменными выступали валовой внутренний продукт и промышленное производство в целом, динамика которых и структура представлены в табл. 6.3 и 6.4. Моделирование валового внутреннего продукта проводилось по составляющим: производство товаров и чистые налоги. Валовой внутренний продукт и его составляющие в текущих ценах с помощью дефляторов были переведены в постоянные цены 1998 г. и в дальнейшем пересчитаны в цепные индексы.

Проверка первоначальных данных (цепные индексы) на наличие тренда показала отсутствие зависимости показателей от временного тренда.

Общая схема модели представлена на рис. 6.5. Система регрессионных уравнений модели выглядит следующим образом:

$$X_i = \sum_j a_j R_j + b_i, \qquad (6.16)$$

$$Y_k = \sum_i m_i X_i + n_k \,, \tag{6.17}$$

$$Y = \sum_k Y_k \,, \tag{6.18}$$

$$P = \sum_i w_i X_i + v \,, \tag{6.19}$$

где R_j – первичные минеральные ресурсы (никель, алюминий, газ, нефть и др.); X_i – объем производства отраслей-потребителей минерального сырья (черная и цветная металлургия, топливная промышленность и др.); Y_k – функциональные компоненты валового внутреннего продукта; Y – валовой внутренний продукт; P – промышленное производство.

Таблица 6.3

Изменение объема валового внутреннего продукта и его составляющих

Показатель	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Валовой внутренний продукт (в текущих ценах), млрд руб. (1998 – млн руб.)	644,2	1398,5	19005,5	171509,5	610745,2	1540492,8	2145655,5	2521941,5	2684538,6
Из него:									
производство товаров	392,6	864,7	9413,6	82393,7	285597,7	647679,0	896221,3	1000000,0	1056730,7
производство услуг	210,1	513,4	10020,2	79488,4	301095,0	787828,6	1072107,5	1314015,7	1415642,9
косвенно измеряемые услуги финансового посредничества	–3,1	–30,7	–763,0	–5930,0	–23845,8	–15445,8	–5162,7	–7398,5	–2108,8
чистые (за вычетом субсидий) налоги на продукты	44,6	51,1	334,7	15557,4	47898,3	120134,0	182489,4	215324,3	214273,8
Валовой внутренний продукт (в сопоставимых ценах), % к предыдущему году	97,0	95,0	85,5	91,3	87,3	95,9	96,6	100,69	95,4
Индекс-дефлятор ВВП, раз к предыдущему году	1,2	2,3	15,9	9,9	4,1	2,8	1,4	1,2	1,1

Источник: [Российский статистический ежегодник…, 1999].

Моделирование осуществлялось в три этапа.

На первом этапе с помощью статистических методов моделировались зависимости объема производства электроэнергии, топливной промышленности, черной и цветной металлургии (6.16) от экзогенных переменных: добычи нефти и газа, производства чугуна и стали, производства алюминия и никеля.

На втором этапе был произведен расчет регрессионных зависимостей составляющих валового внутреннего продукта: производство товаров, чистых налогов (6.17) и промышленного производства (6.19) от предопределенных переменных: производства электроэнергии, черной и цветной металлургии, топливной промышленности.

В результате на заключительной, третьей стадии валовой внутренний продукт моделировался как сумма составляющих (6.18).

Результаты моделирования представлены в табл. 6.5 и 6.6.

Таблица 6.4

Индексы производства продукции по отраслям промышленности, % к предыдущему году

Показатель	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Вся промышленность*	**99,9**	**92**	**82**	**86**	**79**	**97**	**96**	**102**	**95**
Электроэнергетика	102	100,3	95	95	91	97	98	98	98
Топливная промышленность	97	94	93	88	90	99,2	99	100,3	98
Нефтедобывающая	94	90	94	91	93	96	98	101	99
Нефтеперерабатывающая	97	98	90	87	86	101	101	99,2	93
Газовая	103	101	97	95	94	99,6	99	98	100,8
Угольная	96	88	106	92	88	99	98	95	95
Черная металлургия	98	93	84	83	83	110	98	101	92
Цветная металлургия	98	91	75	86	91	103	96	106	95
Химическая и нефтехимическая промышленность	98	94	78	79	76	108	93	104	93
Машиностроение и металлообработка	101	90	85	84	69	91	95	104	93
Промышленность строительных материалов	99,1	98	80	84	73	92	83	96	94

* С учетом поправки на неформальную деятельность.

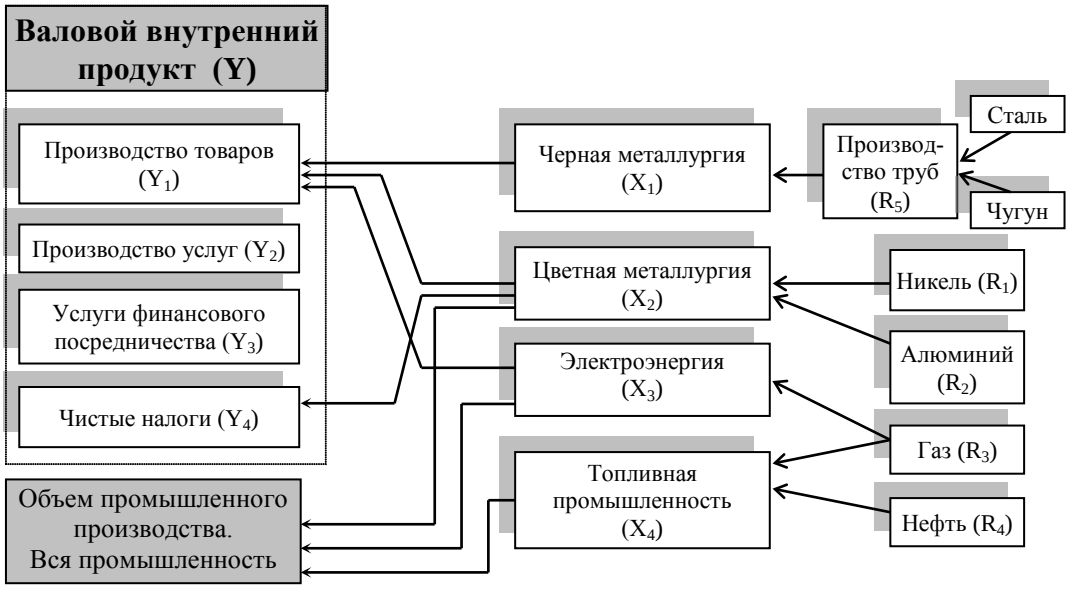


Рис. 6.5. Общая схема модели оценки влияния минерально-сырьевого сектора на экономику

Таблица 6.5

Реализованные регрессионные модели зависимости совокупного промышленного производства от добычи минерального сырья

Предопределенные переменные	Экзогенные переменные						
	Constant	Добыча нефти	Добыча газа	Добыча никеля	Sig	F	Adj. R Sq.
Электроэнергетика	–4,002		1,026		0,000	45,740	0,848
Цветная металлургия	37,038			0,590	0,012	11,328	0,564
Топливная промышленность	–60,712	0,825	0,787		0,001	27,604	0,869
Эндогенные переменные	Предопределенные переменные						
	Constant	Электро-энергетика	Цветная металлургия	Топливная промыш-ленность	Sig	F	Adj. R Sq.
Промышленное производство	–103,850	1,142	0,319	0,579	0,001	34,576	0,926

Таблица 6.6

Реализованные регрессионные модели зависимости отраслей, входящих в расчет ВВП, от результатов добычи минерального сырья

Эндогенные переменные	Экзогенные и предопределенные переменные						
	Constant	добыча газа	добыча никеля	производ-ство труб	Sig	F	Adj. R Sq.
Электроэнергетика	–4,002	1,026			0,000	45,740	0,848
Цветная металлургия	37,038		0,590		0,012	11,328	0,564
Черная металлургия	42,285			0,594	0,000	40,398	0,831
Предопределенные переменные	Предопределенные переменные						
	Constant	производ-ство стали	производство чугуна		Sig	F	Adj. R Sq.
Производство труб	–57,382	2,916	–1,338		0,001	25,404	0,859
Эндогенные переменные	Предопределенные переменные						
	Constant	электро-энергетика	цветная металлургия	черная металлур-гия	Sig	F	Adj. R Sq.
ВВП: производство товаров	–155,891	2,461	1,264	–1,194	0,022	8,350	0,734
Эндогенные переменные	Предопределенные переменные						
	Constant	Производ-ство алю-миния			Sig	F	Adj. R Sq.
ВВП: чистые налоги	–282,318	3,650			0,006	21,451	0,773

Таблица 6.7

Ошибки моделирования эндогенных и предопределенных переменных модели, %

Показатель	Ошибка модели
Валовой внутренний продукт	–1,91
ВВП: производство товаров	–4,15
ВВП: чистые налоги	–3,38
Энергетика	–6,04
Цветная металлургия	27,39
Черная металлургия	2,38
Газодобывающая промышленность	–1,42

Полученная эконометрическая модель валового внутреннего продукта, величина которого определяется промышленным производством основных отраслей экономики, дает отклонения от реальных показателей ВВП в пределах 2%, производства товаров – 5%, объема чистых налогов – 4%. Общие результаты по ошибкам моделирования представлены в табл. 6.7.

Наибольшее отклонение от реальных данных дает модель динамики промышленного производства цветной металлургии, что объясняется незначительным числом факторов, вошедших в модель. В целом динамика производства цветных металлов не может быть объяснена только динамикой добычи никеля. Данная модель требует дальнейшей доработки с учетом всех факторов.

В полученных моделях все коэффициенты регрессионных уравнений значимы. Эконометрическая модель индекса промышленного производства в целом дает отклонение от действительного значения в пределах 2,8%. Величина ошибки модели существенно не изменяется в пределах моделируемого периода.

В процессе моделирования в уравнения зависимости объемов производства товаров и индексов промышленного производства в целом не вошел показатель производства алюминия, который оказался значимым только при расчете динамики чистых налогов. Такое «поведение» алюминия в модели свидетельствует о ее адекватности реальной ситуации в алюминиевой промышленности России.

В переходный период алюминиевая промышленность вошла в сферу мировой торговли – с 1992 г. поставки алюминия на экспорт в условиях резкого падения спроса внутреннего рынка на алюминиевую продукцию возросли по удельному весу в общем объеме производства с 47 до 88–90%, мощности российских алюминиевых заводов на 60% загружены сырьем иностранного происхождения вследствие дефицита в стране качественного алюминийсодержащего сырья. Вместе с тем при отношении

объема производства алюминия в России к уровню США 83,07% его потребление составляет лишь 17,51% от американского. Таким образом, при преимущественном экспорте первичного алюминия без его глубокой переработки на территории страны, при импорте алюминийсодержащего сырья без развития собственной минерально-сырьевой базы и его добычи российская алюминиевая промышленность не участвует в межотраслевом взаимодействии. Отрасль не порождает роста производства в сопряженных секторах промышленности, не добавляет валового внутреннего продукта в секторах производства товаров и другой конечной продукции. Как результат – «вхождение» алюминия в модель только через чистые налоги. Фактически отрасль проводит независимую, изолированную от остальной экономики производственную деятельность.

Отдельно рассмотрим ситуацию с ролью черной металлургии и ее вкладом в динамику валового внутреннего продукта. В полученных уравнениях выявлена обратная зависимость динамики производства черных металлов и валового продукта, что выражается отрицательным знаком в приведенных уравнениях.

Дефицит черных металлов послужил причиной замедления роста капитальных вложений еще в советской экономике (см. об этом [Яременко, 1999]). В СССР постоянно воспроизводилась нездоровая зависимость инвестиционных возможностей страны от наращивания объема производства проката черных металлов. Уменьшение темпов наращивания инвестиционного потенциала вызвало снижение общих показателей народнохозяйственной динамики. Незапланированное замедление и почти полное прекращение роста производства других конструкционных материалов, связанное с объемами производства черных металлов, происходило в последние годы без координации с развитием обрабатывающих отраслей. А ограничение инвестиционного спроса привело к сужению воспроизводственной базы инвестиционного комплекса, замедлению роста инвестиционного потенциала народного хозяйства.

Анализ пореформенного развития российской металлургии [Буданов, 2000; Буданов, Кузнецов, 1997] показал, что в период 1990–1999 гг. произошло усиление структурных диспропорций в российской экономике, которые создали условия для работы металлургии независимо от общеэкономической ситуации в России. В стране приоритет получала та часть черной металлургии, которая в большей степени работала на потребности других стран, чем на национальную экономику. Одним из критериев эффективности развития предприятий была доля экспорта в структуре выпуска [Федеральная целевая программа…, 1993, 1999]. Более того, в новом варианте Федеральной целевой программы предусмотрено дальнейшее увеличение доли экспорта в структуре товарной продукции черной металлургии с 48,8 (1998 г.) до 56% (2005 г.).

Такой подход нельзя абсолютизировать несмотря на необходимость поступления валюты в страну, что наглядно подтвердилось отрицательным знаком в полученной модели. Экспортная ориентация металлургии приводит к диспропорциям в структуре производства и потребления металла[1]. Под влиянием спроса на западных рынках и трансформации отечественного внутреннего спроса снижение объемов выпуска сопровождалось ухудшением качества и упрощением сортамента металла, в структуре выпуска значительно возросла доля первичных переделов при резком снижении удельного веса конечных производств.

В структуре выпуска проката сокращается удельный вес сортовой конструкционной стали, уменьшается выпуск проката из специальных сталей (подшипниковой, нержавеющей, быстрорежущей и т.д.), но растет производство катанки и арматурной стали. В результате усиливается сырьевая направленность российской металлургии. Экспорт сырьевых ресурсов и узкого спектра металлопродукции (при наличии собственных мощностей по их переработке) подрывает основу отечественной металлургии и отрывает динамику объемов производства отрасли от динамики экономики страны. Вне металлургии использование данной металлопродукции (слитки, заготовки) практически невозможно. Утрата мощностей конечных производств (вне зависимости от масштабов первичных переделов) приводит к необходимости импорта для удовлетворения потребности внутреннего спроса.

Основные потребители российского металла – страны Юго-Восточной Азии и Китай. Страны с действительно высокими стандартами на металлопродукцию в основном импортируют из России металлопродукцию базовых переделов. Фактор качества в рамках данных экспортных поставок не имеет большого значения. В то же время отечественные потребители металла за последние годы существенно повысили требования к уровню качества. Это стало одной из причин расширения ввоза металла в Россию (в том числе из Италии, Германии, Японии и др.) после достижения внутренними ценами мирового уровня (1995 г.) [Буданов, 2000; Буданов, Кузнецов, 1997; Лясковская, Сиваков, 2001]. Другое следствие – углубление технологической неоднородности российской металлургии. В 1990-х годах в российской металлургии модернизировались промежуточные стадии технологического цикла, осуществлялись затраты на сертификацию продукции по западным стандартам.

Таким образом, экспорт черных металлов становится фактором не столько развития металлургии, сколько ее сдерживания и негативно влияет на динамику валового внутреннего продукта в связи со структурной несба-

[1] Специфика климатических условий предполагает значительные потребности в хладостойких сталях. Потребности в поддержании разветвленной трубопроводной сети определяют спрос на продукцию трубной промышленности, огромная территория предполагает затраты металла для отраслей транспорта.

лансированностью предложения и внутреннего спроса на металлопродукцию. Происходит то, что можно назвать анклавизацией экономики [Яременко, 1999]. При неудовлетворенном спросе внутри страны предприятия отрасли переключились на внешний рынок – перестроили не только ассортимент, но и технологию. Постепенно предприятия все больше изолируются от национальной экономической и технологической среды и становятся анклавом мирового хозяйства на российской территории. Массовый разрыв внутренних связей на уровне предприятий, появление разнокалиберных анклавов и дезинтеграция экономики на уровне отраслей создают эффект «распадающейся экономики».

Анализ результатов моделирования. Дальнейший анализ результатов полученных межотраслевых зависимостей строился на основе возможных вариантов развития экономики и отдельных отраслей в случае роста добычи нефти, газа, производства чугуна, стали, никеля и алюминия на 5%.

Ситуация моделировалась по следующим вариантам:

I. «Фронтальное» увеличение добычи нефти и газа, а также производства черных и цветных металлов на 5%.

II. Расчет валового внутреннего продукта ведется при 5%-м увеличении производства чугуна; расчет индекса промышленного производства ведется при 5%-м увеличении производства никеля.

III. Расчет валового внутреннего продукта ведется при 5%-м увеличении производства стали; расчет индекса промышленного производства ведется при 5%-м увеличении добычи газа.

IV. Расчет валового внутреннего продукта ведется при 5%-м увеличении производства никеля; расчет индекса промышленного производства ведется при 5%-м увеличении добычи нефти.

V. Расчет валового внутреннего продукта ведется при 5%-м увеличении добычи газа; расчет индекса промышленного производства ведется при 5%-м увеличении добычи нефти и газа.

VI. Расчет валового внутреннего продукта ведется при 5%-м увеличении производства черных металлов: чугуна и стали.

Результаты расчетов представлены в табл. 6.8 и 6.9.

Исходные уравнения были также использованы для оценки натурально-стоимостных изменений валового продукта и промышленного производства. Результаты расчетов представлены в табл. 6.10.

Указанные варианты развития экономики не являются завышенными по показателю роста. Так, по данным «Основных направлений единой государственной денежно-кредитной политики на 2001 год», представленным на рис. 6.6, предположения о 5%-м росте добычи минерального сырья и производства черных и цветных металлов представляется возможным вариантом развития событий.

Таблица 6.8

Влияние базовых изменений производства минеральных продуктов на совокупный объем промышленного производства, %

Показатель	Варианты изменения показателей модели				
	I	II	III	IV	V
Добыча нефти	5,0	–	–	5,0	5,0
Добыча газа	5,0	–	5,0	–	5,0
Добыча никеля	5,0	5,0	–	–	–
Электроэнергетика	5,13	–	5,13	–	5,13
Цветная металлургия	2,95	2,95	–	–	–
Топливная промышленность	8,06	–	3,94	4,13	8,06
Промышленное производство	**11,47**	**0,94**	**8,14**	**2,39**	**10,53**

Таблица 6.9

Влияние базовых изменений производства минеральных продуктов на валовой внутренний продукт, %

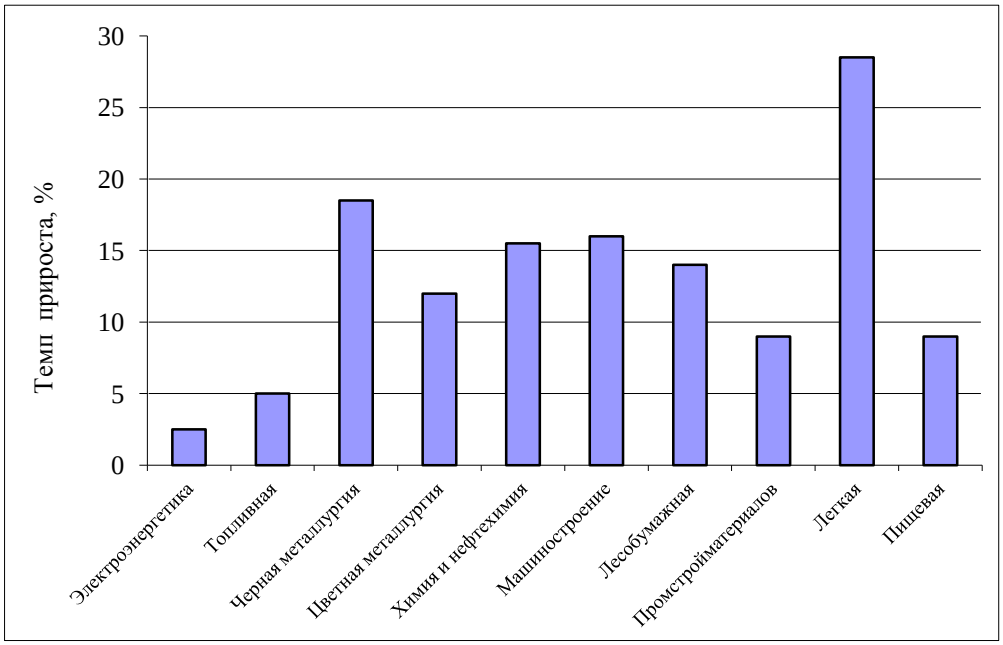
Показатель	Варианты изменения показателей модели					
	I	II	III	IV	V	VI
Добыча газа	5,0				5,0	
Добыча никеля	5,0			5,0		
Производство стали	5,0		5,0			5,0
Производство чугуна	5,0	5,0				5,0
Производство алюминия	5,0					
Электроэнергетика	5,2	–	–	–	5,2	–
Цветная металлургия	3,1	–	–	3,1	–	–
Черная металлургия	5,2	–4,4	9,6	–	–	5,2
Газовая промышленность	5,0	–	–	–	5,0	–
ВВП: производство товаров	**10,8**	**4,7**	**–10,3**	**3,7**	**12,6**	**–5,60**
ВВП: чистые налоги	**19,5**					
Валовой внутренний продукт	**5,9**	**1,9**	**–4,2**	**1,5**	**5,1**	**–2,2**

Таблица 6.10

Влияние базовых изменений производства минеральных продуктов на валовой внутренний продукт*.

Показатель	Варианты изменения абсолютных значений показателей					
	I	II	III	IV	V	VI
Добыча газа, млрд куб. м	30				30	
Производство стали, млн т	2		2			2
Производство чугуна, млн т	2	2				2
Электроэнергетика, млрд кВт/ч	42				42	
Электроэнергетика, млн руб.	13459				13459	
Цветная металлургия, млн руб.	2490			2490		
Черная металлургия, млн руб.	5656	–4796	10451			5656
Газовая промышленность, млн руб.	1788				1788	
ВВП: производство товаров, млн руб.	**118336**	**52193**	**–113747**	**41017**	**138874**	**–61555**
ВВП: чистые налоги, млн руб.	**43226**					
Валовой внутренний продукт, млн руб.	**161563**	**52193**	**–113747**	**41017**	**138874**	**-61555**
Мультипликатор	**6,91**	**–10,88**	**-10,88**	**16,47**	**9,11**	**–10,88**

* В ценах 1998 г.



Источник: [Основные направления …, 2001].

Рис. 6.6. Темпы прироста производства в отраслях промышленности (январь-сентябрь 2000 г., % к соответствующему периоду 1999 г.)

Подводя итоги моделирования, можно заключить, что в случае роста добычи нефти, газа, производства чугуна, стали, никеля и алюминия на 5% валовой внутренний продукт возрастет на 5,9%, а промышленное производство в целом – на 11,5%. В стоимостных показателях суммарный рост производства продукции электроэнергетики, черной и цветной металлургии и газодобывающей промышленности на 23 393 млн руб. в ценах 1998 г. приводит к росту валового внутреннего продукта на 161 563 млн руб.

Мультипликатор увеличения производства в сырьевых отраслях составил 6,91, т.е. при увеличении промышленного производства на 1 руб. валовой продукт с учетом межотраслевого влияния возрастет на 6,91 руб. Максимальное влияние на валовой внутренний продукт оказывает цветная металлургия: увеличение продукции цветной металлургии на 1 рубль приводит к росту валового внутреннего продукта на 16,47 руб., в газодобывающей промышленности – на 9,11 руб. Мультипликатор на чистые налоги составил от промышленного производства 1,84.

Особо следует выделить результат, полученный по моделированию влияния промышленного производства черной металлургии на динамику валового внутреннего продукта. Увеличение производства продукции черной металлургии на 1 руб. может привести к сокращению валового продукта на 10,88 руб.

Подробная характеристика ошибки модели оценки мультипликативного эффекта показала, что оценка величины ошибки ВВП в целом определяется величиной ошибки моделирования компоненты ВВП: производство товаров (табл. 6.11). Оцененная величина ошибки (среднеквадратичного отклонения) ВВП в единицах национальной валюты составила 91653,13 млн руб., а мультипликативный эффект – 161563 млн руб. В результате можно заключить, что мультипликативный эффект минерально-сырьевого комплекса на экономику России носит не случайный характер.

Таблица 6.11

Оценка ошибок моделирования и мультипликативного эффекта

Моделируемый компонент результирующего показателя (ВВП)	Доля компонента в формировании ВВП, %	Среднеквадратичное отклонение по модели, % ВВП	Результирующая величина ошибки (взвешенная дисперсия), % ВВП
ВВП: производство товаров	39,36	5,261	10,8941
ВВП: чистые налоги	7,98	9,306	6,9108

6.4. РОЛЬ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО СЕКТОРА НА РЫНКЕ ТРУДА КАНАДЫ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ЗАНЯТОСТЬ В СОПРЯЖЕННЫХ ОТРАСЛЯХ

Модель и ее информационная база. Информационной базой исследования послужили показатели занятости в минерально-сырьевом секторе Канады, опубликованные в Canadian Mineral Yearbook за 1996 г. и 1998 г. [Statistical…, 1994, 1998]. В указанном ежегодном отчете представлена статистика занятости в минерально-сырьевом секторе Канады с разбиением показателей по стадиям минерального производства – I, II, III и IV[1]. Использовались данные по численности занятых (количество человек), в том числе с разбиением на добычу металлов, неметаллов, строительных материалов, угля, нефти и газа. Кроме того, анализировалась информация по численности занятых в секторе услуг, связанном с горнодобывающей промышленностью, количество занятых в производствах по переработке, обогащению сырья и производстве конечной продукции. Также использовались данные по числу занятых в экономике в целом. Все показатели приведены за период с 1980 по 1996 год.

В качестве экзогенных переменных в модели предполагалось использовать показатели: число занятых в добыче металлов, неметаллов, строительных материалов, угля, нефти и газа. Указанные показатели в сумме составляют численность работающих в производствах стадии I.

Первоначальные данные представлены в одинаковых единицах измерения – число занятых в отрасли или секторе. В связи с этим преобразования показателей не производились. Анализ взаимных корреляций показателей выявил возможность использования обобщенных данных в качестве эндогенных переменных. Корреляционные матрицы экзогенных переменных приведены в табл. 6.12.

При исследовании взаимосвязи переменных было выявлено два фактически не связанных друг с другом блоков минерального сектора: добыча металлов и минералов и добыча топлива. Таким образом, в модели в качестве экзогенных переменных использовались показатели занятости в добыче минеральных полезных ископаемых и занятости в добыче топлива.

Основной гипотезой данной модели является существование межотраслевой взаимосвязи уровня занятости в добывающих секторах горнодобывающей промышленности и наличие мультиплицирующего эффекта изменения занятости в минерально-сырьевом секторе на совокупную занятость в экономике в целом. Общая схема модели представлена на рис. 6.7.

---

[1] Стадия I: производство минерального сырья (разведка, добыча и обогащение); стадия II: производство металлов (выплавка и очистка); стадия III производство полуфабрикатов из нерудных минералов и металлов; стадия IV: производство металлических изделий.

Таблица 6.12

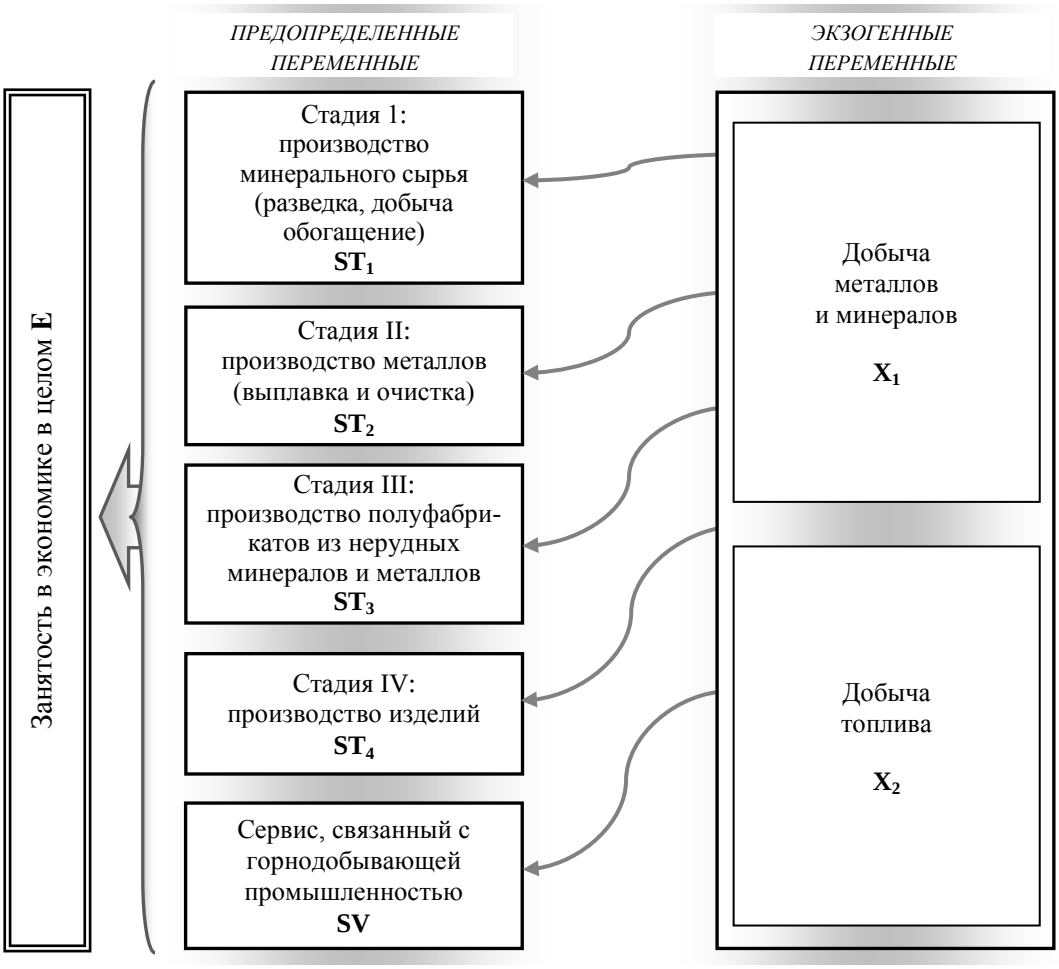
Корреляционная матрица экзогенных переменных модели*

Переменная	Металлы	Неметаллы	Строительные материалы	Минеральные ископаемые	Уголь	Нефть и газ	Топливо
Металлы	1,000 0,0	0,940 0,000	–0,398 0,114	0,997 0,000	0,791 0,000	0,239 0,356	0,408 0,104
Неметаллы	0,940 0,000	1,000 0,0	–0,450 0,070	0,950 0,000	0,629 0,007	0,121 0,645	0,269 0,297
Строительные материалы	–0,398 0,114	–0,450 0,070	1,000 0,0	–0,350 0,168	–0,432 0,084	–0,056 0,832	–0,162 0,534
Минеральные полезные ископаемые	0,997 0,000	0,950 0,000	–0,350 0,168	1,000 0,0	0,763 0,000	0,225 0,385	0,389 0,123
Уголь	0,791 0,000	0,629 0,007	–0,432 0,084	0,763 0,000	1,000 0,0	0,636 0,006	0,784 0,000
Нефть и газ	0,239 0,356	0,121 0,645	–0,056 0,832	0,225 0,385	0,636 0,006	1,000 0,0	0,978 0,000
Топливо	0,408 0,104	0,269 0,297	–0,162 0,534	0,389 0,123	0,784 0,000	0,978 0,000	1,000 0,0

* Верхнее число – коэффициент корреляции, нижнее – уровень значимости коэффициента корреляции.

В соответствии с первоначальными предположениями о характере модели осуществлено построение эконометрических (регрессионных) зависимостей. В качестве экзогенных переменных во всех уравнениях выступали переменные X_1 и X_2 (занятость в добыче металлов и минералов и в добыче топлива соответственно). Анализ полученных взаимосвязей показал, что по мере увеличение глубины передела полезных ископаемых связи численности занятых в производствах высших переделов продукции (показатели ST_3 и ST_4) с численностью занятых в добыче полезных ископаемых становятся статистически незначимы либо незначительны по масштабам влияния.

В результате окончательная модель приобрела рекурсивный характер. Численность занятых в производствах стадий I–III, а также в секторе услуг, связанных с горнодобывающей промышленностью, были выражены через количества работающих в добыче металлов и минералов и топлива. Численность занятых в производствах IV стадии (ST_4) – через численность работающих в стадиях I–III (ST_1, ST_2 и ST_3), а общая занятость в экономике страны (E) – через численность работающих в производствах I–IV стадий.



* На рисунке представлены также обозначения показателей, принятые в модели (выделены латинскими буквами).

Рис. 6.7. Моделирование системы межотраслевых взаимосвязей занятости в экономике Канады. Минеральная промышленность

Таким образом, конечная система регрессионных уравнений в общем виде может быть представлена следующим образом,

$$ST_1 = X_1 + X_2;$$

$$ST_j = \sum a_{ij} \cdot X_{ij} + b_j \text{, где } j = 2, 3;$$

$$ST_4 = \sum_{1}^{3} p_j ST_j + q; \qquad (6.20)$$

$$SV = \sum c_i \cdot X_i + d;$$

$$E = \sum_{1}^{4} v_k \cdot ST_k + w \cdot SV + e,$$

где X_1 – численность занятых в секторе добычи металлов и минералов; X_2 – численность занятых в добыче топлива (нефти газа и угля); ST_1 – численность занятых в производстве минерального сырья (разведка, добыча, обогащение); ST_2 – численность занятых в производстве первичных металлов (выплавка и очистка); ST_3 – производство полуфабрикатов из нерудных металлов и минералов; ST_4 – численность занятых в производстве изделий; SV – численность занятых в секторе услуг, связанном с горнопромышленным производством; E – общая численность занятых в экономике.

Результаты моделирования представлены в табл. 6.13. В полученной рекурсивной эконометрической модели совокупная занятость в экономике объясняется численностью работающих в секторах добычи металлов и минералов, нефти и газа.

Таблица 6.13

Реализованные регрессионные модели зависимости численности занятых в секторах горнодобывающей промышленности от численности работающих в добыче металлов и минералов, а также топлива

Предопределенные переменные	Экзогенные переменные					
	Constant	добыча металлов и минералов	добыча топлива	время	R	F
Разведка, добыча, обогащение	–	–	–	–	–	–
Выплавка и очистка	1689,432	73688,23	13170,95		0,989	633,862
Производство полуфабрикатов	64541,163	29424,56			0,508	15,442
Услуги, связанные с добычей	–64239,9		92422,96	3377,446	0,636	12,207
Предопределенные переменные	Предопределенные переменные					
	Constant	разведка, добыча и обогащение	производство полуфабрикатов	время	R	F
Производство изделий	–167272	132367,4	127981,3	16803,03	0,858	26,102
Эндогенные переменные	Предопределенные переменные					
	Constant	разведка, добыча и обогащение	производство полуфабрикатов		R	F
Совокупная занятость в экономике	15954,249	–9117,92	3890.841		0,960	84,153

Таким образом, совокупная занятость в экономике через рекурсивную зависимость определена как зависящая от количества работающих в добывающих секторах Канады.

Анализ результатов моделирования. По результатам моделирования произведен расчет и проанализировано влияние изменения численности занятых в добыче полезных ископаемых на занятость в перерабатывающих отраслях и экономике Канады в целом. Обобщенные результаты представлены в табл. 6.14. Анализ полученных данных проводился на основе сценариев возможной занятости в минерально-сырьевом секторе. Моделирование производилось по трем следующим сценариям:

I – в следующем за базовым годом (в данном случае за базовый был взят 1987 г.[1]) увеличивается занятость в секторах добычи металлов и минералов и добычи топлива на 1000 человек в каждом;

II – увеличение занятости в секторе добычи металлов и минералов при неизменности показателей занятости в секторе добыче топлива;

III – увеличение занятости в секторе добычи топлива при неизменной численности работающих в добыче металлов и минералов.

Таблица 6.14

Влияние изменения занятости в секторах, добывающих минеральное сырье, на занятость в других секторах и экономике в целом

Показатель	Изменения показателей занятости по сценариям					
	относительный, %			абсолютные, чел.		
	I	II	III	I	II	III
Добыча металлов и минералов	1,6	1,6		1000	1000	
Добыча топлива	2,3		2,3	1000		1000
Разведка, добыча, обогащение	1,9	0,9	0,9	2000	1000	1000
Выплавка и очистка	1,6	1,3	0,3	1453	1162	291
Производство полуфабрикатов	0,5	0,5	0,0	464	464	0
Производство изделий	11,4	10,2	9,6	11469	10251	9620
Услуги, связанные с добычей	13,4	6,1	13,4	3731	1689	3731
Занятость в экономике в целом	**2,3**	**2,7**	**2,5**	**238 000***	**279 000**	**257 000**

[1] Анализ структурных изменений показателей численности работающих в производствах стадий I–IV показал практическое их отсутствие: коэффициенты ранговой корреляции показателей 1987 г. и 1996 г. составил 0,97. Таким образом, для анализа достаточно рассмотреть только один временной срез.

Следует отметить противоположные тенденции занятости в добывающих секторах минеральной промышленности и занятости в экономике в целом. Данный факт, вероятно, объясняется ростом производительности труда в добыче полезных ископаемых и структурными изменениями рабочей силы, связанными с ростом занятости в секторах услуг. Кроме того, следует отметить, что занятость в секторе услуг, связанных с добычей минерального сырья, определяется занятостью в нефтегазодобыче, а не в секторе добычи металлов и минералов, как отмечают многие эксперты.

Из табл. 6.14 видно, что первоначальные предположения о росте мультиплицирующего эффекта по мере увеличения глубины передела полезных ископаемых подтвердились. Сами по себе сырьевые отрасли, особенно топливно-энергетические, характеризуются низкой трудоемкостью. Кроме того, стоимость рабочего места в энергосырьевых отраслях на порядок выше, чем в обрабатывающей промышленности. Однако прирост занятости в отраслях добычи на 10 человек порождает прирост занятости в перерабатывающих отраслях на 57 человек, а в секторе услуг, связанных с горнопромышленным производством – на 18 человек.

В целом по экономике первоначальный импульс в приросте занятых в добыче минерального сырья на 1 тыс. человек порождает рост общей занятости во всех секторах на 119 тыс. человек.

ЛИТЕРАТУРА

Баев Г.Х. Межотраслевой баланс и развитие минерально-сырьевой базы». – М.: АОЗТ «Геоинформмарк», 1996. – 121 с.

Буданов И.А. Влияние специфики российской экономики на развитие металлургии // Экономист. – 2000. – № 12. – С. 78–90.

Буданов И., Кузнецов Б. Необходима ориентация отрасли на внутренние потребности страны // Экономист. – 1997. –№ 5. – С. 12–21.

Клоцвог Н.Ф., Кушникова И.А. Макроэкономическая оценка ресурсного потенциала российских регионов // Экономист. – 1999. – № 2. – С. 116–126.

Лясковская Л., Сиваков Д. Эхо индустриализации // Эксперт. – 2001. – № 13. – С. 27–29.

Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 2001 г. Вестник Банка России от 5.01.2001. – № 1(501).

Российский статистический ежегодник, 1999. – М.: Росстат, 2000.

Российский статистический ежегодник, 2000. – М.: Росстат, 2001.

Федеральная целевая программа «Программа технического перевооружения и развития металлургии России на 1993–2000 гг.». – М., 1993.

Федеральная целевая программа «Стратегия развития металлургической промышленности до 2005 года». – М., 1999.

Яременко Ю.В. Моделирование межотраслевых взаимодействий. – М.: Наука, 1984. – 277 с.

Яременко Ю.В. Приоритеты структурной политики и опыт реформ. – М.: Наука, 1999. – 414 с.

Яременко Ю.В. Прогнозы развития народного хозяйства и варианты экономической политики. – М.: Наука, 1997. – 479 с.

Яременко Ю.В. Теория и методология исследования многоуровневой экономик. – М.: Наука, 1997. – 400 с.

Statistical Abstract of the United States: The National Data Book // U.S. Census Bureau (119th edition), Washington, DC, 1999.

Statistical Report // Canadian Minerals Yearbook, 1994–1998.

Глава 7
ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

7.1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В мире накоплен огромный методологический и методический опыт оценки эффективности крупномасштабных инвестиционных проектов (далее – КИП). Обобщению и сопоставительному анализу современной практики оценки *транспортных* КИП, отраженной в официальных методиках стран ЕС, Северной Америки, Японии, Австралии, Новой Зеландии, ЮАР и ряда международных организаций, посвящены обширные обзоры [Economic…, 2004; Developing… Deliverable 1… (эл. ист. инф.); Improved… Deliverable 1… (эл. ист. инф.)]. Разработаны также предложения по развитию методических подходов и европейских стандартов оценки эффективности КИП, применяемых в странах ЕС, основанные на результатах анализа существующих практик [Improved… Deliverablt 3.2… (эл. ист. инф.); Developing… Deliverable 5… (эл. ист. инф.)].

Принципиально важным является то, что предметом оценки выступают транспортные объекты, создаваемые за счет государственных инвестиций (что не исключает того или иного участия частного капитала) и в интересах всего общества. И поэтому как результаты, так и затраты оцениваются с *общественных*, а не рыночных позиций[1].

Можно выделить три подхода к оценке эффективности КИП, сложившиеся к настоящему времени: микроэкономический, многокритериальный, макроэкономический.

Такая несколько неуклюжая классификация (по разным основаниям), принятая в зарубежных источниках, базируется на прагматических соображениях. Дело в том, что многокритериальный подход может как синтезировать микро- и макроэкономический подходы, так и оперировать показателями только микро- или макроуровня, а также охватывать внеэкономические аспекты.

Как было отмечено выше, мировой опыт оценки эффективности КИП (не исключая, заметим, и советский) огромен, поэтому мы лишены возможности с достаточной полнотой изложить его здесь. В данном разделе указанные подходы рассматриваются в общих чертах, «крупными мазками». В частности, мы не касаемся особенностей оценки эффективности на разных этапах реализации КИП.

---

[1] Что касается инвестиционных проектов, в том числе крупномасштабных, реализуемых за счет частных инвестиций и в интересах тех или иных коммерческих структур, оценка их эффективности составляет проблематику финансового анализа.

Микроэкономический подход. Данный подход более известен как cost-benefit analysis – анализ затрат и результатов[1]. Этот подход наиболее распространен на практике, тогда как макроэкономический и многокритериальный подходы рассматриваются скорее как вспомогательные, дополняющие его (так, предложения по стандартизации методов оценки КИП [Developing… Deliverable 5 (эл. ист. инф.)] эти подходы вообще не затрагивают). Считается, что начало практическому применению принципов анализа затрат и результатов было положено в начале XX века. Военно-строительными войсками США – US Army Corps of Engineers (которые, как и военно-строительные части Советской Армии, широко занимались и сооружением гражданских объектов, в частности гидротехнических сооружений), а первое законодательное требование к обоснованию общественных проектов на основе этих принципов было установлено в 1939 г. в законе США о борьбе с наводнениями (Flood Control Act of 1939) [Gramlich, 1981, с. 7; Guess, Farnham, 2000, с. 304].

Теоретически анализ затрат и результатов был обоснован и развит в рамках экономической теории благосостояния. Согласно ей, проект должен быть признан эффективным, если он удовлетворяет критерию Парето: улучшает положение части общества без ухудшения положения хотя бы одного из членов общества. Однако на практике он неприменим из-за невозможности межличностных сопоставлений благосостояния (полезностей), поэтому взамен был разработан критерий Калдора–Хикса («потенциальный критерий Парето»). Он состоит в том, что выигрыш от реализации проекта должен превышать проигрыш, при этом предполагается, что выигравшая часть общества *потенциально* может компенсировать потери тем, чье благосостояние снизилось. Этот критерий и лежит в основе современного анализа затрат и результатов[2].

Затраты и результаты представляются в денежном выражении; первые представляют собой увеличение благосостояния общества, вторые – уменьшение. Результаты оцениваются совокупной по всему обществу готовностью платить (willingness to pay) за блага, которые дает проект. Готовность пла-

---

[1] Различные англо-русские словари дают разный перевод термина «cost-benefit analysis»: анализ «затраты–выгода», анализ выгодности затрат, анализ затрат и эффективности, анализ затрат и доходов, анализ издержек и выгод, анализ затрат и результатов. Мы будем придерживаться последнего из перечисленных вариантов, который представляется нам наиболее удачным.

[2] Однако последнее слово еще не сказано. Критерий Калдора–Хикса разделяет эффективность и справедливость, при этом вопросы последней (превращение потенциальной компенсации в реальную за счет политики распределения) считаются прерогативой политиков, а не экономистов. Ряд авторов возражает против этого, основываясь на том, что тогда из рассмотрения исключается ряд благ (или «антиблаг»), и предлагает учитывать при оценке проектов моральные соображения. Это направление получило название «новый анализ затрат и результатов», а модифицированный критерий – «моральный критерий Калдора–Хикса» [Zerbe, 2004, 2007]. Предлагается также включить элементы «нового анализа затрат и результатов» в стандартизованную общеевропейскую методологию оценки эффективности транспортных КИП [Developing… Deliverable 5, с. 31–34 (эл. ист. инф.)].

тить – это максимальная сумма, с которой член общества согласен расстаться для приобретения единицы соответствующего товара или услуги. Затраты же оцениваются совокупной по всему обществу готовностью принять компенсацию (willingness to accept) за единицу блага, отвлекаемого на реализацию проекта (или связанного с его реализацией ущерба). Она представляет собой минимальную сумму, которую член общества согласился бы принять в обмен на отказ от данных благ[1]. Однако, согласно общепринятому мнению, количественное различие между готовностью платить и готовностью принять компенсацию невелико, поэтому обычно первая используется для оценки и затрат, и результатов.

Все множество индивидуальных готовностей платить дает функцию спроса на рассматриваемое благо; при этом совокупная сумма, «сэкономленная» членами общества, чья готовность платить превышает фактическую цену блага P_0, образует выигрыш потребителей. Реализация КИП должна приводить к снижению цены блага до P_1 и росту его потребления с Q_0 до Q_1. Исходя из этого денежной оценкой результатов проекта будет являться увеличение выигрыша потребителей. Именно такой подход и был предложен еще в позапрошлом веке Ж. Дюпюи (и формализован А. Маршаллом). Но, строго говоря, выигрыш потребителей не является измерителем благосостояния общества, поскольку по мере снижения цены растет реальный доход потребителей (это означает, что меняется сама единица измерения). Для корректной оценки благосостояния необходимо использовать вместо маршалловской кривой спроса скомпенсированную кривую спроса (хиксовский спрос). Однако в работе Р. Виллига [Willig, 1976] было показано, что неточность оценки общественного благосостояния, вызванная заменой хиксовского спроса маршалловским, невелика (и на практике окажется в пределах точности оценки кривой спроса). Это в определенной степени реабилитирует подход Дюпюи–Маршалла и его повсеместное применение в практике анализа затрат и результатов.

Анализ затрат и результатов базируется на схеме частного равновесия, которая имеет дело с «прямыми» эффектами КИП, отражающимися на пользователях системы, созданной в результате реализации КИП, на ее операторах и правительстве. Это подразумевает, что все сектора, использующие данную систему, находятся в состоянии совершенно-конкурентного равновесия при отсутствии заметной экономии от масштаба. Такая предпосылка позволяет локализовать проект и сосредоточить социально-экономический анализ на рассматриваемом секторе (в нашем случае – транспортном) [Mackie и др., 2003][2]. Вместе с тем некоторые внешние по отношению к нему эффекты (к примеру экологические) также принимаются во внимание.

---

[1] Здесь есть, однако, тонкость: в некоторых случаях готовность принять компенсацию может быть составной частью оценки результатов, а готовность платить – составной частью оценки затрат [Zerbe, 2007].

[2] В работе [Zerbe, 2007] и некоторых других работах рассматривается анализ затрат и результатов в схеме общего равновесия, однако на практике такой путь из-за его сложности

Рассмотрение с точки зрения интересов общества требует оценки общественной ценности вовлекаемых в КИП ресурсов, каковой являются альтернативные стоимости ресурсов. В идеальном случае рыночные цены являются хорошей их оценкой. Однако в действительности в рыночных ценах присутствуют существенные искажения, которые должны быть устранены при оценке проекта (довольно подробные практические рекомендации по этому поводу содержатся в справочнике Всемирного банка [Handbook…, 1998]).

Следует заметить, что такой подход основывается на неявном и (насколько нам известно) никогда не оговариваемом допущении, что экономика функционирует оптимально, т.е. находится на границе области производственных возможностей. Содержательно это означает, что в экономике отсутствуют неиспользуемые производственные мощности и трудовые ресурсы, и их вовлечение в проект требует отвлечения от потенциального использования в других сферах. Такая посылка далеко не всегда соответствует действительности, тем более в современной России. А если она не выполняется, то вопрос о затратах проекта теряет ясность: создание новых рабочих мест и загрузку свободных мощностей, обусловленные реализацией проекта, следует отнести скорее к выгодам проекта, чем к затратам.

Общая схема расчета эффективности КИП может быть представлена в следующем виде [Developing… Deliverable 5 (эл. ист. инф.)]:

$$\Delta W = \Delta CS + \Delta PS + \Delta GR - \Delta EE - \Delta IC, \qquad (7.1)$$

где ΔW – общий эффект проекта (изменение благосостояния общества), ΔCS – прирост выигрыша потребителей создаваемой транспортной системы, ΔPS – сальдо изменения эксплуатационных затрат и выручки оператора транспортной системы (прирост выигрыша производителя транспортных услуг), ΔGR – изменение поступлений в государственный бюджет, ΔEE – внешние эффекты (влияние на окружающую среду, потери от аварий и т.п.), ΔIC – инвестиции (в том числе направляемые на смягчение отрицательных воздействий проекта).

В зарубежной практике оценки железнодорожных (и вообще транспортных) КИП наиболее часто выигрыш потребителей квантифицируется в терминах денежной оценки экономии времени на доставку груза (поездку) от начального до конечного пункта. Этот метод иллюстрирует график на рис. 7.1, где увеличение выигрыша потребителей ΔCS – площадь заштрихованной фигуры.

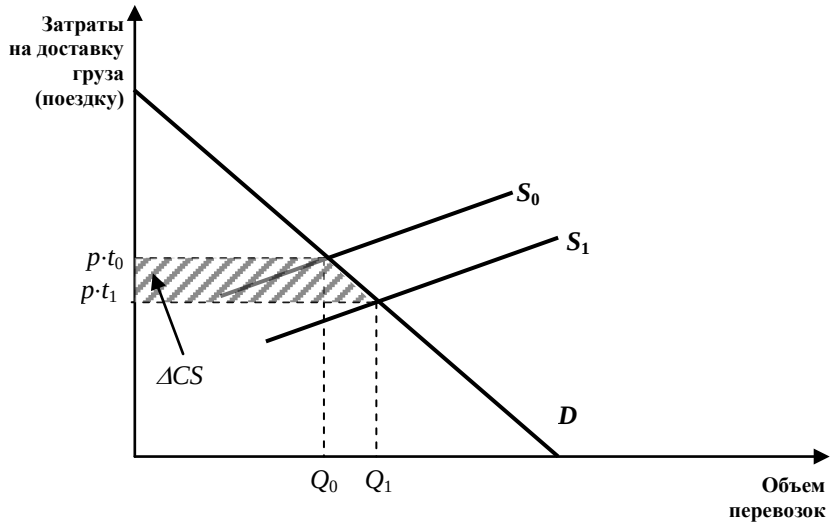
Затраты на доставку тонны груза (или затраты пассажира на одну поездку) от начального до конечного пункта составляют $p \cdot t$, где t – длительность доставки (поездки), p – ценность экономии единицы времени.

и большого объема необходимой информации вряд ли реализуем. Хотя авторы этих работ и приводят конкретные примеры, они имеют чисто иллюстративный характер.

Объем перевозок измеряется количеством перевезенных тонн груза (числом пассажиров). В результате реализации КИП время доставки груза (поездки) снижается с t_0 до t_1, что сопровождается ростом объема перевозок с Q_0 до Q_1. Результаты КИП – увеличение выигрыша потребителей – оценивают по формуле

$$\Delta CS = (Q_0 + Q_1)(t_1 - t_0)p/2.$$

Как легко видеть, в этой формуле предполагается линейность функции спроса (как и показано на рис. 7.1). Такое повсеместно принимаемое упрощающее предположение избавляет от необходимости эмпирически оценивать функцию спроса (что представляет собой весьма непростую задачу) – оказывается достаточным оценить уменьшение времени доставки и спрогнозировать рост объема перевозок. Но при этом снижается точность оценки величины ΔCS.



Обозначения: D – линия спроса на перевозки, S_0 – линия предложения до реализации КИП, S_1 – линия предложения после реализации КИП.

Рис. 7.1. Изменение выигрыша потребителей от реализации железнодорожного КИП

Оценка изменения выигрыша потребителей производится для трех направлений использования транспортных услуг: деловые пассажирские перевозки (когда пассажир совершает поездку в интересах работодателя), прочие пассажирские перевозки, перевозка грузов, каждому их которых соответствует свое значение p. Методы оценки величины p сложны и довольно разнообразны, им посвящена обширная литература, обзор которой вывел бы нас за рамки настоящего раздела. В идеале такая оценка должна

производиться для каждого КИП, однако на практике часто используют «нормативные» значения – величины *p*, оцененные для данной страны и зафиксированные в национальных методиках оценки транспортных КИП. В табл. 7.1 дана сводка результатов мета-анализа различных исследований по оценке *p* для разных стран ЕС. Авторы этой работы рекомендуют использовать их в случае отсутствия национального «норматива» и невозможности квантифицировать ценность экономии единицы времени для условий конкретного проекта.

Таблица 7.1

Ценность экономии единицы времени

Вид перевозок	Единица измерения	Среднее значение по 25 странам ЕС	Минимум (Литва)	Максимум (Люксембург)
Деловые поездки	Евро/час на 1 пассажира	23,82	11,58	38,02
Иные поездки (в зависимости от длины маршрута)	Евро/час на 1 пассажира	8,48–10,89	4,43–5,69	11,91–15,30
Грузовые перевозки	Евро/час на 1 т груза	1,22	0,72	1,70

Источник: [Developing… Deliverable 5, с. 73–75 (эл. ист. инф.)].

В России такой путь в настоящее время вряд ли возможен. Нам неизвестно ни одного отечественного исследования, посвященного квантификации ценности экономии времени за счет реализации транспортных проектов[1] (но нужно отметить, что и в ЕС данный путь используется не во всех странах – так, «норматив» *p* отсутствует в Польше). Кроме того, по самой своей сути оценка результатов проекта по экономии времени доставки применима только в условиях достаточно плотной транспортной сети, когда транспортный проект представляет собой альтернативу уже существующим способам доставки. В случае же, когда рассматривается транспортный КИП в районе нового хозяйственного освоения (что совершенно не характерно для ЕС и большинства других стран, но вполне обыденно для России), для него просто не будет базы для сравнения.

Мы не будем рассматривать подходы к оценке остальных составляющих расчетной схемы (7.1), сделаем только несколько замечаний. Знаки составляющих в ней (которые в конкретных случаях могут отличаться от указанных) отнюдь не определяют их отнесения к затратам или результатам. А их различение особенно важно, когда в качестве оценочного показателя используется отношение результатов к затратам (*BCR*). В одном из зарубежных источников [Bewertungsmethode…, 2005, с. 78] предлагаются следующие определения: затраты – потребление ресурсов оператором транспортной сис-

[1] Отметим также, что российской статистике и практике обоснования транспортных проектов незнакомо разделение пассажирских поездок на деловые и неделовые.

темы (при их сокращении относительно базы для сравнения они входят с отрицательным знаком), результаты – ресурсные выигрыши потребителей транспортных услуг и третьей стороны (отдельные составляющие также могут иметь отрицательный знак) и поступления государству или оператору. Таким образом, в число затрат включаются инвестиции и эксплуатационные затраты. Снижение эксплуатационных затрат, например после реконструкции существующей дороги, выступают как отрицательные затраты. Результаты охватывают экономию на времени доставки, безопасность, воздействие на окружающую среду, поступления государству или оператору.

Что касается цен, используемых при расчете различных показателей, то основой для их оценки служат рыночные цены, с которыми производится преобразование (конверсия) в факторные цены. На практике конверсия обычно заключается в «очистке» рыночных цен от косвенных налогов и дотаций. Однако в ряде европейских стран используются рыночные цены. Их отличие от факторных цен составляет от 7,7% (в Швейцарии) до 25% (в Венгрии) [Developing… Deliverable 1…, с. 20 (эл. ист. инф.)].

Хотя анализ затрат и результатов основан на стоимостных оценках, КИП может вызывать эффекты, не поддающиеся оценке в денежных терминах. Такие эффекты принимаются во внимание на основе дополнительного анализа, но, естественно, какие-либо универсальные рекомендации здесь отсутствуют.

Для характеристики эффективности КИП в стоимостном выражении используются показатели чистого дисконтированного дохода (*NPV*), отношение результатов к затратам (*BCR*), внутренней нормы доходности (*IRR*) и их модификации, при исчислении которых применяется техника дисконтирования. Эти показатели общеизвестны, поэтому ограничимся лишь двумя замечаниями, уточняющими их трактовку применительно к оценке эффективности КИП.

Необходимо отметить, что аналогичные показатели используются в финансовом анализе, т.е. при оценке коммерческой эффективности проектов частными фирмами (при разработке технико-экономических обоснований или, как сейчас модно говорить, бизнес-планов). Из-за этого в отечественной литературе некоторые авторы путают финансовый анализ с анализом затрат и результатов[1]. Однако при сходстве формы они принципиально отличны по содержанию. Анализ затрат и результатов имеет дело с оценками с точки зрения общества, и все составляющие показателя эф-

[1] Некоторую дезориентирующую роль тут играет и сложившаяся в отечественной литературе терминология: «чистый дисконтированный доход» является доходом только в финансовом анализе, а при анализе затрат и результатов эта величина характеризует некоторый выигрыш общества, не связанный с денежными потоками. Исходный же англоязычный термин (net present value) – неудачно переведенный – не отсылает напрямую к доходу и равно пригоден для обоих случаев из-за многозначности слова value: его можно перевести как «величина», «ценность», «стоимость» и т.п.

фективности – это далеко не рыночные параметры. В случае же финансового анализа результаты являются реальными финансовыми поступлениями фирмы, затраты – расходами в рыночных ценах, а норма дисконтирования – рыночной ставкой процента.

Кроме того, отметим, что как в отечественных методиках оценки эффективности КИП, так и при разработке технико-экономических обоснований конкретных проектов частными фирмами много внимания уделяется учету инфляции (рекомендации по учету инфляции содержат и некоторые зарубежные методики оценки КИП). Для этого необходимо спрогнозировать динамику роста цен различных составляющих затрат, что, в свою очередь, требует принятия ряда гипотез о характере динамики цен в разных сферах (а в случае финансового анализа – и динамику ставки процента). Такая совокупность гипотез оказывается крайне ненадежной, и немалые усилия, приложенные к прогнозу инфляции, оказываются потраченными зря. Выходом, на наш взгляд, является принятие единственной, ничуть не менее реалистичной, гипотезы, что темп роста цен всех составляющих, входящих в расчет показателя эффективности, будет одинаков. Тогда необходимость в прогнозировании инфляции вообще отпадает: все ценовые показатели берутся в постоянных ценах базового года, а в качестве ставки процента принимается не номинальная, а реальная.

Анализ затрат и результатов при оценке транспортных КИП за рубежом иногда все же сопровождается финансовым анализом, выполняющим при этом весьма ограниченную и сугубо вспомогательную роль: она состоит в том, чтобы проверить, обеспечивается ли безубыточность оператора создаваемой транспортной системы. Но в большинстве стран методики оценки транспортных КИП вопросы финансового анализа вообще не затрагивают. Дело, видимо, в том, что в этих странах имеется устоявшаяся тарифная система, и все оценки проводятся при неявном предположении о ее неизменности (хотя, справедливости ради, надо отметить, что в неоднократно упоминавшемся выше интернет-источнике [Developing… Deliverable 5 (эл. ист. инф.)] содержатся рекомендации, правда очень нечеткие и лаконичные, учитывать при оценке эффективности транспортных КИП предположения о тарифной политике). В России же положение совершенно иное: транспортная тарифная система до сих пор находится в стадии становления, т.е. отсутствует согласие не только относительно тарифной политики, но даже ее принципов. А оценка объемов перевозок, необходимая для оценки эффективности предполагаемого транспортного КИП, *критически* зависит от того, какими будут тарифы на перевозку.

Здесь мы приходим к принципиально важной проблеме ценообразования на железнодорожные перевозки. Она возникает при любом (микро- или макроэкономическом) подходе к оценке эффективности транспортных КИП, мы рассматриваем ее при обсуждении микроэкономического подхода только из соображений удобства, поскольку здесь она впервые затронута.

Проблема состоит в том, что железнодорожные перевозки относят к отрасли с возрастающим эффектом масштаба. Это означает, что с ростом объема перевозок средние издержки (затраты на перевозку единицы груза или одного пассажира) уменьшаются. Следует сказать, что мнение о железнодорожном транспорте как отрасли с возрастающим эффектом масштаба основывается только на общих соображениях и представляет собой скорее гипотезу. Не имеется ни одного эмпирического исследования, посвященного проверке этой гипотезы на каком-либо российском материале. Тем не менее будем полагать, что эта гипотеза справедлива. И тогда транспортная система, созданная в результате реализации КИП, оказывается аналогом естественной монополии. Как известно, в этом случае установление цены на уровне цены совершенно-конкурентного рынка, т.е. равной предельным издержкам *MC*, не является общественно оптимальным. Максимизируя рыночный выигрыш потребителей[1], такой способ ценообразования делает невозможной безубыточную деятельность оператора транспортной системы: тариф не покрывает средних издержек *AC*. Напомним, что предельные издержки совпадают со средними в точке минимума последних, и

$$MC(Q) < AC(\mathrm{Q}) \text{ при } Q < \arg\min_{q} AC(q).$$

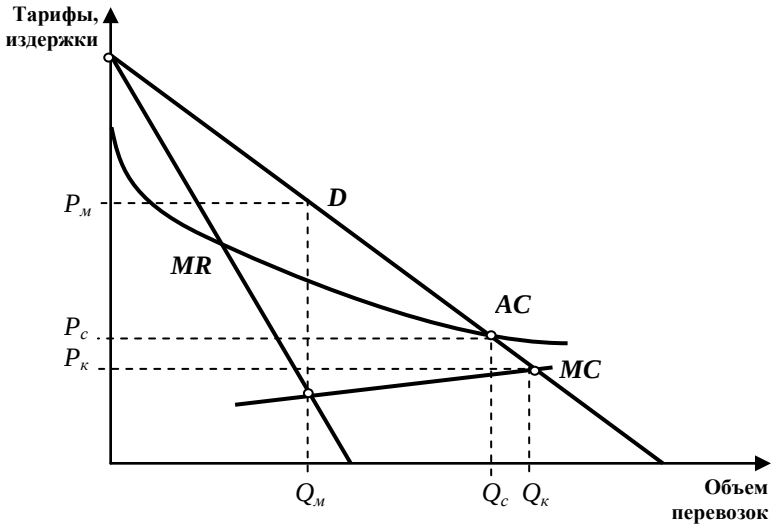
Обратимся к известной графической модели естественной монополии, представленной на рис. 7.2. В отличие от бухгалтерской практики здесь рассматриваются «экономические» издержки, включающие нормальную прибыль; средние издержки представляют собой экономические издержки на единицу объема работ (перевозок). Прибыль здесь также «экономическая», представляющая собой валовую («бухгалтерскую») прибыль за вычетом нормальной. Таким образом, разность между тарифом на перевозки и средними издержками, $P - AC$, является удельной (на единицу перевозок) прибылью, полученной сверх нормальной. Оператор транспортной системы получает максимальную прибыль при тарифе $P_м$, ограничивающем перевозки объемом $Q_м$, неприемлемым с точки зрения общества. Максимальный объем перевозок $Q_к$ имеет место при тарифе $P_к = MC(Q_к) = D(Q_к)$. В этом случае $P_к < AC(Q_к)$: бухгалтерская прибыль, получаемая оператором, во всяком случае меньше нормальной, а может быть и отрицательной, т.е. тогда деятельность оператора окажется убыточной и в бухгалтерском смысле.

На практике используются два основных способа регулирования тарифов на услуги транспортных систем.

Первый способ состоит в том, что тариф устанавливается на уровне $P_к$ (т.е. на уровне предельных издержек), а перевозчику (перевозчикам) выплачивается дотация, возмещающая его издержки, равные (теоретически)

[1] Подчеркнем, что это не тот выигрыш потребителей, о котором шла речь ранее и который изображен на рис. 7.1.

$(AC(Q_к) - P_к)Q_к$. Отечественный пример – субсидирование пассажирских авиаперевозок между европейской частью России и Дальним Востоком [Постановление…, 2009]. По-видимому, для ликвидации все растущей изоляции рынков Дальнего Востока (и некоторых рынков Сибири) от общероссийских целесообразно субсидирование также грузовых железнодорожных перевозок между восточными районами страны и ее центральной частью. Недостатком этого способа является увеличение нагрузки на государственный бюджет, что может потребовать увеличения налоговых сборов.



Обозначения: *D* – линия спроса на перевозки, *AC* – средние текущие издержки (включающие нормальную прибыль), *MC* – предельные издержки (скорость изменения текущих издержек); *MR* – предельный доход (скорость изменения выручки).

Рис. 7.2. Транспортная система как естественная монополия

Обычным же способом регулирования естественных монополий в России является установление тарифов на уровне средних издержек при данном объеме услуг: $P_c = AC(Q_c) = D(Q_c)$. По сравнению с предыдущим способом он приводит к снижению объема потребления услуг (перевозок) до $Q_c < Q_к$. Но главный порок этого метода в том, что он меняет мотивацию монополиста. Снижение издержек при таком способе ценообразования перестает для него быть средством увеличения прибыли, наоборот, она растет при увеличении средних издержек. Вследствие недостаточного контроля издержек естественных монополистов регулирующими органами первые включают в состав издержек затраты, не имеющие отношения к производственной деятельности (содержание футбольных команд, собственных самолетов компаниями, не занимающимися авиаперевозками, и т.д.). Но есть и вполне легальные и даже «социально оправданные» пути увеличения издержек. Так, в 1990–1997 гг. производство электроэнергии в России неуклонно падало,

тогда как численность промышленно-производственного персонала в отрасли столь же неуклонно росла (в остальных же отраслях промышленности она снижалась)[1]; опережающими темпами увеличивалась и зарплата в электроэнергетике [Глущенко, 1999].

Проанализировав рассмотренные два способа, Р. Коуз обосновал предпочтительность «поэлементного ценообразования» [Коуз, 2007, с. 74–91], при котором в конечной цене выделяются издержки производств с возрастающим и падающим эффектом масштаба. Первая часть цены устанавливается на уровне средних издержек первых производств, вторая часть – на уровне предельных издержек последних. Применительно к железнодорожной системе это издержки на содержание инфраструктуры и издержки на собственно осуществление перевозок (что приводит к двухчастному тарифу). Такое разделение лежит, например, в русле замысла реформы ОАО РЖД, предполагающего, что железнодорожная инфраструктура останется в ведении ОАО РЖД, а собственно перевозки будут переданы в руки частных компаний-перевозчиков. Однако не вполне ясно, возможно ли конкурентное ценообразование на их услуги: в некоторой степени для них тоже имеет место убывание средних издержек (например, общие затраты на осуществление одной поездки пригородной электрички почти одинаковы и когда она загружена полностью, и когда вообще пустая).

Анализ экономики с возрастающим эффектом масштаба приводит к выводу, что с точки зрения экономической теории благосостояния оптимальным является ценообразование по Рамсею (Рамсею–Буате) – см., например, [Baumol, Bradford, 1970]. В настоящее время РАО РЖД возлагает большие надежды на этот способ ценообразования. Согласно правилу Рамсея, для многопродуктовой монополии цены устанавливаются обратно пропорционально абсолютной величине ценовой эластичности спроса на данный вид услуг i: $P_i = \alpha_i/|E_i|$, где коэффициенты α_i выбираются таким образом, чтобы в совокупности деятельность оператора транспортной системы была безубыточной (что, по сути, предполагает перекрестное субсидирование). Легко видеть, что для однопродуктовой монополии ценообразование по Рамсею эквивалентно ценообразованию по средним издержкам, лишь завуалированному способом расчета: условие безубыточности приводит к тому, что коэффициент α определяется равенством $\alpha/|E| = AC$.

В мире, насколько нам известно, ценообразование по Рамсею на практике не применяется (по крайней мере, не удалось найти ни одного случая практического использования цен Рамсея); имеются только расчеты аналитиков, что мог бы дать такой способ ценообразования для той или иной реальной транспортной системы (например, [Train, 1977]). И дело не столько в практических труд-

[1] Проследить динамику после 1997 г. не представляется возможным, поскольку показатель численности промышленно-производственного персонала исчез из отечественной статистики (остался только показатель общей численности занятых в отрасли).

ностях оценки величин эластичностей, сколько в том, что социальная приемлемость цен Рамсея может оказаться сомнительной. Ведь чем ниже эластичность спроса на услугу, тем выше будет тариф на нее. Но причина низкой эластичности спроса – отсутствие заменителей и (или) жизненная необходимость данной услуги. Например, если для грузовой перевозки альтернативой железной дороге может быть автомагистраль, то для дальней пассажирской перевозки доступной альтернативы может вообще не найтись.

В рамках проекта по унификации расчетов затрат при оценке эффективности транспортных КИП в Европе были проведены сопоставления трех различных тарифных политик с помощью моделей частного и общего равновесия (на примере нескольких европейских стран): ценообразования по предельным издержкам, по средним издержкам и по Рамсею [Nash, 2003]. Дифференциация услуг транспорта включала разделение грузовых и пассажирских перевозок и перевозок в периоды пиковой нагрузки на транспорт и в остальное время. В качестве базы для сравнения была принята существующая ситуация (т.е. расчеты отвечали на вопрос: что произошло бы в случае реформы ценообразования?). Это исследование показало, что ценообразование по предельным издержкам всегда приводит к повышению общественного благосостояния, а ценообразование по Рамсею – в большинстве случаев, тогда как ценообразование по средним издержкам всегда приводит к снижению общественного благосостояния.

Существуют и иные, менее распространенные, способы регулирования естественных монополий, например лимитное ценообразование (price-cap regulation) и ценообразование с учетом нормы отдачи от капитала (rate-of-return regulation).

Мы ограничиваемся проведенным обсуждением, поскольку собственно вопросы регулирования цен на транспортные услуги выходит далеко за рамки нашей темы. Цель обсуждения состояла в стремлении показать, что та или иная тарифная политика приводит к значительно отличающимся затратам потребителей транспортных услуг, а следовательно, и спросу на них. И может статься, особенно в России, что транспортный КИП будет эффективен при одной тарифной политике и неэффективен при другой. Отсюда следует, что в российских условиях при оценке транспортных КИП предположения о тарифной политике должны явно учитываться в качестве факторов внешней среды проекта, воздействующих на его эффективность.

Заключая рассмотрение микроэкономического подхода, обратимся к вопросу учета неопределенности. Соответствующие рекомендации, хотя и с разной степенью полноты и детальности, содержатся во многих национальных методиках оценки эффективности транспортных КИП [Economic…, 2004; Developing… Deliverable 1 (эл. ист. инф.); Improved… Deliverable 1 (эл. ист. инф.)]. При этом обычно разделяются понятия риска и неопределенности. Риск связан с отклонением с определенной степенью вероятности значений тех или иных составляющих *NPV* от принятых в расчете, тогда как под неопределенностью понимаются отклонения, не имеющие вероятностной природы (или с неизвестным распределением вероятностей).

Анализ риска требует идентификации распределений вероятностей анализируемых параметров и корреляции между ними. После чего могут использоваться хорошо известные вероятностные методы. Одним из наиболее часто рекомендуемых является имитационное моделирование с помощью метода Монте-Карло, позволяющее оценить правдоподобность того, что параметры проекта будут заключены в границах, обеспечивающих его эффективность. Однако очевидно, что использование вероятностных методов выдвигает высокие требования к используемым данным, которые довольно редко могут быть удовлетворены на практике (или же требуют проведения весьма трудоемких исследований). В некоторых странах вместо вероятностного анализа рисков интегральный эффект всех рисков включают в норму дисконтирования, увеличивая ее.

Для учета неопределенности, не имеющей вероятностной природы, используется ряд методов. Довольно распространенным является анализ чувствительности (sensitivity analysis, side-analysis). Он состоит в том, чтобы выявить, может ли проект стать неэффективным, если изменить то или иное предположение, принятое в исходном расчете. Его развитием является сценарный анализ: если при анализе чувствительности каждый раз изменяется только одно предположение, то сценарный анализ включает построение нескольких комплексов альтернатив будущих условий. Еще одним приемом является оценка возможных диапазонов изменения составляющих *NPV* и проведение расчетов с крайними величинами этих диапазонов, т.е. для самого неблагоприятного и самого благоприятного случая. Хотя весьма маловероятно, что все величины одновременно примут «худшие» либо «лучшие» значения, такой анализ показывает, в каких границах в принципе может меняться эффективность КИП. Другой прием – нахождение критических значений (switching values) ключевых величин, например: нормы дисконтирования, объема инвестиций и т.п. Критическим значением является процентное изменение параметра, при котором *NPV* становится нулевым. Если оно относительно велико, то проект может стать неэффективным лишь при значительном изменении соответствующего параметра, и наоборот, относительно низкое критическое значение говорит о неустойчивости вывода об эффективности проекта.

В наибольшей степени рекомендации западных методик оценки эффективности транспортных КИП, касающиеся неопределенности или (и) риска, концентрируются на вопросе затрат на строительство (соответствующие положения содержатся примерно в 70% национальных методик [Developing… Deliverable 1, с. 29 (эл. ист. инф.)]). Одной из главных проблем здесь является «оптимистическое смещение» (optimism bias). Его статистические оценки получены, в частности, в работах Б. Флювберга, М. Хольма и С. Була [Flyvberg и др., 2002, 2005] на основе сопоставления проектных оценок затрат на строительство и объемов перевозок с фактическими величинами в большом числе реализованных транспортных КИП. Эти исследования показали,

что действительно имеет место систематическое смещение оценок инвестиций в сторону занижения, а объемов перевозок – в сторону завышения (так, превышение первоначальной сметы наблюдается в девяти случаях из десяти). Наиболее часто проблема оптимистического смещения оценок инвестиций решается простым путем – установлением корректирующих коэффициентов (которые могут меняться в зависимости от стадии разработки КИП). Лишь в небольшом числе стран, например Великобритании и Дании, используются более сложные методы. Так, по заказу Министерства транспорта Великобритании были разработаны руководящие указания «Процедуры учета оптимистического смещения в транспортном планировании» [Procedures, 2004], в которых корректирующие коэффициенты основаны на статистическом анализе реализованных проектов. При этом они дифференцированы по типам проектов и зависят от того, какая степень риска (вероятность превышения сметы) сочтена приемлемой. Например, если принята степень риска 20%, то для железнодорожных линий затраты следует увеличить на 57%, при риске 10% – на 68%; для мостов и туннелей эти величины составляют 55 и 83% соответственно [Там же, с. 32].

Многокритериальный подход. Чем вызвана необходимость многокритериального подхода? Микроэкономический подход – анализ затрат и результатов – основан на единственном критерии: максимизации общественного благосостояния. И хотя в рамках этого подхода разработан ряд тонких и изощренных методов «монетизации» эффектов, не имеющих денежного выражения, далеко не всегда они могут быть включены таким образом в общую схему анализа затрат и результатов. Кроме того, если проект вызывает заметные «косвенные», макроэкономические эффекты (оцененные, например, с помощью той или иной макроэкономической модели), они должны быть учтены при оценке его эффективности. К тому же конкретный КИП может быть направлен на достижение целей, которые, хотя и связаны в конечном счете с благосостоянием общества, в принципе не могут быть оценены в таких терминах (и, тем более, «монетизированы»). Примерами могут служить: укрепление политического и экономического единства страны, обеспечение доступа к районам нового хозяйственного освоения, усиление обороноспособности страны и др. В таких случаях используется многокритериальный подход, в котором эффективность проекта рассматривается как многомерная (векторная) характеристика.

В мировой практике оценки транспортных КИП многокритериальный подход всегда применяется наряду с анализом затрат и результатов, при этом главный показатель этого анализа (обычно *NPV*) является, как правило, одним из критериев. Хотя при оценке транспортных КИП многокритериальный подход используется довольно широко – примерно в половине стран, охваченных обзорами [Developing… Deliverable 1… (эл. ист. инф.); Economic…, 2004], в случае железнодорожных КИП его применяет только пятая часть этих стран.

По сути, многокритериальный подход не является чем-то единым, это скорее совокупность различных методов многокритериальной оптимизации, весьма разнящихся по странам. Для них пока не существует ни общей теоретической схемы, ни какой-либо единой совокупности принципов анализа (хотя некоторые исследователи считают, что большинство методов представляют собой различные способы выявления и анализа предпочтений лиц, принимающих решения [Facts…, 1999, с. 187]).

Результатом многокритериального анализа может быть синтетический показатель эффективности (как в случае анализа затрат и результатов), позволяющий ранжировать альтернативы либо само ранжирование без какого-либо синтетического показателя. Показатели, характеризующие отдельные аспекты (измерения) эффективности КИП, могут быть кардинальными (числовыми), ординальными (порядковыми) или даже качественными. В последних двух случаях им приписываются каким-либо способом количественные значения. Из-за многообразия возможных критериев относительно них существуют только самые общие рекомендации: четко различать цели и средства, проверять систему критериев на согласованности, избегать пересечения критериев.

В идеале, будь функция полезности лица, принимающего инвестиционное решение, известна, набор характеристик эффективности того или иного варианта проекта (или отдельного проекта из их совокупности) давал бы величину полезности. На практике же для выявления предпочтений используются: диалоги с лицами, принимающими решения; сведения из официальных документов, описывающих цели; опросы экспертов с применением статистических методов; «выявленные предпочтения», основанные на решениях, принятых в сходных случаях в прошлом. Другой стороной является ранжирование самих критериев, т.е. приписывания критериям весов, характеризующих их относительную важность. Они представляют собой «теневые цены» отдельных компонент сложной цели [Improved… Deliverable 1…, с. 24 (эл. ист. инф.)].

Выбор оптимального варианта проекта (или ранжирование проектов и вариантов) в конечном счете основывается на скаляризации векторного критерия. Наиболее часто используются следующие способы:

– максимизация взвешенной суммы компонент векторного показателя эффективности;
– минимизация взвешенной суммы отклонений от принятых «эталонных» величин или максимального отклонения в случае, когда компоненты показателя эффективности нельзя достаточно четко квантифицировать;
– последовательная максимизация упорядоченного вектора эффективности при еще меньшей определенности (например, когда не имеется количественно определенных весов); этот способ состоит в упоря-

дочении компонент вектора эффективности по степени важности отражаемых ими целей, затем ищется множество решений, максимизирующих первую компоненту, в этом множестве – решения, максимизирующие вторую, и т.д. до получения единственного решения.

Один из конкретных примеров практического применения многокритериального подхода является оценка КИП с помощью матрицы степени достижения целей (goals achievement matrix method). Допустим, имеется базовый вариант 0 (отказ от реализации проекта) и ряд вариантов проекта $\{i\}$, описываемых набором характеристик $\{j\}$, отражающих те или иные частные цели проекта (например: *NPV*, рост уровня шума в окрестностях планируемой дороги, изменение – рост или уменьшение – загрязнения окружающей среды, эстетические характеристики, рост объема экспорта и т.д.). Значениям этих характеристик в каждом из вариантов (независимо от того, количественные они или качественные), приписываются некоторые баллы s_{ij}. Причем они могут быть и отрицательными, что означает ухудшение по сравнению с базовым вариантом; для последнего $s_{0j} = 0$. Относительная важность целей (характеристик) задается весами w_j, сумма которых равна единице. Тогда синтетический показатель эффективности i-го варианта проекта рассчитывается как $S_i = \sum_j w_j s_{ij}$, и выбирается вариант с максимальным значением этого показателя.

Еще один пример – метод планирования баланса интересов (planning balances sheet method) [Lichfield и др., 1975]. Он рассматривается как «ответвление» анализа затрат и результатов, преодолевающее его неспособность учесть различное воздействие проекта на интересы разных групп населения, фирм, правительственных организаций и т.п. Суть метода состоит в том, что воздействие проекта оценивается раздельно по выделенным группам населения и сферам деятельности, которые предположительно затронет проект. Для каждой из них определяются цели и характеризующие их индикаторы. Далее оценивается баланс «приобретений» и «потерь» каждой группы j при реализации варианта проекта i, т.е. аналог s_{ij} в вышеописанном методе. Однако, в отличие от него, взвешивание частных целей принципиально не предусматривается «из-за трудности получения релевантного набора этических суждений от лиц, принимающих решения» [Там же, с. 80]. Но тогда полученные результаты дают только «анатомию» эффектов КИП, не позволяя сопоставить различные альтернативы. Фактически же в практических приложениях этого метода взвешивание все-таки производится, но неявным образом (см., например, кн. [Alexander…, 1978]).

Макроэкономический подход. Характерная черта рассмотренного ранее микроэкономического подхода – «локализация» КИП, т.е. анализ в пределах одной отрасли или рынка. Однако, как указывалось ранее, реализа-

ция проекта может оказывать воздействие на экономику за пределами локализованной ее части, например на занятость и загрузку мощностей в смежных отраслях. Это приводит к необходимости оценивать эффективность КИП в контексте экономики страны в целом, учитывая воздействия проекта по всей цепочке секторов экономики. Макроэкономический подход в мировой практике обычно рассматривается как дополняющий анализ затрат и результатов. В рамках последнего – воздействия проекта на другие части экономики трактуются как «косвенные социально-экономические эффекты»; в одном упоминаемом выше обзоре [Developing… Deliverable 5… (эл. ист. инф.)] их рекомендуется оценивать (вне рамок методологии анализа затрат и результатов) с помощью той или иной макроэкономической модели. Вместе с тем на практике макроэкономический подход используется довольно редко (по причинам, которые будут рассмотрены позже).

Наиболее простой формой макроэкономического подхода является оценка вклада КИП в изменение ВВП. Она осуществляется прямым расчетом, без использования каких-либо моделей[1]. Наряду с непосредственным вкладом проекта с помощью мультипликатора дохода (а иногда и акселератора) рассчитывается его косвенный вклад, возникающий за счет роста спроса в цепочке взаимосвязанных отраслей и роста конечного потребления.

Однако обычно для оценки макроэкономического эффекта КИП используется какая-либо экономико-математическая модель. Основные модели можно разделить на три типа:

– модели «затраты–выпуск»,
– имитационные макроэкономические модели,
– модели вычислимого общего равновесия.

Эти типы моделей достаточно хорошо известны, поэтому обсудим их очень бегло. Отметим только, что по своему характеру это модели, предполагающие позитивный анализ, тогда как решение о выборе системы КИП или варианта КИП – это скорее проблематика нормативного анализа. Тем не менее в зарубежной литературе нам не встретилось ни одной работы, в которой макроэкономический подход был бы представлен какой-либо оптимизационной моделью (во всяком случае, для транспортных КИП).

Модель «затраты–выпуск» (ее вариант, включающий только отрасли материального производства, известен как модель межотраслевого баланса) позволяет проследить влияние транспортного КИП по цепочке взаимосвязанных отраслей и изменение конечного потребления, определив общее изменение занятости и изменение ВВП. Для этого в составе секторов,

[1] Заметим, что такой подход был принят в действовавшей в 2006–2008 гг. методике Минэкономразвития РФ и Минфина РФ, которая регламентировала оценку эффективности инвестиционных проектов, финансируемых из Инвестиционного фонда РФ [Методика…, 2006]. С 2010 г. действует методика Минрегиона РФ, относящаяся к региональным КИП, которая в основных своих положениях повторяет указанную методику.

представленных в таблице «затраты–выпуск», должен быть выделен транспортный сектор. Рассматриваемый КИП (вариант КИП) представляется изменением параметров соответствующих строки и столбца таблицы. В практике оценки эффективности транспортных КИП они применяются, например, в Италии, где используются региональные таблицы «затраты–выпуск» для определения влияния КИП на экономику страны в разрезе видов деятельности [Developing… Deliverable 1…, с. 67 (эл. ист. инф.)].

Имитационная макроэкономическая модель представляет собой описание взаимосвязей в экономике страны с помощью системы эконометрических уравнений, параметры которых оценены на основе ретроспективных статистических данных. Рассматриваемый КИП или вариант КИП включается в модель путем изменения значений управляемых переменных модели (состав которых определяется детальностью конкретной модели), после чего рассчитываются изменения таких показателей, как общая занятость в экономике, производственные издержки, цены и заработная плата и т.п. Достоинством таких моделей является то, что они могут включать в явном виде динамику (в отличие от статических моделей «затраты–выпуск» и вычислимого общего равновесия), что позволяет проследить развитие эффектов проекта во времени.

Сходные возможности, за исключением учета динамики, представляет модель вычислимого общего равновесия (computable general equilibrium), ее иногда тоже считают имитационной моделью. Такая модель строится на основе функций полезности, в свою очередь, определяющих функции спроса, и производственных функций или функций затрат (естественно, довольно простых), и включает вычислительный алгоритм нахождения общего равновесия. Рассматриваемый КИП (вариант КИП) представляется в модели рядом переменных. Например, после задания инвестиций в транспортную инфраструктуру, приводящих к снижению транспортных издержек, рассчитывается новое равновесие экономики, параметрами которого являются выпуски, затраты ресурсов (включая труд), цены, доходы и т.д. Исходным материалом для разработки модели вычислимого общего равновесия служат таблицы «затраты–выпуск». Разработка моделей такого рода – дело непростое, но вполне осуществимое, в том числе и для России – например, опыт создания одной из таких моделей для России описан в [Rutherford, Paltsev, 1999 (эл. ист. инф.)].

Модели последних двух типов находят в оценке транспортных КИП только спорадическое применение, в основном теми или иными исследовательскими группами. Так, в ЕС модель вычислимого общего равновесия CGEurope используется для исследований, связанных с европейской транспортной политикой, которые включают анализ некоторых предполагаемых транспортных проектов [Jonkhoff, Rustenberg, 2011]. Еще одним примером является модель SASI («Spatial and socio-economic impacts of transport investments and transport system improvements» – «Пространственные и соци-

ально-экономические эффекты инвестиций в транспорт и развития транспортной системы»), использовавшаяся в нескольких исследовательских проектах под эгидой различных органов ЕС. Это довольно сложная рекурсивная имитационная модель социально-экономического развития регионов Европы, в явном виде включающая географический аспект, в том числе описание транспортной инфраструктуры [Wegener, 2008].

Как отмечалось выше, в мире макроэкономический подход мало применяется при оценке эффективности транспортных КИП. В книге [Facts…, 1999] имеется целая глава, названная «Модели национальной экономики: что они могут дать?». В ее заключении авторы приходят к выводу, что для оценки транспортных проектов адекватным является анализ затрат и результатов, а нужда в макроэкономических моделях возникает редко. Это находится в противоречии с распространенным в отечественной литературе взглядом, что основной экономический эффект инфраструктуры проявляется за ее пределами. Однако дело здесь не в переоценке микроэкономического подхода и недооценке макроэкономического.

Представляется, что главную роль в слабом использовании макроэкономических моделей играют три причины. Во-первых, построение таких моделей – весьма сложная задача, требующая высокой и специфической квалификации. Готовых же моделей в любой стране в лучшем случае немного, и их применение вряд ли возможно без участия специалистов, разработавших модель или регулярно использующих ее для своих исследований. Во-вторых, в макроэкономических моделях транспортный КИП представляется весьма агрегированно, утрачивая многие детали, которые учитываются при анализе затрат и результатов. Как следствие, полученные оценки оказываются очень грубыми.

Но главная причина – в особенностях транспортных КИП, которые реализуются в настоящее время за рубежом. При высокой плотности существующей там транспортной сети эти проекты представляют собой ее совершенствование, т.е. не приводят к принципиальным изменениям сети. При этом проект действительно достаточно хорошо локализуется в пределах транспортной отрасли, оказывая лишь довольно небольшое влияние на остальную часть экономики (которое может быть учтено в рамках анализа затрат и результатов без обращения к макроэкономическим моделям).

В России, скорее всего, то же самое будет иметь место для европейской части страны, где плотность транспортной сети относительно высока. Но для восточных районов России ситуация окажется совершенно иной, поскольку там транспортные КИП, как правило, будут приводить к качественным изменениям имеющейся транспортной сети, нередко самой конфигурации сети. Представляется очевидным, что при превращении Транссибирской магистрали в международный «мост» между континентами, завершении Амуро-Якутской, сооружении Северо-Сибирской, Приполярной, Трансконтинентальной магистралей и по мере возникновения вокруг этих инфра-

структурных «стержней» международных транспортных коридоров, а также «капиллярной» транспортной сети, прямой транспортный эффект для отечественных грузоотправителей и пассажиров будет несравнимо меньше «косвенных» эффектов за счет «ренты географического положения», доступа к новым источникам сырья, ускорения освоения новых районов. И в таких случаях без использования макроэкономического подхода не обойтись.

Апостериорный анализ эффективности. Кратко коснемся также апостериорного анализа эффективности, т.е. оценки эффективности КИП на стадии эксплуатации Его можно рассматривать как одну из областей более широкого направления – оценки результативности (impact evaluation) экономических политик, проектов и программ, терминальных и развивающихся, интенсивно разрабатываемого в последние десятилетия (см., например, [Gentler и др., 2011; Ravallion, 2001; White, 2009]). На практике он довольно регулярно используется международными агентствами для проверки эффективности использования выделяемых ими средств и прекращения программ, оказавшихся неэффективными.

Применительно к КИП оценка результативности состоит в оценке эффектов, полученных в результате реализации проекта, и фактических степеней достижения его целей. Анализ проводится «от противного»: сопоставлением фактического состояния с тем, каким бы оно было, если бы проект не был реализован; при этом выявляются причинно-следственные связи, чтобы оценить только те эффекты, которые действительно обусловлены проектом [Gentler и др., 2011]. В тех странах, где производится апостериорный анализ эффективности транспортных КИП, он выполняет контрольные функции, а также используется для совершенствования методов оценки ожидаемой эффективности КИП. Однако стран, где такой анализ является обязательным, очень немного: это Великобритания, Франция и Япония (можно также упомянуть Италию, где в 2002–2003 гг. был проведен единовременный апостериорный анализ 393 транспортных проектов) [Improved… Deliverable 1… (эл. ист. инф.)]. Тем не менее в целом наблюдается тенденция к расширению использования апостериорного анализа эффективности транспортных КИП, и все чаще выдвигаются рекомендации сделать его проведение обязательным – см., например, [Improved…, 2013, с. 83 (эл. ист. инф.)].

Для России вопрос апостериорного анализа эффективности КИП особенно актуален, поскольку все такие проекты реализуются с многократным превышением первоначальных смет (что касается достигнутых результатов, то сведения о них вообще отсутствуют). Но ни одна из действующих в России методик оценки эффективности инвестиционных проектов об апостериорном анализе даже не упоминает; не известны случаи, когда бы поднимался вопрос о его проведении. Возникает впечатление, что о существовании апостериорного анализа и оценке результативности инвестиционных проектов вообще в России никому и ничего не известно.

Выводы. Завершим эту часть главы (п. 7.1) некоторыми выводами, которые носят не только оценочный характер, но и, по замыслу авторов главы, должны сыграть роль связки с другими ее разделами.

При рассмотрении *микроэкономического* подхода к оценке КИП в аспектах теоретическом и прикладном в качестве анализируемых первоисточников выступали только западные разработки. Причина состоит в том, что российские методики в основном компилятивны и являются попытками наложить западные стереотипы на российские реалии. Подобный прием приводит к отрицательной синергии: слабость зарубежных подходов к оценке КИП, объясняемая тем, что там проектов, аналогичных российским, практически нет, накладывается на некритический перенос указанных стереотипов в научные и методические материалы, разработанные в России, где такие КИП имманентны ее политическому и экономическому устройству[1]. Получившаяся «смесь», когда, например, ожидаемая эффективность проекта нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО) оценивается с помощью таких методик, приводит к непредвиденному перманентному росту их затратной компоненты при неопределенности конечных результатов [Кибалов, Кин, 2007].

В ходе исследований возможности использовать *макроэкономический* подход к оценке КИП с помощью семейства моделей ОМММ, который адекватен российским транспортным мегапроектам, нами (в составе коллектива, руководимого Н.И. Сусловым) были получены интересные результаты [Бузулуцков и др., 2008]. Одновременно выяснилось, что, во-первых, макроэкономические полудинамические и детерминистские модели российской экономики типа ОМММ в силу своей высокой агрегированности малочувствительны к попыткам оценить эффективность КИП по методу «с проектом» и «без проекта» [Кибалов, Хуторецкий, 2005]. Во-вторых, модели семейства ОМММ первоначально были созданы для моделирования плановой экономики, которая была хотя и не очень эффективной, но достаточно стационарной. В нынешней российской экономике, которая является нестационарной и, следовательно, фактор неопределенности в ней играет существенную, если не решающую роль, детерминистский характер ОМММ оказался неадекватным характеру реальных хозяйственных процессов, которые модель призвана отражать. Выявился также научно-исследовательский характер модели в целом, что при всех ее общеизвестных достоинствах затрудняет использование модельного аппарата в регулярных расчетах сравнительной ожидаемой эффективности КИП и установлении их приоритетности.

---

[1] Примерами могут служить проекты трубопроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО), Олимпиады-2014 в Сочи, проекты реконструкции транспортной сети Приморья к саммиту АТЭС-2012, система проектов реконструкции транспортной сети Европейской России к чемпионату мира по футболу 2018 г.

Подчеркнем, что наш опыт использования ОМММ при оценке эффективности КИП носит ограниченный характер, а выводы – предварительный. Параллельно аналогичной проблематикой занимаются и другие исследователи, и полученные ими результаты [Гранберг и др., 2010] внушают оптимизм относительно перспектив использования глобальных моделей экономики при оценке ожидаемой эффективности КИП.

Учитывая сказанное, дальнейшее содержание главы посвящено изложению нашей методики оценки ожидаемой эффективности КИП. Ее основой служит *микроэкономический* подход («экономизированная» версия анализа затрат и результатов), интегрированный с методологией системного анализа, что дает основание отнести наш подход к многокритериальному. Это не означает, что нами отвергается *макроэкономический* подход, его элементы учитываются и при нашей трактовке микроподхода, например в модельных конструкциях типа дерева целей проекта. Что же касается макроэкономических моделей вообще и ОМММ в частности, то в интересующем нас аспекте полученный к настоящему времени собственный опыт мы намерены углублять с учетом мирового контекста и новых возможностей информационной техники, а полученные результаты – публиковать по мере их накопления и осмысливания.

7.2. ОЦЕНКА КИП: МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА

Концепция оценки. Главная особенность развиваемого в дальнейшем подхода к оценке КИП состоит в том, что такие проекты представляются и анализируются как *сложные системы*. Это отличает наш подход от предлагаемого в общепринятых методических материалах (российских и зарубежных) и ряде публикаций, например, [Методические рекомендации…, 2000; Виленский и др., 2001; Никонова, 1990; Руководство…, 2008 (эл. ист. инф.); Волков и др. (эл. ист. инф.)], в которых сложную проблему оценки КИП предлагают решать относительно простыми способами, более или менее пригодными для оценки маломасштабных проектов. Игнорирование сложности проблемы может приводить к неверным оценкам и ошибочным инвестиционным решениям.

Учет сложности проблемы означает, прежде всего, что КИП должен рассматриваться как многоаспектный (многосторонний), поскольку он:

1) является технико-технологической системой, создаваемой для трансформации ресурсов в продукты и услуги, по качеству и объемам соответствующие целевой установке проекта;

2) есть экономическая система, которая должна обеспечивать рентабельную работу технико-технологической системы по всему жизненному циклу проекта;

3) есть социальная система, которая должна удовлетворять потребности создающих и эксплуатирующих ее работников, менеджеров и прочих участников проекта;

4) является технико-технологической системой, создающей техногенную нагрузку на природную среду, порождая экологические эффекты;

5) вписываясь в социально-политическую и экономическую систему государства, порождает политические, социальные, экономические и, в некоторых случаях, военно-стратегические внешние эффекты (экстерналии).

Многоаспектность КИП предопределяет его многоцелевой характер. Степени достижения целей, соответствующих разным аспектам КИП, являются критериями оценки эффективности конкурирующих КИП (или вариантов одного проекта). Главная трудность инвестиционного решения, которое должны принять аналитик и инвестор, состоит именно в его многокритериальности. Проблема осложняется тем, что критерии, соответствующие разным целям КИП, разнородны и не имеют общей (например стоимостной) меры. Степени достижения целей приходится измерять в разных шкалах (от классификационных до количественных), часто – с использованием экспертных процедур.

Поэтому при выборе КИП (или варианта КИП) следует говорить не об оптимальности, а о целесообразности (решения, варианта, альтернативы). Термин «целесообразное решение» по содержанию совпадает с введенным М. Вебером [Вебер, 1990] термином «целерациональное решение»: наиболее предпочтительное из рассматриваемых решений с учетом целевых установок и обстоятельств (ограничений), описанных, возможно, не количественно, а вербально.

Как правило, варианты (альтернативы) КИП на начальных этапах его разработки слабо структурированы, некоторые существенные характеристики проекта могут быть оценены только в качественных шкалах. Поэтому невозможно однозначно оценить проектные затраты и результаты, что вносит неопределенность в задачу оценки эффективности КИП. Назовем эту неопределенность *эндогенной.*

Имеется и другой, не менее существенный источник неопределенности – внешняя среда проекта. КИП обычно бывают долгосрочными. В течение жизненного цикла проекта могут произойти радикальные и плохо предсказуемые изменения в экономике (а возможно, и в общественном устройстве государства, и даже на политической карте мира). Так случилось, например, при реализации проектов Транссибирской железнодорожной магистрали и Суэцкого канала. Неопределенность результатов и последствий КИП, порожденную изменчивостью внешней среды и влияющую на оценку ожидаемой эффективности проекта, будем называть *экзогенной.*

Методические материалы, широко используемые в проектной практике, рекомендуют преимущественно детерминистские и однокритериальные подходы к оценке коммерческой выгодности проектов. Это оправданно для инвестиционных проектов, которые не являются многоцелевыми, уникальными, долгосрочными, крупномасштабными, т.е. для большинства массово осуществляемых проектов. Но при анализе КИП методы, не учитывающие сложность связей с внешней средой и неопределенность результатов проекта, становятся неадекватными.

Инфраструктурные КИП, как правило, являются капиталоемкими и общественно значимыми. Поэтому в большинстве случаев они инвестируются и эксплуатируются государством по всему жизненному циклу, что, как будет показано, определяет методические подходы к оценке вариантов КИП и выбору из них наиболее предпочтительных. Существуют и работоспособные модели партнерства государства и бизнеса при реализации транспортных КИП, они будут рассмотрены в конце главы.

Поскольку КИП являются сложными системами, для оценки ожидаемой эффективности таких проектов ниже используются методы *системного анализа*, который предлагает набор приемов и процедур для анализа слабоструктуризованных сложных проблем. Модельные конструкции системного анализа, как показано далее, применяются к оценке КИП дифференцированно.

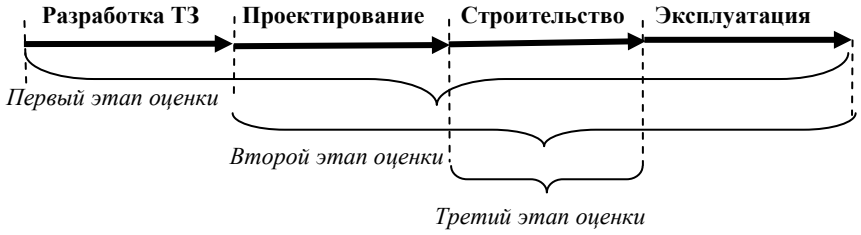


Рис.7.3. Жизненный цикл КИП и этапы оценки ожидаемой эффективности

На начальных этапах (рис. 7.3), когда речь идет о проектном замысле и намерениях потенциальных инвесторов, доступная информация является стратегической, преимущественно качественной, количественная информация опирается на сведения о проектах-аналогах. Для «снятия» присущей этому этапу *радикальной неопределенности* применяются соответствующие инструменты системного анализа: дерево целей КИП, модели и критерии стратегических игр, экспертные технологии.

На этапах проектирования и реализации (строительства и эксплуатации) проекта, когда может быть получена релевантная количественная информация, появляется возможность применения оптимизационных моделей. Задача обычно осложняется наличием многих критериев оценки конкурирующих альтернатив. На этих этапах сохраняется неопределенность (веро-

ятностная либо интервальная), учет которой требует соответствующих подходов (критерий ожидаемой полезности, стохастическое программирование, техника нечетких множеств).

Таким образом, для оценки ожидаемой эффективности КИП методами системного анализа предлагается применить комплекс моделей и процедур, увязанный с помощью экспертных технологий в гибкую систему сопряженных моделей: качественных, количественных и гибридных. Ниже основные элементы указанного комплекса будут детально описаны и проиллюстрированы на сквозном числовом примере.

Общая (структурная) модель оценки и выбора инвестиционной альтернативы. Приведенная ниже структурная модель [Кибалов и др., 2008; Розен, 2008; Вилкас, Майминас, 1981] отражает проблемную ситуацию, возникающую при оценке вариантов КИП с целью выбора предпочтительной проектной альтернативы.

Для построения модели принятия решения (в нашем случае – инвестиционного) задаются следующие множества, характеризующие КИП:

X – множество допустимых альтернатив;

Y – множество возможных состояний внешней среды проекта;

S – множество возможных исходов;

U – множество критериев оценки исходов;

E – множество целей КИП.

Проектные альтернативы интерпретируются как значения управляемой переменной, состояния внешней среды (сценарии ее развития) являются значениями неуправляемой переменной.

Множество X включает варианты КИП (альтернативы). Существенным элементом описания альтернативы является организационно-экономический механизм ее реализации в каждом из возможных состояний (сценариев) внешней среды. Разработка и оценка вариантов механизмов реализации альтернатив осуществляются в процессе проектирования одновременно с разработкой и оценкой проектных альтернатив.

Элементы множества Y обычно описывают агрегированно, в форме сценариев развития внешней среды КИП, элементами которой являются инвестиционная политика государства, состояние рынков транспортных услуг (для транспортных проектов), поведение конкурентов и т.п. Во многих случаях можно ограничиться формулированием трех сценариев: пессимистического, оптимистического и промежуточного, субъективно наиболее вероятного (что и делается далее). Принцип формирования таких сценариев ясен из их названий; например, пессимистический сценарий отражает самые неблагоприятные для успешной реализации проекта сочетания факторов внешней среды.

Предположим, что исход полностью определяется выбором альтернативы и состоянием среды. Тогда каждой паре $(x, y) \in X \times Y$ соответствует оп-

ределенный исход $s \in S$. Другими словами, существует функция F: $X \times Y \rightarrow S$, которая называется функцией реализации. Она необходима, так как связь между альтернативами и исходами в общем случае не является детерминированной: результат реализации альтернативы (исход) зависит от неуправляемого состояния внешней среды. Другими словами, существует экзогенная стратегическая неопределенность, возникающая вследствие воздействия среды на альтернативу. Поэтому при оценке альтернатив достижения целей проекта необходимо учитывать значения неуправляемых переменных: сценариев развития внешней среды.

Набор $<X, Y, S, F>$ называется реализационной структурой задачи принятия инвестиционных решений. Реализационная структура отражает связь между выбираемыми альтернативами, состояниями внешней среды и исходами.

В зависимости от того, какая информация о состоянии внешней среды в период реализации проекта доступна в момент принятия инвестиционного решения, различаются следующие типы задач принятия инвестиционных решений.

1. Принятие решения в условиях определенности: состояние внешней среды в период реализации решения известно.

2. Принятие решения в условиях риска (стохастической неопределенности): состояние внешней среды в период реализации решения является случайной величиной, и есть информация об ее распределении. Эта информация может быть полной (функция распределения) или частичной (математическое ожидание, дисперсия, вероятности некоторых событий и пр.).

3. Принятие решения в условиях «радикальной» (природной) неопределенности: известно только множество возможных состояний внешней среды в период реализации решения.

4. Принятие решения в условиях конфликта/сотрудничества (субъективной неопределенности): состояние внешней среды в период реализации решения существенно зависит от действий целеустремленных агентов.

Набор $<U, E>$ образует оценочную структуру задачи принятия инвестиционного решения. Реализационная структура определяет исход взаимодействия пары «альтернатива – состояние среды», а оценочная структура обеспечивает оценку этого результата [Розен, 2002]. Элементами множества U являются функции, которые сопоставляют каждому исходу значения оценочных показателей. Цели из множества E указывают направления желательных изменений этих показателей.

Для каждой цели $e \in E$ необходимо сформулировать критерий u, который для любой пары $(x, y) \in X \times Y$ позволил бы оценить степень достижения цели e альтернативой x в состоянии y внешней среды. В терминах подхода «затраты–результаты» можно сформулировать следующие типичные варианты определения критерия u (x, y).

(А) Максимизация степени достижения цели при ограниченных сверху затратах. Если в рассматриваемой ситуации затраты, связанные с достижением цели, превосходят некоторый заданный уровень, то $u(x, y) = -\infty$; в противном случае критерий принимает значение, равное степени достижения цели.

(Б) Минимизация затрат при ограничении снизу на степень достижения цели. Если в рассматриваемой ситуации степень достижения цели меньше некоторого заданного уровня, то $u(x, y) = +\infty$; иначе значение критерия равно величине затрат (потерь), связанных с достижением цели.

(В) Максимизация эффективности достижения цели. Значение критерия равно отношению степени достижения цели при реализации альтернативы x в условиях сценария y к величине связанных с этим затрат.

Взаимодействие реализационной и оценочной структур при оценке ожидаемой эффективности КИП иллюстрирует рис. 7.4.

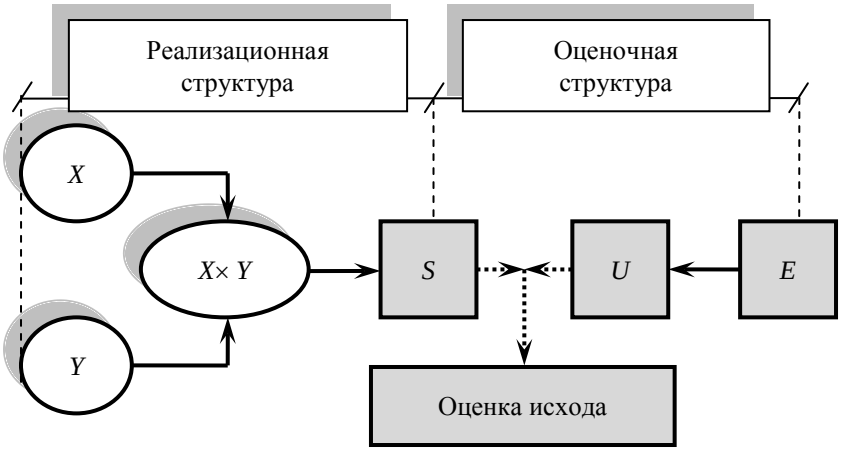


Рис.7.4. Структурная модель оценки КИП

Отметим, что процессы проектирования (разработки) альтернативных вариантов КИП (множество X) и сценариев развития его внешней среды (множество Y) не являются предметом рассмотрения в данной главе, хотя тесно связаны с процедурами оценки.

Оценка вариантов КИП при фиксированном сценарии. Зафиксируем состояние внешней среды $y \in Y$. Качество альтернативы (варианта КИП) $x \in X$ при сценарии y описывается набором значений $u(x, y)$ для всех $u \in U$. Предположим, что цели, составляющие множество E, получены посредством декомпозиции *генеральной цели* проекта до такого уровня, на котором можно оценивать степени достижения подцелей, т.е. сформировать множество критериев U. Из предположения следует, что множество целей E является *критериальным срезом* дерева целей КИП.

Пусть $E = \{e_1, \ldots, e_K\}$ и критерий $u_k(x, y)$ указывает степень достижения цели e_k при исходе (x, y). Предположим также, что согласованность формулировок цели и критерия обеспечивает выполнение следующих условий:

$0 \le u_k(x, y) \le 1$ для всех исходов $(x, y) \in S$;

$u_k(x, y) = 1$ для тех и только тех исходов, при которых цель e_k достигается полностью.

Для неквантифицируемой цели e_k значения $u_k(x, y)$ приходится выявлять с помощью экспертных процедур. В таком случае именно процедура сбора и обработки экспертной информации является описанием оценочной функции. Применяемая нами процедура вычисления $u_k(x, y)$ использует экспертные упорядочения пар (x, y) по степени достижения цели e_k (см. след. раздел, п. 7.2), т.е. оценочная функция применяется непосредственно к паре (x, y). Поэтому в дальнейшем будем считать, что эти пары и являются исходами, $S = X \times Y$, и функция реализации является тождественной.

Чтобы построить интегральную оценку альтернативы, предположим, что для каждой цели e_k из E определен *коэффициент относительной важности* (КОВ) w_k, оценивающий ее вклад в достижение генеральной цели. Эти коэффициенты вычисляются, как правило, с участием экспертов. Если множество U включает не слишком много целей, то можно непосредственно оценивать КОВ для целей критериального среза. В противном случае для работы с экспертами удобней применять стандартную процедуру, восходящую к методике PATTERN (см., например, [Макаров и др., 1980]). Эта процедура выполняет декомпозицию вычисления КОВ по уровням дерева целей. Опишем ее для полноты изложения.

Предположим, что построено дерево целей КИП. Пусть m – число уровней дерева целей, $n(i)$ – число вершин (целей) уровня i $(0 \le i \le m)$. Вершину дерева будем обозначать A_i^j, где i – номер уровня дерева целей, j – номер соответствующей цели внутри уровня i, $1 \le j \le$ (i). Дуга (A_i^j, A_{i+1}^k) означает, что цель с номером k уровня $i + 1$ является подцелью цели с номером j уровня i. Единственная вершина A_0^1 уровня 0 соответствует генеральной цели, $n(0) = 1$.

Для каждой пары вершин A_i^j и A_{i+1}^k дерева целей экспертно определяется *коэффициент взаимной полезности* q_{kj}^i, который оценивает вклад цели A_{i+1}^k в достижение цели A_i^j. Должны выполняться соотношения:

$$q_{kj}^i \ge 0 \text{ при } 0 \le i < m,\ 1 \le j \le n(i),\ 1 \le k \le n(i+1); \tag{7.2}$$

$$\sum_{k=1}^{n(i+1)} q_{kj}^i = 1 \text{при } 0 \le i < m,\ 1 \le j \le n(i). \tag{7.3}$$

Последнее соотношение формализует предположение о том, что степень достижения цели j уровня i определяется степенями достижения целей следующего уровня, причем влиять на степень достижения цели A_i^j могут степени достижения не только ее подцелей, а всех целей уровня i + 1.

Для каждой цели A_i^j рассчитывается КОВ p_j^i следующим образом:

$$p_1^0 = 1,\ p_k^{i+1} = \sum_{j=1}^{n(i)} q_{kj}^i p_j^i \text{ при } 1 \le k \le n(i+1). \tag{7.4}$$

Нетрудно доказать, что $p_j^i \ge 0$ для всех i, j и

$$\sum_{j=1}^{n(i)} p_j^i = 1 \text{ при } 0 \le i \le m.$$

Множество E состоит из целей нижнего уровня m, поэтому положим $w_k = p_k^m$ для $k \in \{1, \ldots, n(m)\}$.

При любом способе оценки КОВ для целей из множества E должны удовлетворять условиям

$$w_k \ge 0 \text{ для всех } k \text{ и } \sum_k w_k = 1. \tag{7.5}$$

Для КОВ, определенных с помощью описанной выше методики, условия (7.5) выполняются по построению. При непосредственном экспертном оценивании КОВ выполнение условий (7.5) должно быть обеспечено в процессе сбора и обработки экспертной информации.

Интегральную оценку стратегии x при сценарии y построим в форме линейной свертки:

$$f(x, y) = \sum_k w_k u_k(x, y). \tag{7.6}$$

Мы интерпретируем $u_k(x, y)$ как степень достижения цели e_k при исходе (x, y), w_k – как вклад цели e_k в достижение генеральной цели. Поэтому оценку $f(x, y)$ можно интерпретировать как степень достижения генеральной цели при реализации варианта x в условиях сценария y. Таким образом, КОВ целей соизмеряют разнокачественные частные критерии и определяют скалярный интегральный критерий качества (7.5). Этот критерий позволяет сравнивать конкурирующие альтернативы КИП при фиксированном сценарии y.

Из $0 \le u_k(x, y) \le 1$ и (7.4) следует, что $f(x, y) = 1$ тогда и только тогда, когда $u_k(x, y) = 1$ для всех k. Другими словами, генеральная цель достигается полностью тогда и только тогда, когда все частные цели полностью достигнуты.

Описанный выше подход к оценке вариантов проекта учитывает только степени достижения целей КИП, т.е. результаты. Это корректно, если затраты (ущербы) для рассматриваемых вариантов проекта одинаковы. Более сложен случай, когда проекты отличаются уровнями затрат и результатов.

Если затраты для сравниваемых проектных альтернатив (или вариантов проекта) различны, то возникает проблема соизмерения затрат и результатов, описанных вектором «затраты–результаты». Если все компоненты этого вектора имеют стоимостную меру (и, следовательно, соизмеримы), то при фиксированном сценарии можно применять общепринятые методики оценки экономической эффективности инвестиционных проектов. Если же связанные с проектом затраты и результаты несоизмеримы (разнокачественны), то задачу можно свести к предыдущей следующим образом.

Введем в формулировку генеральной цели проекта требование получения результатов без излишних затрат и неприемлемых ущербов. Тогда при декомпозиции генеральной цели на всех уровнях дерева целей и в его критериальном срезе появятся подцели, связанные с уменьшением затрат и ущербов. Значимость этих целей для достижения генеральной цели можно оценить так же, как значимость «обычных» целей, соответствующих положительным эффектам проекта.

Предлагаемый подход к определению коэффициентов w_k с использованием дерева целей КИП и экспертных процедур излагается ниже.

Выбор варианта КИП с учетом неопределенности сценария. Для выбора предпочтительной альтернативы КИП на первом этапе оценивания, в условиях неопределенности состояния внешней среды в период реализации проекта, будем рассматривать ситуацию принятия решения как игру лица, принимающего решение (инвестора), с «природой» [Шубик, 1973]. Инвестор выбирает альтернативу, а природа (внешняя среда проекта) «выбирает» сценарий, вследствие чего определяется исход игры. Главное предположение этой модели – отсутствие у внешней среды собственной цели: природа не дружественна и не враждебна, но плохо предсказуема.

Выбор альтернативы осуществляется на основании предварительно построенных оценок $f(x, y)$ каждой альтернативы x в условиях каждого сценария y. Предположим, что множества X и Y конечны:

$X = \{x_1, \ldots, x_m\}$, $Y = \{y_1, \ldots, y_n\}$.

Положим $u_{ij} = f(x_i, y_j)$. Тогда результаты оценивания альтернатив можно свести в *оценочную матрицу* $\mathbf{A} = (u_{ij})$ размерности $m \times n$. Элементы этой матрицы являются оценками (по интегральному критерию) исходов, соответствующих всем возможным парам <альтернатива – сценарий>. *Профилем оценок* стратегии x_i называют вектор $(u_{i1}, \ldots, u_{in})$.

Приведем самые употребительные критерии выбора предпочтительной альтернативы x_{i*} (или, что то же самое, номера i*) по оценочной матрице

[Кибалов и др., 2007]. В ситуации радикальной неопределенности, когда оценки вероятностей сценариев неизвестны или не учитываются, применяют правило Гурвица или правило Сэвиджа. В ситуации стохастической неопределенности (риска), когда известны оценки вероятностей реализации сценариев, применяют правило Байеса.

1. Правило Гурвица с параметром $\lambda \in [0, 1]$:

$$i^* \in \operatorname{Arg}\max_i [\lambda \min_j u_{ij} + (1-\lambda)\max_j u_{ij}]. \tag{7.7}$$

Здесь параметр λ можно интерпретировать как меру осторожности лица, принимающего решение. Для каждой стратегии легко определить промежуток (возможно, пустой) значений λ, при которых она является наилучшей по правилу Гурвица. Частными случаями правила Гурвица являются правило Вальда ($\lambda = 1$) и правило «крайнего оптимизма» ($\lambda = 0$).

2. Правило Вальда:

$$i^* \in \operatorname{Arg}\max_i (\min_j u_{ij}). \tag{7.8}$$

Это правило отражает установку осторожного инвестора, не склонного к риску. Выбранная таким образом *максиминная стратегия* x_{i^*} максимизирует гарантированный (при самом неблагоприятном сценарии) результат.

3. Правило «крайнего оптимизма»:

$$i^* \in \operatorname{Arg}\max_i (\max_j u_{ij}). \tag{7.9}$$

Это правило приемлемо для инвестора, склонного к риску. Выбирая *максимаксную стратегию*, он рассчитывает на реализацию самого благоприятного сценария.

4. Правило Сэвиджа:

$$i^* \in \operatorname{Arg}\min_i (\max_j c_{ij}), \text{ где } c_{ij} = \max_k u_{kj} - u_{ij}. \tag{7.10}$$

Здесь c_{ij} – отклонение оценки стратегии x_i при сценарии y_j от оценки наилучшей при этом сценарии стратегии – интерпретируется как риск или «сожаление». Правило выбирает стратегию «минимаксного сожаления», которая минимизирует максимальный риск. Профиль оценок этой стратегии минимально отклоняется от профиля оценок гипотетической «идеальной» стратегии, оценка которой в каждом сценарии равна максимальной оценке, достижимой в этом сценарии стратегиями из X.

5. Правило Байеса:

$$i^* \in \operatorname{Arg}\max_i (\sum_j p_j u_{ij}), \tag{7.11}$$

где p_j – оценки вероятностей сценариев, удовлетворяющие условиям

$$p_j \geq 0, \ \sum_j p_j = 1. \tag{7.12}$$

Условия (7.12) требуют, чтобы набор сценариев был полным в том смысле, что множество Y должно включать все возможные состояния внешней среды. Оценки вероятностей сценариев, как правило, определяются экспертно. Если сценарии равновероятны, правило Байеса превращается в правило Лапласа.

6. Правило Лапласа:

$$i^* \in \operatorname{Arg}\max_i \frac{1}{n}\sum_j u_{ij} \ = \ \operatorname{Arg}\max_i \sum_j u_{ij} \ . \tag{7.13}$$

Это правило называют также правилом «недостаточного основания»: если о вероятностях реализации сценариев развития внешней среды ничего не известно, то предполагают (нередко без достаточных оснований), что они равновероятны.

Есть и другие, реже употребляемые, правила принятия решений в условиях неопределенности: Ходжа-Лемана, Кофмана, Гермейера, правило произведений, правило максимальной вероятности заданного уровня ценности, обобщенный критерий Гурвица.

Перечисленные выше правила формализуют разные системы предпочтений на множестве стратегий, поэтому они отбирают, вообще говоря, разные стратегии. Принимая решение, инвестор может использовать то правило, которое в наибольшей степени соответствует его предпочтениям.

Методика экспертного оценивания. В рамках описанного выше подхода к выбору предпочтительного варианта КИП экспертные процедуры используются для определения коэффициентов взаимной полезности целей, степеней достижения целей альтернативами и, возможно, вероятностей реализации сценариев. Применяемая нами методика сбора и обработки экспертной информации описана в работах [Кибалов и др., 2008; Белкин, Левин, 1990].

Мы считаем, что во всех указанных случаях непосредственное количественное оценивание с соблюдением, как правило, дополнительных ограничений типа (7.3) и (7.12) является трудной задачей для эксперта, и результаты такого оценивания ненадежны. Поэтому мы предлагаем каждому эксперту упорядочить оцениваемые объекты по их качеству в смысле заданного критерия. Результат работы эксперта можно представить как упорядоченный список всех объектов, соединенных знаками «больше» (предшествующий объект лучше последующего) или «равно» (предшествующий объект эквивалентен последующему).

Предположим, что m_{ij} экспертов предпочитают объект i объекту j и n_{ij} экспертов считают эти объекты равноценными. Процедуру оценивания можно интерпретировать как «турнир между объектами», в котором число кругов равно числу экспертов и объект i «набирает» $a_{ij} = m_{ij} + 0{,}5n_{ij}$ очков против объекта j. Величина $s_{ij} = a_{ij}/a_{ji}$ при $i \neq j$ дает относительную оценку качества объектов i и j при автономном сравнении этих объектов. Положим $s_{ii} = 1$ для всех i и составим матрицу $\mathbf{S} = (s_{ij})$. По терминологии работы [Белкин, Левин, 1990], это матрица парных сравнений в степенной калибровке.

Известный метод обработки матрицы парных сравнений [Хуторецкий, 1994; Саати, 2010] позволяет по матрице **S** найти относительные оценки объектов. А именно, собственный вектор этой матрицы, соответствующий ее максимальному собственному числу (*главный собственный вектор*), пропорционален вектору оценок объектов. Этот метод реализован специальной программой, разработанной А.Б. Хуторецким.

Предположим, что мы оцениваем коэффициенты взаимной полезности q_{kj}^{i} целей A_{i+1}^{k} для фиксированной цели A_{i}^{j} предшествующего уровня. Тогда эксперты упорядочивают цели A_{i+1}^{k} уровня $i + 1$ по невозрастанию их значимости для достижения цели A_{i}^{j}. Чтобы найти оценки q_{kj}^{i}, в соответствии с формулой (7.3) главный собственный вектор матрицы **S** нужно нормировать делением на сумму его координат. Из (7.12) следует, что такое же нормирование нужно использовать при оценке вероятностей реализации сценариев (эксперты упорядочивают сценарии по неубыванию вероятностей).

Рассмотрим теперь оценивание степеней достижения фиксированной цели A критериального среза при различных исходах. В этом случае эксперты упорядочивают все исходы (x_i, y_j) по невозрастанию степени достижения цели A стратегией x_i в условиях сценария y_j, и матрица **S** имеет размерность $mn \times mn$. Допустим, что множества X и Y с достаточной полнотой описывают доступные альтернативы и возможные состояния внешней среды. Тогда рассматриваемая цель не может быть достигнута в большей степени, чем при наиболее благоприятном для нее исходе. Это значит, что максимальная координата главного собственного вектора матрицы **S** соответствует исходу, в котором степень достижения цели A равна 1. Следовательно, вектор относительных оценок нужно нормировать делением на его максимальную координату.

Описанный подход сталкивается с серьезными трудностями, если все эксперты предпочтут объект i объекту j хотя бы для одной пары объектов i и j. Тогда $m_{ij} = n_{ij} = a_{ij} = 0$, и значение s_{ij} не определено. Проблему можно обойти двумя способами: либо заменить нулевое значение m_{ij} малым положительным числом, либо ввести фиктивного «эксперта», для которого все объекты равноценны (тогда все a_{ij} возрастут на 0,5).

7.3. ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ ТРАНСПОРТНОГО КИП НА ПЕРВОМ ЭТАПЕ (ЧИСЛОВОЙ ПРИМЕР)

Вербальное описание проекта. В качестве числового примера применения описанного выше подхода к оценке крупномасштабных инвестиционных проектов рассмотрим проект обеспечения устойчивой скоростной транспортной связи между островом Русский и городом Владивосток (далее – проект А). Проблема, которую призван решить этот проект, существует давно: действующая паромная переправа между городом и островом устарела морально и физически, является «узким местом», препятствующим пространственному развитию Владивостока и совершенствованию его транспортной системы.

После принятия решения о проведении саммита АТЭС–2012 во Владивостоке и строительстве на о. Русском ключевых объектов, обеспечивающих проведение саммита в соответствии с мировыми стандартами, проект А приобрел характер федерального. Он явился частью масштабных преобразований транспортной инфраструктуры Приморского края, которые должны были обеспечить мероприятия саммита АТЭС–2012. Финансирование строительства осуществлялось в рамках федеральной целевой программы «Экономическое и социальное развитие Дальнего Востока и Забайкалья до 2013 года» и ее подпрограммы «Развитие г. Владивостока как центра международного сотрудничества в Азиатско-Тихоокеанском регионе»[1]. Создаваемая в рамках проекта А транспортная коммуникация, перекрывающая пролив Босфор Восточный, и строящийся параллельно мост через пролив Золотой Рог позволят создать автомагистраль протяженностью 5,7 км, которая образует стержень транспортной системы г. Владивостока.

Техническими альтернативами преодоления пролива Босфор Восточный являются мост, тоннель и паром. Будем далее обозначать эти варианты x_1, x_2 и x_3 соответственно.

Структуризация системы целей проекта. Из приведенного выше описания проекта А ясен его многоцелевой характер. Действительно, по замыслу разработчиков реализация проекта во взаимосвязи с другими инфраструктурными проектами Приморья и Владивостока позволит создать линию взаимодействия России и стран АТР и укрепить позиции России и края в этом бурно развивающемся регионе (*цель политическая*). Кроме того, реализация проекта А будет способствовать существенному улучшению качества жизни населения Владивостока и всего Приморского края, даст импульс устойчивому развитию территории (*цель социальная*). Наконец, проект позволит превратить Владивосток в центр делового, политического и инновационного сотрудничества на востоке страны (*цель экономическая*).

[1] Известия. – 2010. – 17 октября.

Указанные цели образуют систему, мы будем считать их подцелями *общественной цели* проекта А, которая, в свою очередь, является одной из двух подцелей генеральной цели проекта. Второй подцелью генеральной цели будем считать *коммерческую цель*, связанную с финансовой эффективностью проекта.

Критериями предпочтительности конкурирующих альтернатив, позволяющими судить об их сравнительной ожидаемой эффективности, естественно считать степени достижения общественной и коммерческой целей. Нам неизвестно, каким образом оценивал альтернативы генеральный проектировщик проекта. Поэтому весь нижеследующий текст можно рассматривать как проверку правильности уже принятого решения, когда была выбрана для реализации альтернатива x_1 (мост).

Рис.7.5. Дерево целей проекта А

Перечисленные выше подцели общественной цели не имеют адекватной денежной меры. Поэтому для дальнейшей структуризации мы использовали полуформальную методику построения дерева целей. Неформальным элементом методики является участие экспертов на всех этапах построения дерева целей. Формальными элементами являются правила, которыми должны руководствоваться эксперты, процедуры выявления коллективного мнения и способы обработки экспертной информации [Шубик, 1973].

Учитывая дефицит релевантной информации, что является особенностью предпроектного этапа, и уникальность проекта, не будем подвергать декомпозиции коммерческую цель. В качестве показателя (критерия), оценивающего степень достижения этой цели, используем показатель «период окупаемости проекта», полагая, что чем меньше период окупаемости, тем больше степень достижения коммерческой цели проекта. Экспертам предлагалось упорядочить исходы по неубыванию срока окупаемости, что эквивалентно невозрастанию степени достижения коммерческой цели. Далее эти упорядочения обрабатывались, как описано в п. 7.2. Как и для других целей, мы считали, что максимальное (по всем исходам) значение координаты главного собственного вектора матрицы парных сравнений соответствует полному достижению коммерческой цели, и измеряли степени ее достижения во всех исходах в долях от этого максимального значения, равного 1.

После проведения с экспертами процедуры «мозгового штурма» структура дерева целей проекта получила вид, представленный на рис. 7.5. В критериальный срез дерева целей вошли шесть подцелей общественной цели проекта и коммерческая цель (выделены на рисунке серым цветом).

Оценивание коэффициентов взаимной полезности и расчет коэффициентов относительной важности. На рис. 7.5 целям присвоены традиционные иерархические коды. Соответствие между этими кодами и обозначениями целей, введенными в п. 7.2, устанавливает табл.7.2.

Эксперты согласились с тем, что структура дерева целей и коэффициенты взаимной полезности целей инвариантны во всех сценариях. Они также решили, что на степень достижения каждой цели уровня 2 влияют только степени достижения двух ее подцелей.

Таблица 7.2

Уровни, коды и обозначения целей

Уровень (i)	0	1		2			3					
Номер цели внутри уровня (j)	1	1	2	1	2	3	1	2	3	4	5	6
Код цели	0	0.1	0.2	0.1.1	0.1.2	0.1.3	0.1.1.1	0.1.1.2	0.1.2.1	0.1.2.2	0.1.3.1	0.1.3.2
Обозначение цели	A_0^1	A_1^1	A_1^2	A_2^1	A_2^2	A_2^3	A_3^1	A_3^2	A_3^3	A_3^4	A_3^5	A_3^6

Соизмерение значимостей целей уровня 1 (общественной и коммерческой) – ключевой и одновременно наиболее трудный момент процедуры экспертного оценивания. Мнения экспертов при ранжировании этих целей существенно разошлись, поэтому пока не будем фиксировать численные значения соответствующих коэффициентов относительной важности (q_{11}^0 q_{11}^0 и q_{21}^0 в обозначениях п. 7.2), а, учитывая формулу (7.4), зададим их параметрически, положив $q_{11}^0 = \varphi$ и $q_{21}^0 = 1-\varphi$.

Для подцелей уровней 2 и 3 с помощью экспертной процедуры, изложенной в п. 7.2, были получены коэффициенты взаимной полезности, указанные в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Коэффициенты взаимной полезности для целей второго и третьего уровней

Уровень	1			2					
Цель	A_1^1			A_2^1		A_2^2		A_2^3	
Подцель	A_2^1	A_2^2	A_2^3	A_3^1	A_3^2	A_3^3	A_3^4	A_3^5	A_3^6
Коэффициент взаимной полезности	0,5	0,3	0,2	0,6	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5

Теперь по формуле (7.4) можем найти коэффициенты относительной важности для целей критериального среза (табл. 7.4).

Таблица 7.4

Коэффициенты относительной важности для целей критериального среза при неопределенном φ

Обозначение цели критериального среза	A_3^1	A_3^2	A_3^3	A_3^4	A_3^5	A_3^6	A_1^2
Номер цели в критериальном срезе	1	2	3	4	5	6	7
Коэффициент относительной важности	$0{,}3\varphi$	$0{,}2\varphi$	$0{,}12\varphi$	$0{,}18\varphi$	$0{,}1\varphi$	$0{,}1\varphi$	$1-\varphi$

Построение и анализ оценочной матрицы. Были сформулированы и предъявлены экспертам три сценария развития внешней среды проекта: оптимистический, наиболее вероятный и пессимистический. Обозначим их y_1, y_2 и y_3 соответственно. В сочетании с тремя альтернативами (мост, тоннель и паром), которые мы обозначили x_1, x_2 и x_3 соответственно, они порождают девять исходов (x_i, y_j). Элементами оценочной матрицы, в соответствии с (7.6) и ниже приводимой формулой, являются числа:

$$u_{ij} = f(x_i, y_j) = \sum_k w_k u_k(x_i, y_j), \qquad (7.14)$$

где w_k – коэффициент относительной важности цели критериального среза с номером k (см. табл.7.3), $u_k(x_i, y_j)$ – степень достижения этой цели альтернативой x_i в сценарии j.

Для подцелей общественной цели значения $u_k(x_i, y_j)$ при $1 \le k \le 6$ оценивались с использованием экспертных упорядочений по методике, описанной в разделе 7.4. Степень достижения коммерческой цели ($k = 7$) оценивалась с помощью показателя «срок окупаемости», как описано в п. 7.2.

Таблица 7.5

Оценки степеней достижения целей критериального среза для каждого исхода

Альтернатива	Номер цели критериального среза						
	1	2	3	4	5	6	7
Сценарий y_1 (оптимистический)							
x_1 (мост)	1	1	1	1	1	1	1
x_2 (тоннель)	0,4	0,54	0,54	0,54	1	0,54	0,3
x_3 (паром)	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,1
Сценарий y_2 (наиболее вероятный)							
x_1 (мост)	1	1	1	1	1	1	0,3
x_2 (тоннель)	1	1	0,54	0,54	1	0,54	1
x_3 (паром)	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,1
Сценарий y_3 (пессимистический)							
x_1 (мост)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
x_2 (тоннель)	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
x_3 (паром)	1	1	1	1	1	1	1

В табл. 7.5 степени достижения целей оценены для каждого сценария отдельно; это означает, что максимальное (по альтернативам) достижение подцелей в рамках рассматриваемого сценария и есть полное достижение подцели. Однако в другом сценарии максимум может быть другим, т.е. содержание выражения «полное достижение подцели» зависит от сценария. Для того чтобы соизмерить степени достижения целей в разных сценариях, была разработана и осуществлена следующая процедура.

Каждой подцели критериального среза из табл. 7.5 ставились в соответствие все возможные пары «альтернатива–сценарий», и экспертам предлагалось упорядочить эти пары по невозрастанию степени достижения подцели критериального среза при соответствующем сочетании альтернативы и сценария. Так как в нашем примере три альтернативы и три сценария, то число упорядочиваемых объектов равно девяти.

Далее, как и в предыдущем случае, экспертные упорядочения оценивались с использованием методики, описанной в п. 7.2. Изложим эту процедуру в деталях.

Обращаясь к табл. 7.5, сформируем и пронумеруем пары (исходы):

I – <альтернатива x_1 (мост) – сценарий y_1 (оптимистический)>;

II – <альтернатива x_2 (тоннель) – сценарий y_1 (оптимистический)>;

III – <альтернатива x_3 (паром) – сценарий y_1 (оптимистический)>;

IV – <альтернатива x_1 (мост) – сценарий y_2 (наиболее вероятный)>;

V – <альтернатива x_2 (тоннель) – сценарий y_2 (наиболее вероятный)>;

VI – <альтернатива x_3 (паром) – сценарий y_2 (наиболее вероятный)>;

VII – <альтернатива x_1 (мост) – сценарий y_3 (пессимистический)>;

VIII – <альтернатива x_2 (тоннель) – сценарий y_3 (пессимистический)>;

IX – <альтернатива x_3 (паром) – сценарий y_3 (пессимистический)>.

Таблица 7.6

Степени достижения целей критериального среза

Исход	Подцель						
	1	2	3	4	5	6	7
I	1,00	0,18	1,00	1,00	1,00	1,00	0,18
II	0,82	1,00	0,82	0,82	0,82	0,82	0,32
III	0,23	0,55	0,18	0,23	0,23	0,23	0,68
IV	0,68	0,23	0,68	0,68	0,68	0,55	0,45
V	0,55	0,82	0,55	0,55	0,55	0,68	0,55
VI	0,27	0,45	0,36	0,27	0,27	0,36	0,82
VII	0,45	0,32	0,27	0,45	0,45	0,32	0,23
VIII	0,36	0,68	0,45	0,36	0,36	0,41	0,32
IX	0,23	0,32	0,23	0,18	0,18	0,18	1,00

По экспертным ранжированиям пар I–IX по степени достижения каждой цели критериального среза была построена матрица **S**, найден вектор относительных оценок, и результаты пронормированы, как описано в п. 7.2. Полученные оценки степеней достижения целей критериального среза при всех исходах указаны в табл. 7.6. Эта таблица содержит матрицу значений $u_k(x_i, y_j)$, причем парам (x_i, y_j) соответствуют строки, а номерам k целей критериального среза – столбцы.

Далее, приняв в табл. 7.4 значение $\varphi = 0{,}65$, получаем коэффициенты относительной важности подцелей критериального среза, указанные в табл. 7.7.

Таблица 7.7

Коэффициенты относительной важности подцелей критериального среза при φ = 0,65

Номер цели в критериальном срезе	1	2	3	4	5	6	7
Коэффициент относительной важности	0,20	0,13	0,08	0,12	0,06	0,06	0,35

Наконец, умножив матрицу из табл. 7.6 на столбец коэффициентов относительной важности, приведенных в табл. 7.7, найдем степени достижения генеральной цели при всех исходах (табл. 7.8).

Таблица 7.8

Степени достижения генеральной цели

Исход	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Степени достижения генеральной цели	0,61	0,67	0,42	0,54	0,59	0,50	0,33	0,40	0,50

Учитывая нумерацию исходов, составим оценочную матрицу **A** = (u_{ij}), которая выделена в табл. 7.9.

Таблица 7.9

Оценочная матрица

Стратегия	Сценарий				
	y_1	y_2	y_3	$\min_j u_{ij}$	$\max_j u_{ij}$
x_1	0,61	0,54	0,33	0,33	0,64
x_2	0,67	0,59	0,40	0,40	0,67
x_3	0,42	0,50	0,50	0,42	0,50
$\max_i u_{ij}$	0,67	0,59	0,50		

Сразу видно, что альтернатива x_2 (тоннель) доминирует альтернативу x_1 (мост). Поэтому далее будем сравнивать только альтернативы x_2 и x_3. Критерий Гурвица для них имеет вид:

$G(x_2) = 0{,}4\lambda + 0{,}67(1-\lambda) = 0{,}67 - 0{,}27\lambda$,

$G(x_3) = 0{,}42\lambda + 0{,}5(1-\lambda) = 0{,}5 - 0{,}08\lambda$.

Решив неравенство $G(x_2) \geq G(x_3)$, выясним, при каких значениях $\lambda \in [0, 1]$ альтернатива x_2 является лучшей. Оказывается, правило Гурвица рекомендует строить тоннель, если показатель осторожности λ не превышает 0,79. Осторожный инвестор, у которого $\lambda >$ 0,79, предпочел бы паром.

При крайних значениях λ правило Гурвица превращается в правило Вальда (λ = 1) и правило «крайнего оптимизма» (λ = 0). Из предшествующе-

го анализа ясно, что предпочтительной альтернативой по правилу Вальда является паром, а по правилу «крайнего оптимизма» – тоннель.

Используя последнюю строку табл. 7.9, построим матрицу сожалений (выделена в табл. 7.10).

Таблица 7.10

Матрица сожалений

Стратегия	Сценарий			
	y_1	y_2	y_3	Максимум
x_1	0,06	0,05	0,16	0,16
x_2	0,00	0,00	0,10	0,10
x_3	0,24	0,09	0,00	0,24

Видим, что по правилу Сэвиджа предпочтительной является альтернатива x_2 (тоннель).

Итак, результаты анализа однозначны только в отношении альтернативы x_1: сооружение моста неэффективно. Правило Гурвица, в отличие от правила Сэвиджа, имеет аксиоматическое обоснование [Виленский и др., 2001], однако нет обоснованных способов идентификации параметра λ. Выбор между тоннелем и паромом зависит от соотношения оценок значимости целей первого уровня (общественной и коммерческой), применяемого правила принятия решений и осторожности инвестора. В конечном счете выбор является прерогативой инвестора, опирающегося на свою систему ценностей [Мартино, 1977] (в том числе склонность к риску), интуицию и финансовые возможности. Наш опыт оценки КИП указывает на необходимость проведения в подобных обстоятельствах дополнительных туров экспертизы. В самых сложных случаях целесообразно создать альтернативную группу экспертов и повторить всю процедуру оценки. По-видимому, для анализируемого нами проекта реализовался именно такой случай.

В реальности была выбрана и активно осуществляется при мощной федеральной поддержке альтернатива x_1 (мост), которую наш анализ отверг как неэффективную (по любому критерию). Это означает, что правительственные эксперты и лица, принимавшие решения относительно интересующего нас проекта, исходили из системы ценностей, существенно отличающейся от той, которая отражена нашими экспертами в дереве целей проекта и коэффициентах относительной важности целей. Ключевую роль играет параметр φ, значения которого указывают на относительную важность целей *общественной* (0,65) и *коммерческой* (0,35) для достижения генеральной цели проекта. Мы предполагаем, что для каждого критерия принятия решений можно выяснить, при каких значениях параметра φ строительство моста становится предпочтительным по этому критерию. Это позволило бы расчетным путем выявить (хотя бы частично) систему приоритетов, при кото-

рой строительство моста оказывается предпочтительней других вариантов реализации проекта.

Следует заметить, что приведенные экспертные ранги на этапе оценивания были получены от неангажированных экспертов. Для того чтобы представляемая методика определения целерационального проекта имела не только научное, но и практическое значение, авторами был проведен экспертный опрос (далее – второй экспертный опрос) ангажированных специалистов-мостовиков.

Таблица 7.11

Коэффициенты взаимной полезности для целей второго и третьего уровней

Уровень	2			3					
Цель	A_1^1			A_2^1		A_2^2		A_2^3	
Подцель	A_2^1	A_2^2	A_2^3	A_3^1	A_3^2	A_3^3	A_3^4	A_3^5	A_3^6
Коэффициент взаимной полезности	0,33	0,41	0,26	0,58	0,42	0,17	0,83	0,58	0,42

Таблица 7.12

Коэффициенты относительной важности для целей критериального среза

Обозначение цели критериального среза	A_3^1	A_3^2	A_3^3	A_3^4	A_3^5	A_3^6	A_1^2
Номер цели в критериальном срезе	1	2	3	4	5	6	7
Коэффициент относительной важности	0,19	0,14	0,10	0,31	0,15	0,11	0,01

Таблица 7.13

Оценочная матрица

Стратегии	Сценарии				
	y_1	y_2	y_3	$\min_j u_{ij}$	$\max_j u_{ij}$
x_1	0,967	1,000	0,456	0,456	1,000
x_2	0,615	0,279	0,164	0,164	0,615
x_3	0,016	0,029	0,969	0,016	0,969
$\max_i u_{ij}$	0,967	1,000	0,969		

Приведем лишь основный результат второго экспертного опроса. По аналогии с табл. 7.3 была составлена табл. 7.11. Напомним, что при первом экспертном опросе мы приняли значимость целей первого уровня относительно коэффициента φ как 0,65 и 0,35. Однако на данном этапе все эксперты единогласно определили значимость коммерческой цели равной нулю.

Иначе говоря, ангажированные специалисты готовы не учитывать финансовые выгоды от проекта ввиду того, что их значимость, по мнению экспертов, несравнима с общественной полезностью проектируемых транспортных сооружений. Следуя формуле (7.4), можно утверждать, что данный факт существенным образом влияет на предпочтительность проектов, что подтверждается расчетами (табл. 7.12).

По аналогии с табл. 7.9 сформируем результирующую оценочную матрицу для второго экспертного опроса (табл. 7.13). Отметим, что альтернатива x_1 (мост) доминирует во всех сценариях, кроме пессимистического. Проводя критериальную аналитику матрицы, получаем, что альтернатива x_1 (мост) является предпочтительной по любому из используемых нами правил (в том числе по критерию Гурвица с любым значением λ). Иначе говоря, выбор ангажированных экспертов полностью совпал с тем, который приняли федеральные специалисты, принимавшие проектное решение по строительству моста на о. Русский.

Также отметим значения коэффициентов конкордации, отражающих согласованность экспертных суждений. Для первого этапа экспертизы коэффициенты конкордации имеют высокие значения, в то время как для второго этапа в отдельных случаях они находятся на нижней допустимой границе согласованности. Это свидетельствует о том, что у экспертов, работавших в данном туре экспертизы, индивидуальные суждения о приоритетности альтернатив существенно расходятся, что лишний раз подчеркивает сложность проблемы и неоднозначность принимаемого решения.

На этом завершается первый этап оценки стратегических альтернатив проекта А. Далее, на втором этапе оценки (см. рис. 7.4) мы будем исходить из фактически принятого решения о сооружении моста через пролив Босфор Восточный и оценивать альтернативные варианты реализации этого инвестиционного решения.

7.4. ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ ТРАНСПОРТНОГО КИП НА ВТОРОМ ЭТАПЕ (ЧИСЛОВОЙ ПРИМЕР)[1]

Постановка проблемы оценки альтернатив проекта *Мост*. Любой проект моста «остров Русский – материк» технически чрезвычайно сложен. Это крупнейший мост, который строится через морскую акваторию и перекрывает водное пространство длиной 1,6 км, рекордный в мировой практике мостостроения. Строительными нормами и правилами такой мост определяется как «уникальный». При его проектировании необходимо учесть ряд серьезных факторов, продиктованных условиями судоходства, сложнейшими геологическими, климатическими и сейсмическими условиями региона. Работа над проектом требует особого подхода к проведению комплекса специ-

[1] Авторы благодарят профессора Сибирского государственного университета путей сообщения А.Е. Бахтина, предоставившего данные для числовых расчетов.

альных исследований, изысканий, сбору необходимых исходных данных, разработки специальных технических условий с учетом накопленных научных теоретических и практических знаний в области отечественного и мирового опыта мостостроения [Егоров, 2009].

Далее мы проанализируем альтернативные варианты проекта *Мост*: *Мост вантовый* и *Мост подвесной*. Принимая во внимание технические особенности технологии сооружения указанных мостов, влияющие на уровень рисков возникновения аварийных ситуаций в ходе монтажных работ, внимание концентрируется на экономических характеристиках альтернатив и выяснении экономических преимуществ одной из них с помощью модели денежного потока сравниваемых проектов. Эта сильно агрегированная стоимостная модель, в отличие от рассмотренной на первом этапе статической модели сооружения и эксплуатации моста (наиболее предпочтительной стратегической альтернативы), является динамической и отражает конфигурацию притоков и оттоков денежных средств в течение жизненного цикла проекта в поквартальном разрезе.

Прежде всего следует указать, что для краткости везде в предыдущем изложении под термином *Мост* подразумевался мостовой переход, понимаемый как комплекс сооружений, возводимых при устройстве автомагистрали над проливом Босфор Восточный для соединения материковой части г. Владивосток и о. Русский. В состав мостового перехода входят: собственно мост, насыпи подходов к нему, регуляционные и берегоукрепительные сооружения, предотвращающие размыв берегов и насыпей подходов. Мы исходили из того, что капитальные затраты по альтернативам, исключая сооружение собственно мостов, одинаковы.

При сравнительной оценке альтернатив с помощью модели денежного потока предполагалось, что проекты Мост вантовый и Мост подвесной различаются только капитальными затратами на их сооружение в период строительства. Доходы и расходы всех видов в эксплуатационном периоде и продолжительность этого периода принимались одинаковыми для обоих мостов.

Мы отталкиваемся от стандартной модели денежного потока, где в качестве критерия оценки предпочтительности сравниваемых проектов выступал показатель чистого дисконтированного дохода (NPV):

$$NPV = -\sum_{t=1}^{n} \frac{I_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+r)^t}, \qquad (7.15)$$

где I_t – вложение средств в году t, CF_t – поступления денежных средств в конце периода t, r – ставка дисконтирования. Предпочтительным считается проект, доставляющий максимум показателю *NPV*.

В рамках сформулированных предпосылок стандартная модель модифицируется следующим образом. В силу принятых предпосылок вторые сла-

гаемые в формуле (7.15) – дисконтированные суммы поступлений денежных средств (с плюсом и минусом) за период эксплуатации – для сравниваемых проектов равны между собой. Тогда предпочтительным является проект, обеспечивающий минимум первого слагаемого, т.е. минимум капитальных затрат на сооружение того или иного варианта моста, приведенных к кварталу начала строительства по ставке $r = r'/4$ (где r' – годовая норма дисконтирования), что эквивалентно максимизации *NPV* за жизненный цикл проекта. Дальнейшее изложение методики оценки сравнительной эффективности Моста вантового и Моста подвесного опирается на данную модификацию стандартной модели.

Для учета фактора неопределенности (риска) в стандартных моделях обычно применяется вероятностный подход. Мы же, исходя из уникальности альтернатив, учитываем фактор неопределенности при оценке ожидаемой эффективности сравниваемых проектов с помощью теории нечетких множеств.

Как уже было указано выше, любой КИП находится под воздействием ряда эндогенных и экзогенных факторов, порождающих радикальную неопределенность. Вследствие этого применение методов оценки, основанных на статистике, становится невозможным, и мы обращаемся к экспертному анализу. При этом подразумевается, что поведение внешней среды проекта, по сути, не случайно и подчиняется некоторому закону, который невозможно выразить математически (ввиду сложности порождаемой системы либо невозможности квантификации информации). Однако предполагаем, что привлекаемый к оценке проблемы эксперт оперирует обозначенным законом.

Наряду с методом экспертного анализа мы можем прийти к соглашению о некотором разбросе ключевых параметров этого закона и, как следствие, его формальном представлении. В результате этого порождается система, являющаяся синтезом классической теории вероятностей (количественные значения переменных) и лингвистических суждений (качественные значения переменных) – теория нечетких множеств. Преимуществом применения такого подхода является возможность одновременно оперировать как количественной, так и качественной информацией (в том числе экспертными суждениями).

Это является немаловажным фактором, поскольку оценивание экономической эффективности проектов посредством только экспертного анализа порождает весьма субъективные суждения. Подкрепление таких суждений количественной информацией выведет оценку КИП на новый уровень, по нашему мнению, значительно увеличивающий доверие лица, принимающего решение (ЛПР), к исследуемым в данном разделе методам. К тому же применение теории нечетких множеств также позволяет выражать (как качественно, так и количественно) степень неуверенности ЛПР в принимаемом решении, что будет показано в конце главы.

Основы теории нечетких множеств изложены в пионерной работе Л. Заде [Заде, 1976], а также освещены в публикациях отечественных авторов [Орловский, 1981; Гранберг, Суспицын, 1988; Беспалов, Шипилина, 2010]. Операции с нечеткими множествами применительно к финансовому анализу инвестиционных проектов описаны А.О. Недосекиным [Недосекин, 2002, 2003(*а,б*)]. Наша версия использования идей указанных работ для рассматриваемого случая состоит в следующем.

Рассмотрим множества переменных, характеризующих КИП в модели принятия инвестиционного решения, в контексте нечетко-множественного описания применительно к модифицированной постановке задачи (7.15):

X – обычное («четкое») множество допустимых альтернатив, в примере рассматриваются две фиксированные альтернативы: Мост подвесной и Мост вантовый;

U – обычное множество критериев оценки исходов, в нашем случае используется только один критерий: минимум капитальных затрат;

E – обычное множество целей КИП;

Y – нечеткое множество возможных состояний (сценариев развития) внешней среды проекта, данное множество включает в себя комплекс всех возможных изменений экзогенных факторов, таких как политическая и экономическая ситуации, налоговая политика, колебания цен, изменения ставки дисконтирования и т.д.;

S – нечеткое множество возможных исходов, нечеткость данного множества порождается его определением: F: $X \times Y \rightarrow S$.

Следуя подходу Л. Заде [Заде, 1976], можно утверждать, что любое взаимодействие с участием нечетких множеств не может представлять четкий результат. Иными словами, результат такого взаимодействия всегда будет нечетким.

Процедура решения. В рассмотренном ранее дереве целей, второй уровень представлен общественной и коммерческой целями. Памятуя, что степень достижения общественной цели инвариантна в обеих альтернативах, дальнейшие процедуры их оценки ориентированы на максимизацию степени достижения коммерческой цели, т. е. на минимизацию затрат на втором этапе (см. рис. 7.3).

Таким образом, интерпретация реализационной структуры $<X, Y, S, F>$ принимает вид: при взаимодействии (F) конкретно определенной альтернативы (X) с нечетким состоянием внешней среды (Y) порождается нечеткий исход (S). Оценочная структура $<U, E>$ остается такой же, как в случае работы с экспертными системами [Бахтин, Кибалов, 2011], ввиду нецелесообразности повышения сложности модели.

Ожидаемые (недисконтированные) инвестиции проекта в варианте Мост вантовый во временной развертке отображены в табл. 7.14, в варианте Мост подвесной – в табл. 7.15. Графически эпюра капитальных затрат изображена на рис. 7.6.

Таблица 7.14

Расчетные (недисконтированные) капитальные затраты проекта *Мост вантовый*, млн руб.

Год	Квартал			
	1	2	3	4
2009	–335,61	–313,18	–220,12	–205,55
2010	–348,00	–316,85	–231,20	–226,34
2011	–229,14	–213,82	–138,39	–138,39
2012	–136,89	–103,43	–44,45	–13,65
Суммарно	–3215,00			

Таблица 7.15

Расчетные (недисконтированные) капитальные затраты проекта *Мост подвесной*, млн руб.

Год	Квартал			
	1	2	3	4
2009	–108,50	–156,87	–111,07	–188,79
2010	–433,20	–431,00	–435,49	–572,29
2011	–374,23	–190,35	–192,44	–192,44
2012	–190,35	–71,87	–69,45	–61,57
2013	–41,37	–45,71	–	–
Суммарно	–3867,00			

Приведение капитальных затрат за период строительства к первому кварталу 2009 г. позволило исчислить их дисконтированные суммы для каждого проекта по формуле (7.15) при квартальной ставке дисконтирования $r = 0{,}12/4$. Для *Моста вантового* искомая сумма составила 2667,69 млн руб., для *Моста подвесного* – 3077,51 млн руб. Следовательно, при детерминированной оценке по стандартной модели предпочтительным является *Мост вантовый,* но без учета риска, который возникает из-за возможного обрушения моста как следствия принятой схемы его монтажа[1]. Собственно, для выяснения, останется ли *Мост вантовый* предпочтительнее *Моста подвесного* при должном учете указанного риска, и применяется инструментарий нечетких множеств в настоящем примере.

[1] Риск обрушения при реализации альтернативы *Мост вантовый* связан с особенностью технологии его строительства: при монтаже будет необходимо обеспечить устойчивость в горизонтальной плоскости двух консолей длиной более 0,5 км, надвигаемых навстречу друг другу с береговых пилонов на шестисотметровых вантах и стыкуемых на высоте 70 м над проливом. Возможные порывы ветра в районе стыковки достигают 40 м/с. При боковом ветре такой скорости даже стоящий автомобиль сносит с дороги, а безопасный монтаж подобных конструкций гарантирован только при скорости 11 м/с.

Для анализа эффективности проектов по модифицированной формуле (7.15) в терминах нечетких множеств можно применить трапециевидные либо треугольные нечеткие числа. Однако трапециевидное описание требует идентификации как минимум двух точек на оси затрат, определяющих «вилку» возможных инвестиций. Рассматриваемые в примере проекты на момент анализа имели лишь одну точку, отражающую приблизительный уровень капитальных расходов. Поэтому для описания возможных объемов инвестиций ниже применены треугольные нечеткие числа.

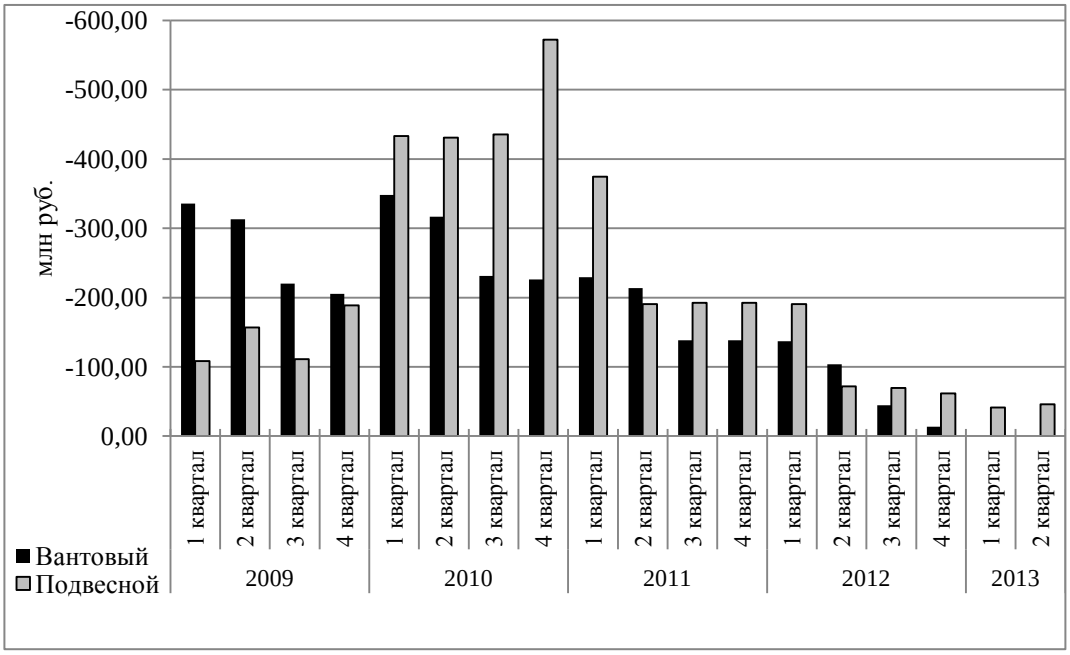


Рис. 7.6. Эпюра ожидаемых (недисконтированных) затрат по вариантам проекта моста на этапе строительства

Приведем некоторые общие определения, касающиеся понятия «треугольное число», в увязке с нашим числовым примером. Рассмотрим изображенное на рис. 7.7 треугольное число на плоскости [X; $\mu(x)$], где: X – нормализованное представление денежного потока; увеличение эффективности (полезности) показателя принимается слева направо, т.е. от нуля к единице (применительно к анализу затрат двух проектов – наименее затратный из них будет находиться правее); $\mu(x)$ – степень принадлежности элемента x нечеткому множеству, представляющая собой число от 0 до 1; значение 0 означает, что x не принадлежит данному множеству, значение 1 – что x заведомо принадлежит множеству, значения между 0 и 1 характеризуют степень уверенности в том, что x принадлежит данному множеству.

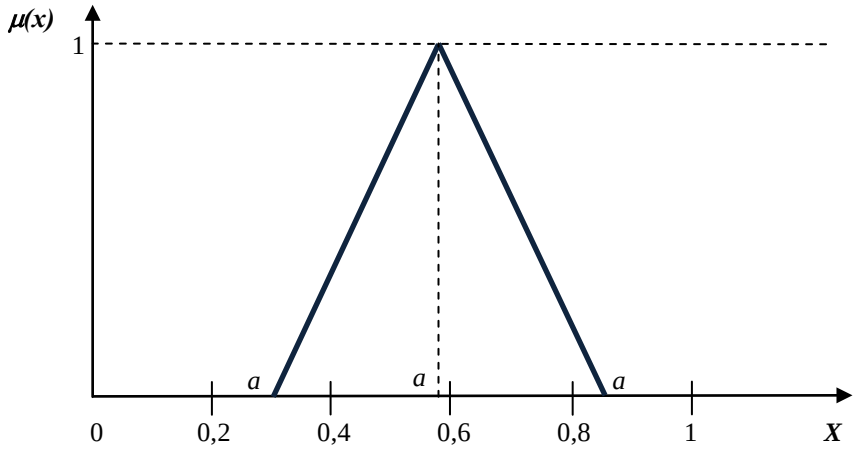


Рис. 7.7. Пример треугольного нечеткого числа

В целях компактной записи треугольные функции принадлежности $\mu(x)$ описываются треугольными числами $\beta(a_1,\ a_2,\ a_3)$ [Недосекин, 2002], где a_1, a_3 – абсциссы нижнего основания, a_2 – абсцисса вершины треугольника (см. рис. 7.7).

Приведенные выше затраты отображают ожидания инвестора в наиболее вероятном сценарии, образуя точки a_2 треугольной функции принадлежности. Определение значений a_1 и a_3 (в пессимистическом и оптимистическом сценариях соответственно) связано с пересечением множества альтернатив и нечеткого множества состояний внешней среды проекта.

Рассмотрим ситуацию, когда эксперты определили, что предельно возможные изменения стоимости мостов в оптимистическом и пессимистическом сценариях составят 25% от средних ожидаемых затрат. Тогда переменные a_1 и a_3 примут значения:

$$a_1^{вантовый} = -3215 \times (100\% + 25\%) = -4018{,}75\ млн\ руб.;$$

$$a_3^{вантовый} = -3215 \times (100\% - 25\%) = -2411{,}25\ млн\ руб.;$$

$$a_1^{подвесной} = -3867 \times (100\% + 25\%) = -4833{,}75\ млн\ руб.;$$

$$a_3^{подвесной} = -3867 \times (100\% - 25\%) = -2900{,}25\ млн\ руб.$$

В пессимистическом сценарии проекта *Мост вантовый* возможны также «критические» затраты, связанные с вероятностью обрушения моста при монтаже. По предварительным оценкам экспертов, возможность возникновения аварийной ситуации можно определить на уровне 0,1 (т.е. как очень низкую). В случае ее наступления потребуется увеличение финансирования проекта на сумму, приближенно равную половине его первоначальной стоимости. Такой тип затрат изменяет форму «пессимистического» отрезка

функции принадлежности, но для наглядности примера сначала отобразим данные затраты отдельной функцией принадлежности, а в дальнейшем суммируем ее с функцией принадлежности *вантового Моста.*

Опираясь на представленную информацию, рассчитаем значения a_1, a_2, a_3 для числа $\beta_{обрушение}^{вантовый}$, представляющего суммарные затраты, связанные только с обрушением моста при монтаже. В расчетах будем отталкиваться от уже имеющихся точек в оптимистическом, пессимистическом и наиболее вероятном сценариях проекта *Мост вантовый*.

$$a_1^{вант.обр.} = -4018{,}75 \times (100\% + 50\%) = -6028{,}13\ млн\ руб.;$$

$$a_2^{вант.обр.} = -3215{,}00 \times (100\% + 50\%) = -4822{,}5\ млн\ руб.;$$

$$a_3^{вант.обр.} = -2411{,}25 \times (100\% + 50\%) = -3616{,}88\ млн\ руб.$$

Приведем к первому кварталу строительства (продисконтируем по ставке r = 0,12/4) все капитальные затраты, соответствующие полученным точкам (табл. 7.16).

Таблица 7.16

Дисконтированные затраты по проектам, млн руб.

Проект	a_1	a_2	a_3
Мост вантовый	–3334,62	–2667,69	–2000,77
Мост вантовый (обрушение)	–4624,36	–3699,49	–2774,62
Мост подвесной	–3846,88	–3077,51	–2308,13

Нормируем полученные затраты на максимальное (по модулю) значение. Однако после нормирования отрицательные числа примут положительные значения, изменив свой порядок на оси абсцисс на обратный. Для сохранения последовательности вычтем полученные значения из единицы (табл. 7.17).

Таблица 7.17

Треугольные числа проектов

Проект	a_1	a_2	a_3
Мост вантовый	0,28	0,42	0,57
Мост вантовый (обрушение)	0,00	0,20	0,40
Мост подвесной	0,17	0,33	0,50

Отобразим полученные функции принадлежности *Моста вантового* на рис. 7.8: $A'_{вантовый}$ и $A''_{вантовый}$ соответствуют безаварийному и аварийному случаю. При этом функцию $A''_{вантовый}$ расположим так, чтобы она проходила через точку $a_2^{вант.авар.}$ со степенью принадлежности приблизительно равной 0,1.

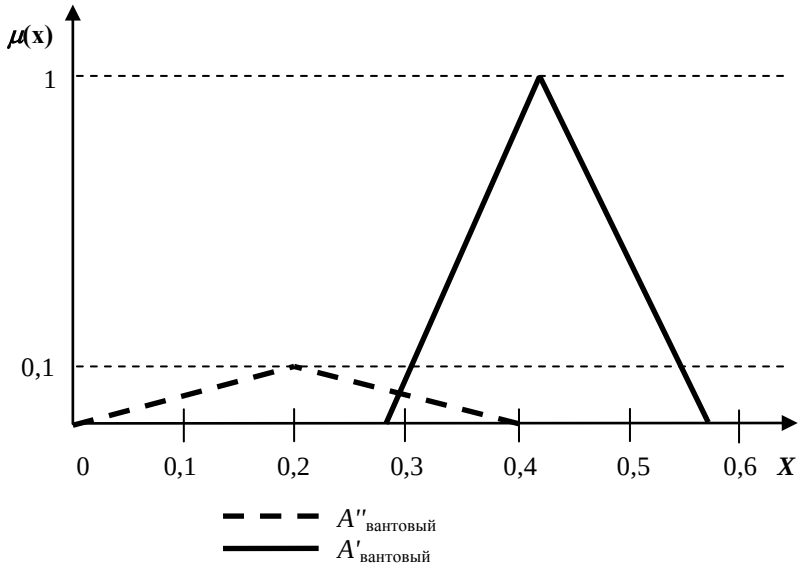


Рис.7.8. Функции принадлежности *Моста вантового*

Просуммируем теперь соответствующие нечеткие множества. Сумма (объединение) нечетких множеств M и N ($M \cup N$) определяется как наименьшее нечеткое множество, содержащее и N и M. Функция принадлежности такого множества находится как $A_{\text{вантовый}}(x) = \max(A'(x), A''(x))$. Графически функции принадлежности обоих вариантов проекта моста показаны на рис. 7.9.

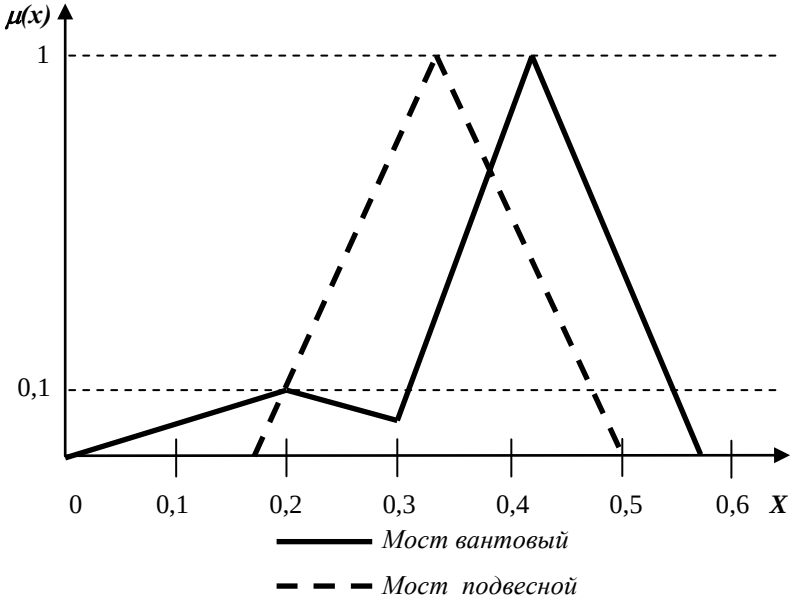


Рис.7.9. Функции принадлежности проектов

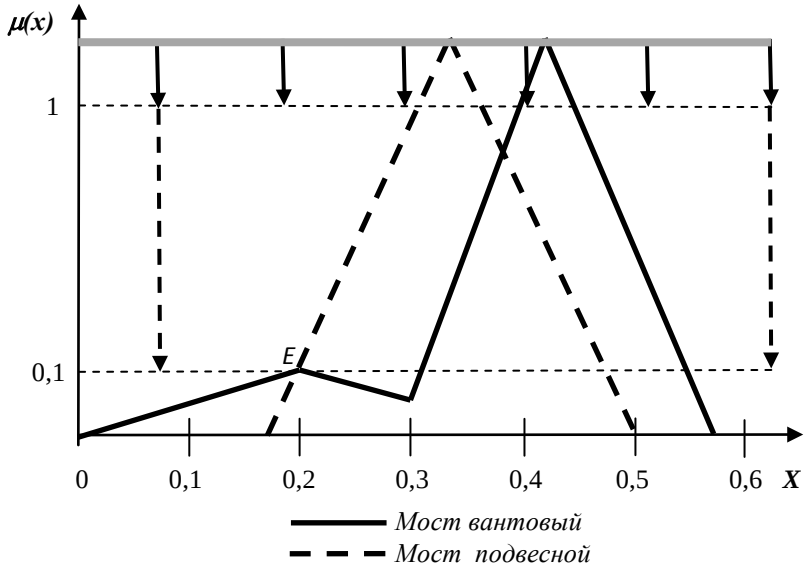


Рис.7.10. Функции принадлежности проектов и их анализ на разных уровнях принадлежности

Степени принадлежности, описанные функцией $\mu(x)$, говорят о степени уверенности в том, что затраты на сооружение данного варианта моста составят ту или иную величину. Иными словами, чем меньше степень принадлежности, тем меньшей представляется возможность актуализации затрат данного объема. Возьмем некоторую линию, параллельную оси абсцисс – линию возможности. Перемещая ее, мы анализируем капитальные затраты при примерно равном уровне возможности их актуализации (рис. 7.10). Проводя такой анализ, т.е. двигаясь сверху вниз, мы в плоскости $\boldsymbol{\mu}-\boldsymbol{X}$ фиксируем, что значения *x Моста вантового* являются лучшими по отношению к аналогичным значениям *Моста подвесного* при примерно одинаковом уровне принадлежности.

Переместившись до значения $\mu \approx 0{,}1$ (см. рис. 7.10), определяем точку *E*, в которой затраты в пессимистическом сценарии обоих проектов примерно равны. Однако оптимистические значения *x* по-прежнему сохраняют доминирование *Мост вантовый* > *Мост подвесной*.

Продолжая сдвигать линию анализа к нулевой точке ординат, получаем резкое увеличение затрат проекта *Мост вантовый* в пессимистическом сценарии. Колебания затрат проекта *Мост подвесной* на этом отрезке являются незначительными относительно точки *E*.

Основываясь на этих соображениях, можно сделать вывод, что проект *Мост вантовый* является более предпочтительным. Но в случае, если инвестор является крайним пессимистом, т.е. нацелен на инвестиции, располагающиеся на уровне μ от 0 до 0,1 пессимистической области функций принадлежности, то наиболее предпочтительным становится проект *Мост подвесной.*

7.5. ОЦЕНКА КАЛЕНДАРНЫХ ПЛАНОВ РЕАЛИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО КИП НА ТРЕТЬЕМ ЭТАПЕ (ЧИСЛОВОЙ ПРИМЕР)

Сетевой график проекта. В предыдущем разделе был осуществлен анализ двух проектных альтернатив моста через пролив Босфор Восточный, основанный на теории нечетких множеств, и сделан вывод, что рациональным выбором является проект *Мост вантовый.*

С целью углубления анализа на третьем этапе оценки (см. рис. 7.3) был построен сетевой график проекта (табл. 7.18 и рис. 7.11).

На рис. 7.11 критический путь в сетевом графике, построенном с временным шагом 1 месяц, выделен жирными линиями, а все «некритические» работы, которые можно сдвигать в пределах резервов времени к моменту завершения проекта (без увеличения критического пути и нарушения порядка предшествования), помещены в ранние возможные сроки реализации. Таким образом, получаем «левый» план, т.е. план, в котором все работы начинаются в ранние сроки. Если же «некритические» работы начинать в наиболее поздние сроки, то получим «правый» план. «Левый» и «правый» планы различаются профилями недисконтированных капитальных затрат на производство строительно-монтажных работ (табл. 7.19).

Таблица 7.18

Табличное описание сетевого графика строительно-монтажных работ по сооружению *Моста вантового*

Наименование работы	Продолжительность, дней	Дата начала	Дата окончания	Затраты (млн руб.)
1	2	3	4	5
Проект Мост вантовый	1389	01.01.2009	21.10.2012	
Луч 1: Сооружение опоры М6 и пилона, в том числе работы:	859	01.01.2009	10.05.2011	
1–2 Подготовка грунтового основания под искусственный островок опоры М6	167	01.01.2009	17.06.2009	198
2–3 Забивка маячных свай, установка направляющих каркасов и устройство шпунтового ограждения	84	17.06.2009	09.09.2009	53
3–4 Бурильными установками BAUER и JUNTTAN производится бурение и бетонирование буронабивных свай опоры М6	136	09.09.2009	23.01.2010	82
4–5 Бетонирование фундаментов под башенные краны, монтаж башенных кранов	43	23.01.2010	07.03.2010	68
4–6 Поэтапное бетонирование ростверков опоры до проектной отметки	133	23.01.2010	05.06.2010	66

Продолжение 1 табл. 7.18

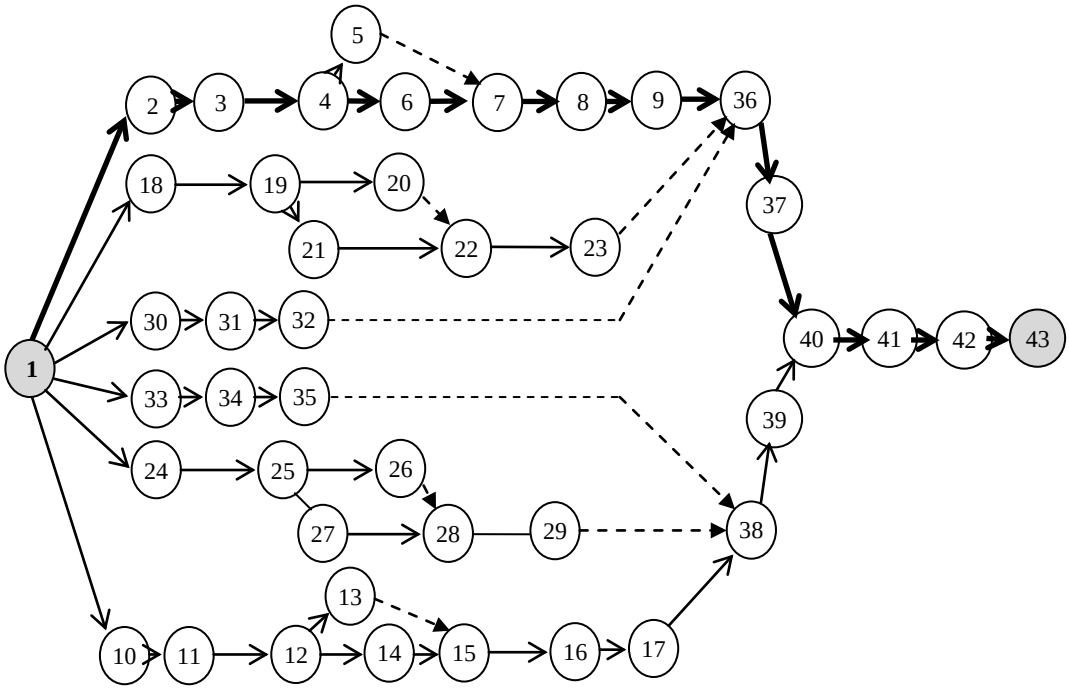
1	2	3	4	5
6–7 Монтаж механизмов самоподъема опалубок пилона	29	05.06.2010	04.07.2010	9
7–8 С помощью самоподъемной опалубки бетонируются стойки пилона до узлов крепления вант	208	04.07.2010	28.01.2011	155
8–9 Монтаж металлоконструкции узлов крепления вант и параллельное бетонирование стоек пилона	102	28.01.2011	10.05.2011	76
Луч 2: Сооружение опоры М7 и пилона, в том числе работы:	844	01.01.2009	25.04.2011	
1–10 Подготовка грунтового основания под искусственный островок опоры М7	152	01.01.2009	02.06.2009	180
10–11 Забивка маячных свай, установка направляющих каркасов и устройство шпунтового ограждения	84	02.06.2009	25.08.2009	53
11–12 Бурильными установками BAUER и JUNTTAN производится бурение и бетонирование буронабивных свай опоры М7	136	25.08.2009	08.01.2010	82
12–13 Бетонирование фундаментов под башенные краны, монтаж башенных кранов	43	08.01.2010	20.02.2010	68
12–14 Поэтапное бетонирование ростверков опоры до проектной отметки	133	08.01.2010	21.05.2010	66
14–15 Монтаж механизмов самоподъема опалубок пилона	33	21.05.2010	23.06.2010	10
15–16 С помощью самоподъемной опалубки бетонируются стойки пилона до узлов крепления вант	205	23.06.2010	14.01.2011	151
16–17 Монтаж металлоконструкции узлов крепления вант и параллельное бетонирование стоек пилона	101	14.01.2011	25.04.2011	74
Луч 3: Сооружение опор М1–М5 и пролетных строений между ними, в том числе работы:	843	01.01.2009	24.04.2011	
1–18 Устройство рабочих площадок, отсыпка щебеночной подготовки и укладка плит для сооружения опор М1–М5, устройство подъездов для сооружения опор	117	01.01.2009	28.04.2009	101
18–19 Бурение и бетонирование буронабивных свай опор	170	28.04.2009	15.10.2009	99

Продолжение 2 табл. 7.18

1	2	3	4	5
19–20 Установка арматурных каркасов, бетонирование ростверков и тел опор	295	15.10.2009	06.08.2010	145
19–21 Бурение и бетонирование буронабивных свай временных опор	45	15.10.2009	29.11.2009	50
1	2	3	4	5
21–22 Монтаж временных опор	34	29.11.2009	02.01.2010	47
22–23 Армирование и бетонирование железобетонных пролетных строений в пролетах М1–М6	261	06.08.2010	24.04.2011	80
Луч 4: Сооружение опор М8–М12 и пролетных строений между ними, в том числе работы:	858	01.01.2009	09.05.2011	
1–24 Устройство рабочих площадок, отсыпка щебеночной подготовки и укладка плит для сооружения опор М8–М12, устройство подъездов для сооружения опор	128	01.01.2009	09.05.2009	108
24–25 Бурение и бетонирование буронабивных свай опор	170	09.05.2009	26.10.2009	99
25–26 Установка арматурных каркасов, бетонирование ростверков и тел опор	295	26.10.2009	17.08.2010	145
25–27 Бурение и бетонирование буронабивных свай временных опор	47	26.10.2009	12.12.2009	51
1	2	3	4	5
27–28 Монтаж временных опор	35	12.12.2009	16.01.2010	47
28–29 Армирование и бетонирование железобетонных пролетных строений в пролетах М7–М12	265	17.08.2010	09.05.2011	83
Луч 5: Подготовка вант и металлической балки жесткости к монтажу главного пролетного строения от пилона М6	77	01.01.2009	19.03.2009	
1–30 Устройство пирсов для передвижки блоков балки жесткости на плавсистемы около опоры М6	27	01.01.2009	28.01.2009	33
30–31 Транспортировка вант и элементов металлической балки жесткости на строительную площадку около опоры М6	21	28.01.2009	18.02.2009	23

Окончание табл. 7.18

1	2	3	4	5
31–32 Укрупнительная сборка блоков балки жесткости	29	18.02.2009	19.03.2009	16
Луч 6: Подготовка вант и металлической балки жесткости к монтажу главного пролетного строения от пилона М7	77	01.01.2009	19.03.2009	
1–33 Устройство пирсов для передвижки блоков балки жесткости на плавсистемы около опоры М7	27	01.01.2009	28.01.2009	33
33–34 Транспортировка вант и элементов металлической балки жесткости на строительную площадку около опоры М7	21	28.01.2009	18.02.2009	23
34–35 Укрупнительная сборка блоков балки жесткости	29	18.02.2009	19.03.2009	16
Луч 7: Монтаж вант и металлической балки жесткости главного пролетного строения от пилона М7, подготовка моста к сдаче	545	25.04.2011	21.10.2012	
9–36 На опоре М6 монтируются монтажные агрегаты для сооружения балки жесткости	27	10.05.2011	06.06.2011	6
36–37 Одновременный монтаж балки жесткости и вант от пилона М6 к середине пролета	351	06.06.2011	22.05.2012	264
37–40 Замыкание блоков балки жесткости в середине пролета	3	22.05.2012	25.05.2012	5
17–38 На опоре М7 монтируются монтажные агрегаты для сооружения балки жесткости	27	25.04.2011	22.05.2011	6
38–39 Одновременный монтаж балки жесткости и вант от пилона М7 к середине пролета	351	22.05.2011	07.05.2012	264
39–40 Замыкание блоков балки жесткости в середине пролета	3	07.05.2012	10.05.2012	5
40–41 Антикоррозионная защита элементов пролетного строения	65	25.05.2012	29.07.2012	30
41–42 Устройство проезжей части	69	29.07.2012	06.10.2012	34
42–43 Подготовка моста к сдаче	15	06.10.2012	21.10.2012	11



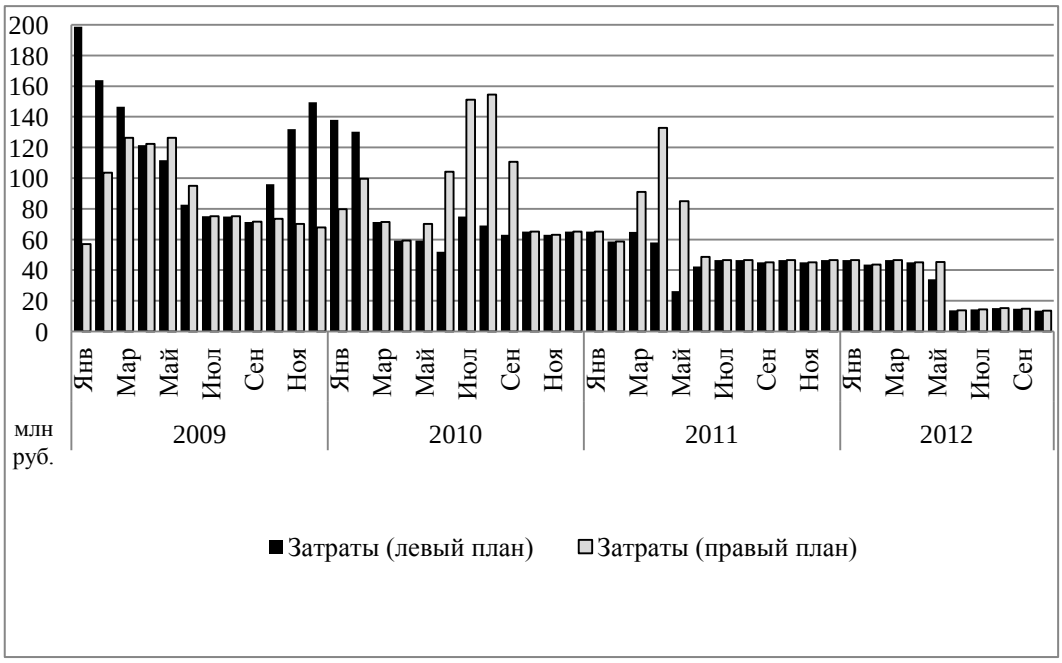


Рис. 7.11. Сетевой график сооружения Моста вантового

Таблица 7.19

Недисконтированные капитальные затраты на производство строительно-монтажных работ проекта *Мост вантовый*, млн руб.

Месяц	2009		2010		2011		2012	
	левый план	правый план	левый план	правый план	левый план	правый план	левый план	правый план
Январь	198,79	57,03	137,96	79,66	65,08	65,14	46,63	46,63
Февраль	163,94	103,47	130,23	99,59	58,73	58,73	43,62	43,62
Март	146,66	126,38	71,32	71,32	65,02	90,99	46,63	46,63
Апрель	121,57	122,31	59,27	59,27	58,02	132,8	45,13	45,13
Май	111,76	126,38	59,19	70,14	26,4	84,9	33,93	45,21
Июнь	82,64	94,98	52,01	104,18	42,28	48,69	13,85	13,85
Июль	75,22	75,22	74,94	151,07	46,63	46,63	14,39	14,39
Август	75,04	75,22	69,06	154,58	46,63	46,63	15,28	15,28
Сентябрь	71,35	71,59	63,04	110,62	45,13	45,13	14,78	14,78
Октябрь	96,04	73,49	65,15	65,15	46,63	46,63	13,65	13,65
Ноябрь	132	70,1	63,04	63,04	45,13	45,13	–	–
Декабрь	149,41	67,86	65,15	65,15	46,63	46,63	–	–

Нечетко-множественный анализ. Исходя из приведенной информации, можно на данном этапе расширить нечетко-множественный анализ, примененный в предыдущем разделе. А именно, перестроить треугольные функции принадлежности в трапециевидные вида $\beta(a_1, a_2, a_3, a_4)$ [Недосекин, 2003(а)], где числа a_2, a_3 верхнего основания трапеции будут представлены дисконтированными инвестициями согласно «левому» и «правому» планам соответственно. Продисконтируем по ставке r = 0,12/12 капитальные затраты, соответствующие полученным точкам, нормируем их к максимальному уровню затрат и вычтем полученные значения из единицы, т.е., действуя по аналогии с п. 7.4, заполним табл. 7.20. Рассчитав аргументы x функции принадлежности, изобразим ее графически (рис. 7.12).

Таблица 7.20

Значения трапециевидной функции принадлежности проекта *Мост вантовый*

Показатель	a_1	a_2	a_3	a_4
Инвестиции (млн руб.)	–3334,62	–2648,33	–2517,49	–2000,77
Нормированные инвестиции (N)	1,00	0,79	0,75	0,60
1-N	0,00	0,21	0,25	0,40

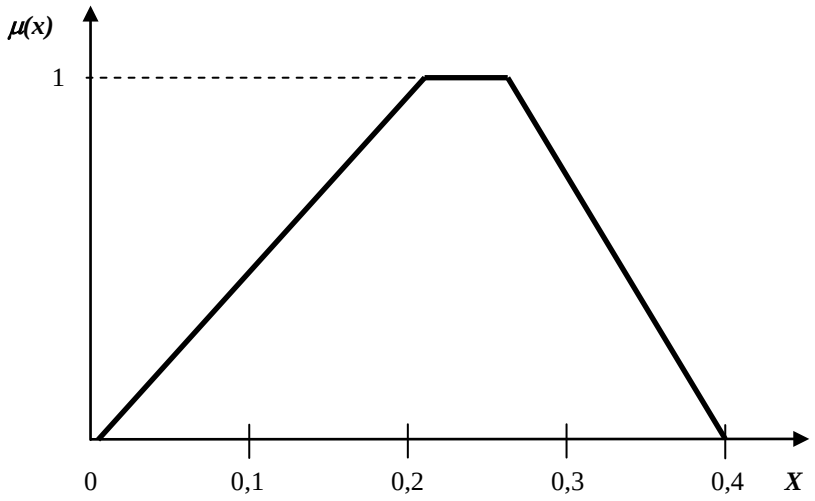


Рис. 7.12. Трапециевидная функция принадлежности проекта

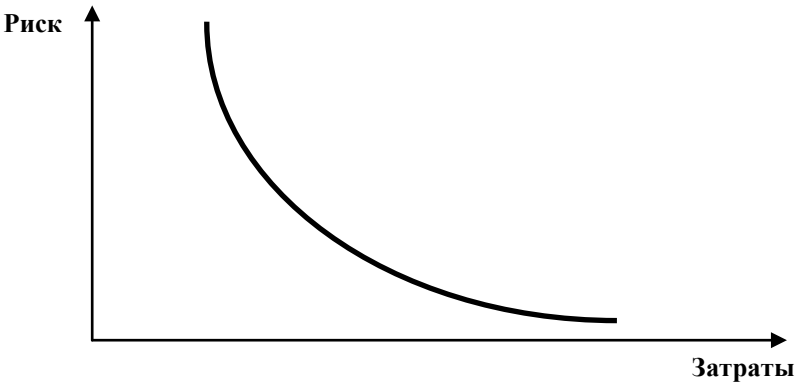


Рис. 7.13. Кривая *L-L* как отображение Парето-оптимальных планов

При сдвиге работ проекта от «левого» плана к «правому» сокращается резерв времени работ. Это ведет к тому, что внеплановая задержка в выполнении определенной работы может привести к выходу «некритической» работы (цепочки работ) на критический путь, а в худшем случае – повлечь увеличение длительности критического пути. Риск возникновения подобной ситуации достигает максимума при «правом» плане, когда все «некритические» работы лишены резервов времени. Иначе говоря, уменьшая в процессе формирования «правого» календарного плана объем приведенных капитальных затрат, мы увеличиваем риск срыва сроков проекта и, наоборот, уменьшая риск в процессе формирования «левого» календарного плана, увеличиваем приведенные капитальные затраты. Возникает классическая двухкритериальная задача выбора эффективного плана сооружения *Моста вантового*, когда множество точек на гипотетической кривой

L-L (рис. 7.13) есть отображение в пространство критериев «приведенные затраты – риск» множества Парето-оптимальных, т.е. несравнимых между собой допустимых по сетевым ограничениям календарных планов ***x***.

Основываясь на том, что вариантом расположения работ во времени с наименьшим значением риска является «левый» план, примем его за точку отсчета *степени рискованности* проекта. Тогда «правый план» будет предельно (на 100%) рискованным. Таким образом, становится возможным построение линии риска. Значения трапециевидного числа функции риска будут соответственно β (0,21, 0,25, 1, 1). Для наглядности наложим ее на функцию принадлежности проекта (рис. 7.14).

Рис. 7.14. Анализ «приведенные капитальные затраты – риск»

Экспертным путем определим допустимую степень риска, исходя из формулировки лингвистической переменной *A* «возможно допустимый уровень риска срыва сроков выполнения проекта», принимающей значения:

A_1 – нечеткое подмножество состояний «предельный риск»;

A_2 – нечеткое подмножество состояний «высокий риск»;

A_3 – нечеткое подмножество состояний «средний риск»;

A_4 – нечеткое подмножество состояний «низкий риск»;

A_5 – нечеткое подмножество состояний «незначительный риск».

Полученному в результате опроса утверждению эксперта «предполагаю, что допустимым в проекте является средний уровень риска» сопоставляется нечеткое подмножество состояний A_3. Затем интерпретируем это значение лингвистической переменной в нечетко-множественное описание посредством классической пенташкалы (рис. 7.15), как трапециевидное число β (0,35; 0,45; 0,55; 0,65).

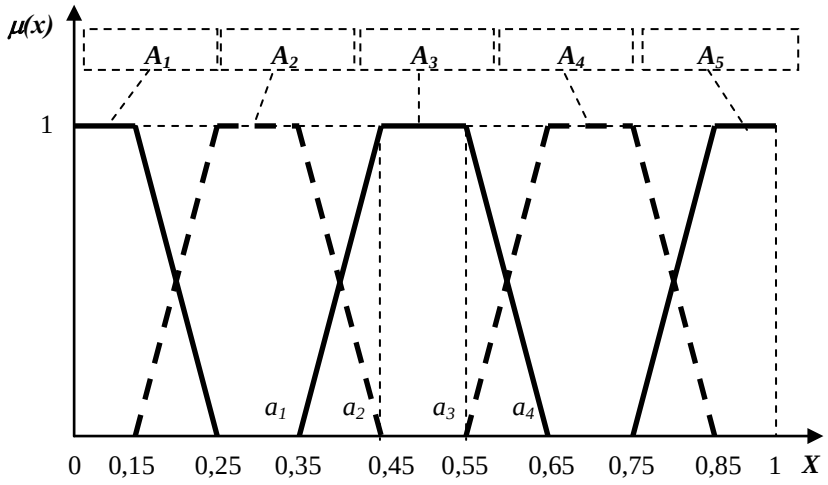


Рис. 7.15. Пенташкала интерпретации лингвистической информации в нечетко-множественное описание

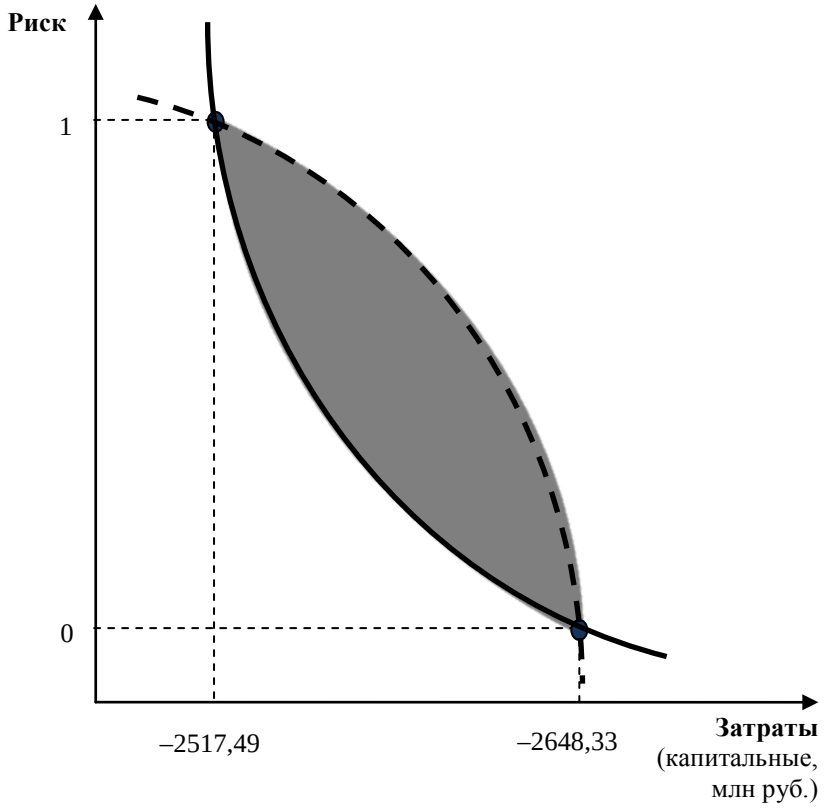


Рис. 7.16. Область возможных исходов проекта *Мост вантовый* на плоскости «приведенные затраты – риск»

Отталкиваясь от полученного числа β, можно утверждать: «скорее всего показатель примет значение...» на участке [0,45; 0,55] оси абсцисс. Для «склонов» [0,35; 0,45] и [0,55; 0,65] действует утверждение «возможно, показатель примет значение...».

Для анализа инвестиционной составляющей проекта, с учетом обозначенной нечеткой зоны допустимого риска, построим область возможных исходов проекта на плоскости «приведенные затраты – риск», по аналогии с рис. 7.13 [Кибалов и др. 2008]. Однако оси такой плоскости являются детерминированными. Поэтому для отображения на них нечеткой информации «размоем» получаемые значения графически (рис. 7.16). Исходя из того что цель инвестора – минимизация затрат и рисков, выделим на полученной области подмножество неденоминируемых альтернативных решений, т.е. Парето-границу (на рис. 7.16 выделена сплошной линией).

Затем для определения на кривой рекомендуемых значений при заданном уровне риска применим частный метод линейной свертки с двумя критериями [Бахтин, 2011]:

$$w_1 y_1 + w_2 y_2 = c. \qquad (7.16)$$

В качестве коэффициента w_1 уравнения (7.16) последовательно используем четыре опорные точки (a_1,..., a_4) трапециевидного числа β. Возвращаясь к рис. 7.13, где отображено, что затраты имеют обратную зависимость от степени риска, определим второй коэффициент уравнения как $w_2 = (1 - w_1)$. Таким образом, получаем четыре прямые $L(c)$.

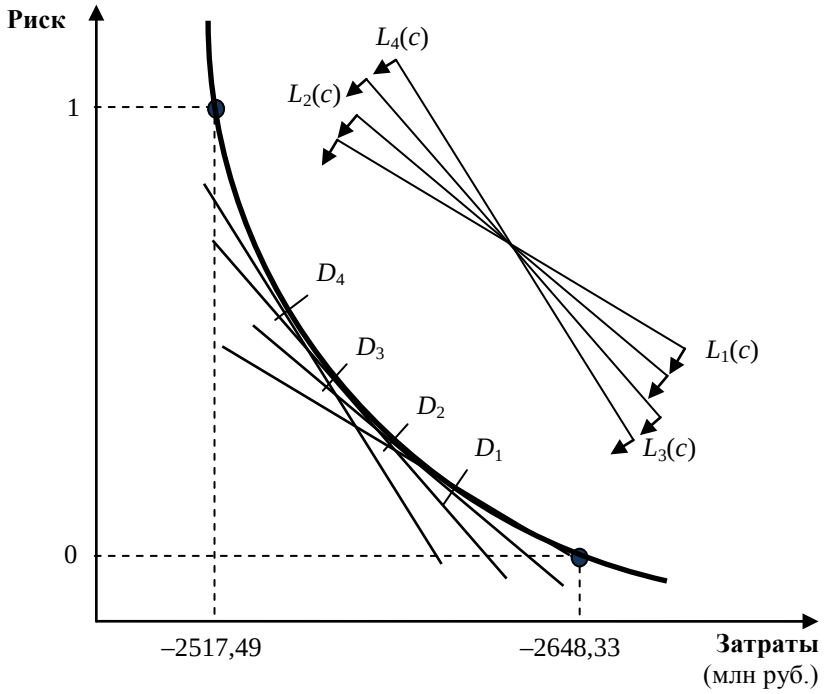


Рис. 7.17. Геометрическая интерпретация нечетко-множественной свертки

Решением задачи будет такое значение переменных *c*, при которых соответствующие им прямые соприкоснутся с границей области графика, т.е. пересекутся с кривой Парето-оптимальных решений. Таким образом, мы получаем четыре точки соприкосновения *D* (рис. 7.17).

Следует отметить, что полученные точки являются нечеткими, так как базируются на нечеткой информации. Однако для наглядности примера мы отображаем их в четком виде. Чтобы обозначить различную степень принадлежности, воспользуемся методом градиентной заливки (рис. 7.18). Интенсивность цвета в данном случае играет роль уровня «качественности» точек: чем интенсивнее цвет градиента на соприкосновении с графиком, тем рациональнее данный выбор в контексте нечетких параметров задачи.

Следующий шаг – корректировка сетевого графика проекта на основе выбора конкретного варианта инвестором, отталкиваясь от уже имеющихся диаграмм.

Предположим, инвестор произвел анализ представленных ему диаграмм и, сопоставив результаты со своей системой ценностей, определил уровень риска «приблизительно 50%» как наиболее рациональный выбор в контексте параметров задачи. Отобразим данный выбор аналогично рис. 7.16 с уже обозначенными рекомендациями экспертов (рис. 7.19). Из рисунка видно, что проекция выбора инвестора пересекает область возможных исходов проекта примерно при среднем уровне затрат в наиболее вероятном сценарии (хорда области). Пересечения проекции с размытыми границами в пессимистическом и оптимистическом сценариях образуют возможные колебания объемов инвестиций.

Для того чтобы понять, какие именно работы необходимо смещать и на какие по величине временные отрезки, разобьем все работы на цепочки (последовательности) работ с одинаковыми резервами времени (табл. 7.21). Как мы уже предположили, коэффициент затрат w_2 в уравнении (7.16) имеет обратную зависимость $(1 - w_1)$ от уровня риска. Поэтому правомерно предположить, что при уровне риска, примерно равном 0,5, необходимый объем инвестиций будет примерно на середине отрезка между минимальным и максимальным значениями затрат, т.е. $S_h = (-2517{,}49 + (-2648{,}33))/2$. Исходя также из того, что максимальное значение затрат данного отрезка образуется «левым» планом (резерв времени всех работ не реализован), а минимальное – «правым» (резервы времени отсутствуют), можно определить, что при уровне затрат S_h резерв времени работ будет использован приблизительно наполовину (см. табл. 7.21). Иными словами, для достижения необходимого результата следует увеличить время начала первой работы в цепочке на величину, равную половине ее резерва.

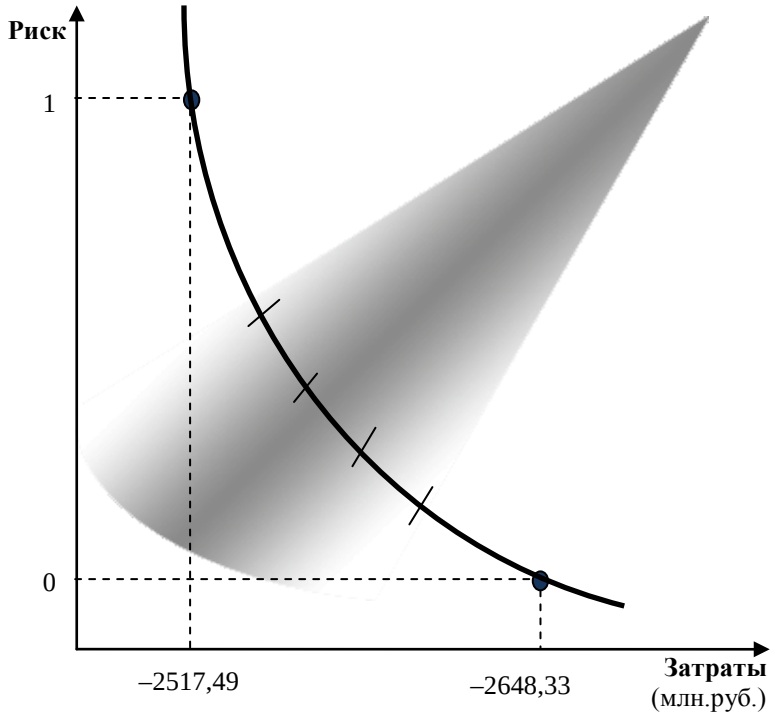


Рис. 7.18. Геометрическая интерпретация с градиентной заливкой нечетко-множественной свертки

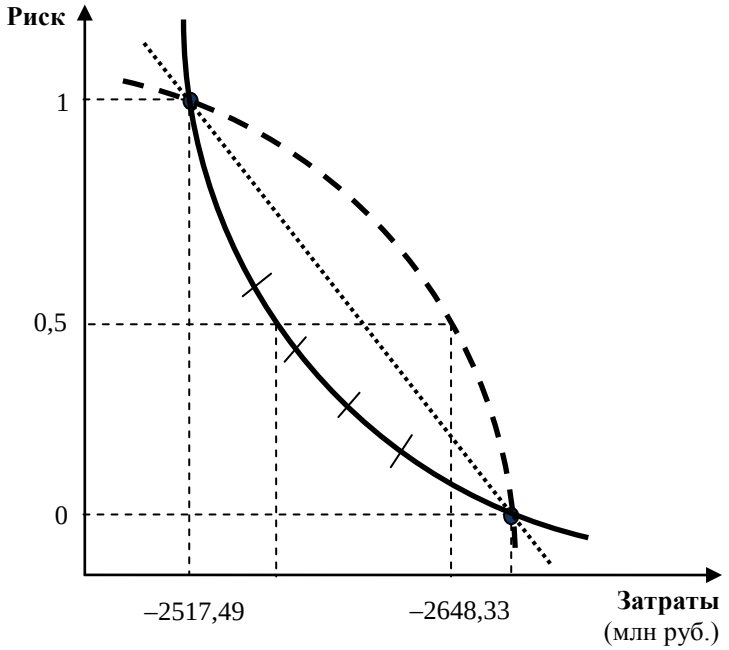


Рис. 7.19. Проекция выбора инвестора на область возможных исходов проекта *Мост вантовый*

Таблица 7.21

Последовательности работ проекта и анализ резервов времени, дней

Цепочка работ	Общая длительность	Резерв времени	Расчетный резерв времени
1–2–3–4–6–7–8–9–36–37–40–41–42–43	1389	0	0
4–5	43	119	60
1–18–19–20=22–23	843	43	22
19–21–22	79	259	130
1–30–31–32	77	809	405
1–33–34–35	77	809	405
1–24–25–26=28–29	858	28	14
25–27–28	82	241	121
1–10–11–12–14–15–16–17–38–39–40	1225	15	8
12–13	43	138	69

Примечание: Знаком «=» обозначены фиктивные работы.

ЛИТЕРАТУРА

Бахтин А.Е., Кибалов Е.Б. Оценка эффективности инвестиционных проектов. – Ч. 1. – Новосибирск: СГУПС, 2011.

Белкин А.Р., Левин М.Ш. Принятие решений: комбинаторные модели аппроксимации информации. – М.: Наука, 1990.

Беспалов И.А., Шипилина А.И. Применение теории нечетких множеств при оценке сложных инвестиционных проектов // Регион: экономика и социология. – 2010. – № 3. – С. 176–189.

Бузулуцков В.Ф., Кибалов Е.Б., Нехорошков В.П., Суслов Н.И. Сибирский вектор развития опорной железнодорожной сети России в XXI веке: анализ и оценка стратегических альтернатив. – Новосибирск: СГУПС, 2008. (Препринт № 11).

Вебер М. Избранные произведения. – М.: Прогресс, 1990.

Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика. – М.: Дело, 2001.

Вилкас Э.Й., Майминас Е.З. Решения: теория, информация, моделирование. – М.: Радио и связь, 1981.

Глущенко К. Особенности национальной электроэнергетики // Новая Сибирь. – 1999. – 10 дек.

Гранберг А.Г., Михеева Н.Н.. Суслов В.И. Результаты экспериментальных расчетов по оценке эффективности инвестиционных проектов с использованием межотраслевых межрегиональных моделей // Регион: экономика и социология. – 2010. – № 4. – С. 45–72.

Гранберг А.Г., Суспицын С.А. Введение в системное моделирование народного хозяйства. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1988.

Егоров И. Мост в будущее // Российская газета. Спецвыпуск «Экономика: автомобильные дороги», № 5040. – 2009. – 18 нояб.

Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.

Кибалов Е.Б., Горяченко В.И., Хуторецкий А.Б. Системный анализ ожидаемой эффективности крупномасштабных проектов. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2008.

Кибалов Е.Б., Кин А.А. Проблема учета фактора неопределенности при оценке крупномасштабных инвестиционных проектов // Регион: экономика и социология. – 2007. – № 3. – С. 67–91.

Кибалов Е.Б., Минин С.В., Нехорошков В.П., Нехорошков Е.В., Пахомова Г.Ф., Пахомов К.А., Пятаев М.В., Романкевич С.В., Хуторецкий А.Б. Системный анализ ожидаемой эффективности крупномасштабных инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте. – Новосибирск: СГУПС, 2007.

Кибалов Е.Б., Хуторецкий А.Б. К вопросу оценки крупномасштабных инвестиционных проектов в условиях неопределенности // Материалы научно-практической конференции «Транспортные инвестиционные проекты: народнохозяйственная, региональная и коммерческая эффективность». – М.: РАН, СОПС, 2005. – С. 35–58.

Коуз Р. Фирма, рынок и право. – М.: Новое издательство, 2007.

Макаров И.М., Соколов В.В., Абрамов А.Л. Целевые комплексные программы. – М.: Знание, 1980.

Мартино Дж. Технологическое прогнозирование. – М.: Прогресс, 1977.

Методика расчета показателей и применения критериев эффективности инвестиционных проектов, претендующих на получение государственной поддержки за счет средств Инвестиционного фонда Российской Федерации. Утверждена приказом Минэкономразвития РФ и Минфина РФ от 23 мая 2006 г. № 139/82н.

Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву, архит. и жил. политике; рук. авт. колл.: Коссов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г. – М.: Экономика, 2000.

Недосекин А.О. Фондовый менеджмент в расплывчатых условиях. – СПб.: Сезам, 2003.

Недосекин А. О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. – СПб.: Сезам, 2002.

Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний. – Дис. на соиск. уч. ст. д-ра экон. наук. – СПб, 2003(а).

Никонова И. Проблемы оценки инвестиционных проектов в условиях финансово-экономического кризиса // Оценочная деятельность. – 2009. – № 2. – С. 38–39.

Орловский С.А. Проблема принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Наука, 1981.

Постановление Правительства Российской Федерации от 17 марта 2009 г. № 231 «Об утверждении Правил предоставления в 2009 году субсидий организациям воздушного транспорта в целях обеспечения доступности воздушных перевозок пассажиров с Дальнего Востока в европейскую часть страны и в обратном направлении» // Российская газета. – 2009. – 20 марта.

Розен В.В. Математические модели принятия решений в экономике. – М.: Высшая школа, 2002.

Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993.

Хуторецкий А.Б. Экспертное оценивание объектов по неквантифицированному критерию с помощью модели Бержа–Брука–Буркова. – Новосибирск: ИЭиОПП СО РАН, 1994. (Препринт 130).

Шубик М. Теоретико-игровые решения и производственная организация // Математические методы в социальных науках. – М.: Прогресс, 1973. – С. 170–195.

Alexander I. The planning balance sheet: an appraisal // Australian project evaluation: selected readings. – Sydney: Australia & New Zealand Book Co., 1978.

Baumol W.J., Bradford D.F. Optimal departures from marginal cost pricing // American Economic Review. – 1970. – V. 40, № 3. – P. 265–283.

Bewertungsmethode für die Priorisierung von Projekten im Schienenverkehr. – Bern: ECOPLAN, 2005.

Economic evaluation methods for road projects in PIARC member countries. – World Road Association, 2004.

Facts and furphies in benefit-cost analysis: transport. – Canberra: Bureau of Transport Economics, 1999.

Flyvbjerg B., Holm M.K.S., Buhl S.L. How (in)accurate are demand forecasts in public works projects? The case of transportation // Journal of the American Planning Association. – 2005. – V. 71, №. 2. – P. 131–146.

Flyvbjerg B., Holm M.S., Buhl S. Underestimating costs in public works projects: error or lie? // Journal of the American Planning Association. – 2002. – V. 68, №. 3. – P. 279–295.

Gertler P.J., Martinez S., Premand P., Rawlings L.B., Vermeersch C.M.J. Impact evaluation in practice. – Washington, D.C.**:** World Bank, 2011.

Gramlich E.M. Benefit-cost analysis of government programs. – Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1981.

Guess G.M., Farnham P.G. Cases in public policy analysis. – Washington, D.C.: Georgetown University Press, 2000.

Handbook on economic analysis of investment operations. – Washington, D.C.: World Bank, 1998.

Jonkhoff W., Rustenberg M. Indirect effects in European transport appraisal // Infrastructure Productivity Evaluation. – New York; Dordrecht; Heidelberg; London: Springer, 2011. – P. 79–94.

Lichfield N., Kettle P., Whitbread V. Evaluation in the planning process. – Oxford; New York: Pergamon Press, 1975.

Mackie P.J., Nellthorp J., Laird J.J., Ahmed F. Toolkit for the evaluation of World Bank transport projects. – Washington, D.C.: World Bank, 2003.

Nash C. Final report for publication. UNITE (UNIfication of accounts and marginal costs for Transport Efficiency). – Leeds: University of Leeds, 2003.

Procedures for dealing with optimism bias in transport planning. Guidance document. – London: British Department for Transport, 2004.

Ravallion M. The mystery of the vanishing benefits: an introduction to impact evaluation // World Bank Economic Review. – 2001. – V. 15, № 1. – P. 115–140.

Train K. Optimal transit prices under increasing returns to scale and a loss constraint // Journal of Transport Economics and Policy. – 1977. – V. 11, № 2. – P. 185–194.

Wegener M. SASI Model Description / Working Paper № 08/01. – Dortmund: Spiekermann & Wegener Urban and Regional Research, 2008.

White H. Some reflections on current debates in impact evaluation / International Initiative for Impact Evaluation Working Paper No. 1. – New Delhi, 2009.

Willig R.D. Consumer's surplus without apology // American Economic Review. – 1976. – V. 66, № 4. – P. 589–597.

Zerbe R.O. Should moral sentiments be incorporated into benefit-cost analysis? An example of long-term discounting // Policy Sciences. – 2004. – V. 37, № 3–4. – P. 305–318.

Zerbe R.O. The legal foundation of cost-benefit analysis// Charleston Law Review. – 2007. – V. 2, № 1. – P. 93–184.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

Волков И.М., Грачева М.В., Алексанов Д.С. Критерии оценки проектов (часть 1). [Электронный ресурс] Прогноз финансовых рисков. Режим доступа: http://bre.ru/risk/911.html, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: 10.10. 2011 г.).

Руководство по применению метода анализа издержек и выгод для оценки инвестиционных проектов (Structural Fund-ERDF. Coheston Fundu ISPA): подготовлено для Оце-

ночного Комитета Генерального Директората Региональной политики Европейской Комиссии. – М.; Калининград, 2006.

Developing harmonised European approaches for transport costing and project assessment. Deliverable 1. Current practice in project appraisal in Europe. [Электронный ресурс] HEATCO. Режим доступа: http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/hd1final.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: август 2011 г.).

Developing harmonised European approaches for transport costing and project assessment. Deliverable 5. Proposal for harmonised guidelines. [Электронный ресурс] HEATCO. Режим доступа: http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/HEATCO_D5.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: август 2012 г.).

Improved decision aid methods and tools to support evaluation of investment for transport and energy networks in Europe. Deliverable 1. Evaluating the state-of-the-art in investment for transport and energy networks. [Электронный ресурс] EVA-TREN – Transport Research & Innovation Portal. Режим доступа: http://www.transport-research.info/Upload/Documents/201212/20121215_150641_58200_Deliverable_1.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: январь 2013 г.).

Improved decision aid methods and tools to support evaluation of investment for transport and energy networks in Europe. Deliverable 3.2. Methodological developments. [Электронный ресурс] EVA-TREN – Transport Research & Innovation Portal. Режим доступа: http://www.transport-research.info/Upload/Documents/201212/20121215_150712_69431_Deliverable_3.2.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: январь 2013 г.).

Rutherford T., Paltsev S. From an input-output table to a general equilibrium model: assessing the excess burden of indirect taxes in Russia. – Department of Economics, University of Colorado, 1999. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://web.mit.edu/paltsev/www/docs/exburden.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: август 2011 г.).

Глава 8
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ МЕГАПРОЕКТОВ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ РЕГИОНОВ[1]

В настоящее время в качестве объектов прогнозирования и управления выступают сложные инвестиционные мегапроекты как комплекс проектов взаимосвязанных отраслей, размещаемых на обширных территориях нескольких регионов – субъектов Федерации (Ямал, ВСНГК и др.).

В главе рассматриваются особенности межотраслевого мегапроекта, его место в системе государственного стратегического планирования и управления, показана необходимость разработки процедур согласования стратегических интересов и инвестиционных намерений государства и бизнеса. Предлагается методический подход к формированию мегапроекта освоения нефтегазодобывающих районов как объекта стратегического планирования и государственного регулирования.

Разработана организационно-технологическая схема стратегического планирования и управления с использованием модельного инструментария. Обоснованы механизмы координации инвестиционных решений участников мегапроекта с использованием индикаторов сбалансированности и эффективности режимов управления реализацией инвестиционной программы мегапроекта.

Актуальность данного подхода обусловлена недостаточной разработанностью методов взаимодействия бизнеса и власти, государственного управления и координации инвестиционной и инновационной политики компаний в освоении перспективных добывающих районов с принципиально новыми геологическими и природными условиями. В стратегическом планировании наименее разработанными являются методы обоснования участия государства в снижении технологических, геологических, экологических и экономических рисков, согласовании во времени инвестиционных проектов компаний с учетом неопределенности и вероятностного характера ожидаемых экономических, экологических и социальных эффектов.

Задача исследования мегапроекта – разработать методический подход для формирования мегапроекта как единого системно организованного межотраслевого проекта с согласованием стратегических интересов его институциональных участников: федеральных и региональных органов власти, компаний как субъектов хозяйствования с различной структурой собственности (недропользователи, энергетика, строительство, транспорт, и др.).

---

[1] Работа выполнялась при поддержке Междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 30 «Полиструктурные математические модели экономики: теория, методы, прогнозы» (2007–2011 гг.).

Оценка множества стратегических сценариев реализации инвестиционных проектов предполагает модификацию сетевых моделей для учета экономических и инновационных рисков компаний, оценки их влияния на эффективность развития нефтегазового комплекса, на сроки реализации инвестиционной программы, на федеральные, региональные доходы и устойчивость социально-экономического развития регионов.

Инструментарий, применяемый в организационно-технологической схеме стратегического планирования мегапроекта, представляет собой сложный модельный комплекс, состоящий из моделей разных классов: оптимизационных макроэкономических моделей, имитационных моделей формирования портфеля инвестиционных проектов, сетевой модели инвестиционной программы и имитационной модели оценки эффективности мегапроекта при различных сценариях его реализации. Выбор эффективной стратегии реализации мегапроекта решается с использованием сетевой модели инвестиционной программы и имитационной модели оценки эффективности программы мегапроекта.

Задача реализации инвестиционной программы мегапроекта представлена как задача оптимизации ресурсно-календарного планирования освоения нефтегазодобывающих районов с принципиально новыми геологическими и природными условиями. Предложен полиномиальный алгоритм построения расписания выполнения мегапроекта в условиях ограниченности и складируемости ресурсов при заданных директивных сроках. Алгоритм асимптотически точен при произвольных длительностях работ и точен при целочисленных длительностях. Полученное решение оптимально для дополнительного критерия минимума интегральных дисконтированных затрат мегапроекта. Для учета случайного характера работ и событий проекта показаны принципиальные возможности и направления использования стохастических сетевых моделей.

Апробация методического подхода показана на примере формирования мегапроекта Восточно-Сибирского нефтегазового комплекса.

8.1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МНОГООТРАСЛЕВЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ МЕГАПРОЕКТОВ

Особенности межотраслевого мегапроекта как объекта стратегического планирования и управления. В настоящее время отраслевые системы как объекты государственного управления, представлявшие собой в плановой централизованной экономике единые иерархически организованные совокупности предприятий, имеющих предметную специализацию, обладающих общностью производимой продукции, технологий и удовлетворяе-

мых потребностей, преобразовались в совокупность конкурирующих компаний с горизонтальными связями. Вертикально-иерархические хозяйственные системы распадаются на совокупность конкурирующих компаний на рынке произведенной продукции[1].

В современном государственном управлении развитием отраслей вертикальные управленческие связи внутри отрасли, характерные для плановой экономики с централизованным управлением, заменены на горизонтальную координацию стратегических решений крупных компаний отрасли в целях разработки стратегии поведения на рынке, обеспечивающей конкурентоспособность этим компаниям. Акцент в управлении смещен на разработку нормативно-правовых документов и механизмов государственного регулирования делового климата в отрасли и ее окружении.

На современном этапе структурных преобразований реального сектора экономики возросла актуальность стратегического планирования новых межотраслевых многорегиональных ресурсных мегапроектов. Российская Федерация вернулась к парадигме государственного стратегического планирования экономики – разработке и реализации стратегических комплексных мегапроектов, направленных на формирование нового инфраструктурного и индустриального базиса России, освоения природных ресурсов Арктики и Востока России, востребованных на мировых рынках.

Мегапроекты представляют собой единый системно организованный комплекс проектов взаимосвязанных отраслей, размещаемых на обширных территориях, охватывающих несколько субъектов Федерации, имеющих общегосударственное значение, большую стоимость (свыше 1 млрд долл.) и значительное количество участников. Приоритетной стратегической целью создания мегапроекта является достижение в заданные сроки высокой экономической эффективности создаваемого межотраслевого комплекса как для государства, так и для всех его участников при высокой конкурентоспособности лидеров мегапроекта на мировом рынке.

В первую очередь мегапроекты стали формироваться в сырьевых отраслях экономики, имеется большой класс межотраслевых территориальных мегапроектов («Комплексное развитие Нижнего Приангарья», «Комплексное развитие Забайкалья», «Комплексное развитие Южной Якутии»). В настоящее время доминируют мегапроекты топливно-энергетического комплекса (Ямал, Сахалин, ВСНГК) и металлургии («Урал промышленный – Урал полярный»). Накануне кризиса 2008 г. в России планировалось к реализации более 110 мегапроектов на общую сумму более 500 млрд долларов, среди них 25 проектов основаны на модели государственно-частного партнерства с использованием поддержки Инвестиционного фонда России [Штыров,

[1]По законодательству РФ отрасль экономики составляют производители аналогичного или непосредственно конкурирующих товаров, на долю которых приходится основная часть объема производства такого товара (более 50%).

2009]. В мегапроектах государство обозначило свои стратегические цели и сформировало систему институтов по их реализации, а крупный бизнес предложил проектную основу межотраслевых мегапроектов. Симбиоз частной инициативы компаний и новой государственной экономической политики обусловил необходимость особого подхода к стратегическому планированию мегапроектов.

В настоящее время мегапроекты не являются объектами стратегического планирования, однако существует настоятельная потребность в координации инвестиционных намерений компаний и согласовании их управленческих решений при освоении природных ресурсов новых территорий, нефтегазоносных провинций, поскольку они определяют перспективные направления развития инфраструктурного каркаса и диверсификации экономики регионов. Следует отметить, что в долгосрочном прогнозировании и планировании межотраслевые и многорегиональные территориальные комплексы были объектами предпланового обоснования достаточно длительное время. Долгосрочные народнохозяйственные проекты существовали с 20-х годов XX века: план ГОЭЛРО, Урало-Кузнецкий Комбинат, Ангаро-Енисейская проблема освоения гидроэнергетических ресурсов, Зона хозяйственного освоения БАМ, ЗСНГК, КАТЭК, Тимано-Печорский ТПК, Нижнее Приангарье. С середины XX века расширяются сферы формирования народнохозяйственных проектов – создаются новые научные центры в Сибири и на Дальнем Востоке, появляется потребность в создании транспортно-логистических узлов.

В плановой экономике накоплен значительный опыт формирования межотраслевых, многотерриториальных комплексов для решения народнохозяйственных проблем. Как правило, такие комплексы создавались как индустриальные базы для ускоренного экономического роста на новом технологическом укладе и обеспечения национальной безопасности государства. Межотраслевые и долгосрочные народнохозяйственные проекты плановой экономики были многоцелевыми и долгосрочными. В условиях закрытой экономики и планового ценообразования целевыми ориентирами было удовлетворение перспективных потребностей внутреннего рынка в продукции при минимальных народнохозяйственных затратах на создание межотраслевых комплексов.

В рыночных условиях создание мегапроектов преследует геополитические, макроэкономические, социально-экономические цели устойчивого развития Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности государства. Важным условием эффективности мегапроекта является консолидация усилий и ресурсов участников для достижения как государственных стратегических, так и корпоративных целей. Особая роль государства в формировании и реализации мегапроекта состоит в снижении технологических, геологических, экологических и экономических рисков участников, создании межрегиональной инфраструктуры и участии в инвестировании отдельных проектов.

Региональные интересы при реализации мегапроекта состоят в получении значительных импульсов развитию сопредельных секторов на территориях, экономики сервиса и знаний. Как правило, их базовые отрасли становятся ядром современных кластеров, потребителями и поставщиками товаров и услуг, центрами межрегионального экономического развития. В результате реализации мегапроекта создаются предпосылки формирования кластеров, как совокупность предприятий тесно связанных отраслей, взаимно повышающих конкурентоспособность друг друга. Кластеры выполняют роль точек роста внутреннего рынка и базы международной экспансии в регионах мегапроекта. Предприятия, входящие в кластер, имеют преимущественно горизонтальные связи.

Особенностью формирования мегапроекта является экономическая самостоятельность участников мегапроекта при принятии стратегических решений, поскольку они обладают собственными финансовыми ресурсами, возможностью привлечения инвестиционных ресурсов с финансового рынка. Участники проекта разрабатывают собственную стратегию поведения и формируют инвестиционные намерения с учетом экономической и коммерческой эффективности их проектов. Структура и состав участников мегапроекта меняется в динамике. В качестве критерия при выборе состава участников мегапроекта используется максимум интегрального эффекта от его реализации. При этом государство выступает координатором в формировании стратегии мегапроекта: сроки, масштабы, отраслевой и территориальный состав участников, условия привлечения внешних инвестиционных ресурсов определяются исходя из государственных целей мегапроекта.

Мегапроект, как объект стратегического планирования, обладает следующими особенностями:

- ✓ зависимость структуры и состава мегапроекта от геополитических факторов и ситуаций;
- ✓ широкая зона неопределенности внешних и институциональных условий (нормативно-законодательной базы, налоговой системы, привлечение ресурсов свободного финансового рынка);
- ✓ значительные организационно-экономические и инновационные риски проектов;
- ✓ сложный территориальный и отраслевой состав мегапроекта, разнонаправленность стратегических намерений регионов, отраслей и компаний;
- ✓ состязательность интересов отраслей и регионов за государственную поддержку и привлечение проектов на территорию;
- ✓ высокая дифференциация инфраструктурной обеспеченности регионов.

Опыт формирования мегапроектов как системно организованных межотраслевых комплексов выявил ряд проблем в организации рационального взаимодействия государственных органов управления и бизнеса:

1) длительность процедур согласования экономических интересов участников с их позиционированием на внутреннем и мировом рынках;

2) высокая степень автономности изменений стратегических решений участников;

3) сложность консолидации их ресурсов для выполнения мегапроектов с учетом институциональных барьеров и возможностей привлечения инвестиционных ресурсов с финансового рынка.

Учитывая государственную значимость мегапроектов актуальна разработка единого методического подхода к стратегическому планированию формирования мегапроекта с согласованием стратегических интересов его институциональных участников как субъектов хозяйствования с различной структурой собственности: федеральных и региональных органов власти, компаний.

В настоящее время система стратегического планирования государства находится в стадии формирования. Указом Президента «Об основах стратегического планирования в РФ» от 12 мая 2009 года № 536 [Указ…, 2009 (эл. ист. инф.)] определены контуры системы стратегического планирования, основные принципы и критерии, документы и органы, осуществляющие разработку и координацию стратегического планирования национальной безопасности Российской Федерации.

Дальнейшим развитием стал проект Федерального закона «О государственном стратегическом планировании» от 1 ноября 2011 г. [Проект…, 2011 (эл. ист. инф.)], в котором четко сформулированы цели и задачи координации деятельности участников процесса государственного стратегического планирования:

- ✓ концентрация разнокачественных (финансовых, организационных, информационных, кадровых) ресурсов для достижения запланированных целей;
- ✓ консолидация усилий всех субъектов экономики (государства, корпораций, структур гражданского общества) для достижения целей социально-экономического развития Российской Федерации;
- ✓ координация планируемых действий по достижению целей социально-экономического развития между федеральным и региональным уровнями государственной власти, бизнесом и обществом.

Таким образом, участниками процесса государственного стратегического планирования на федеральном уровне наряду с федеральными органами власти являются частные корпорации, субъекты естественных монополий, государственные корпорации, научные организации и структуры гражданского общества.

Анализ существующей системы стратегического планирования в РФ показал, что в системе документов стратегического планирования методически наиболее проработаны прогноз научно-технологического развития Рос-

сийской Федерации, генеральные схемы развития отраслей (газовой и нефтяной промышленности, электроэнергетики и др.), стратегии социально-экономического развития и схемы территориального планирования Российской Федерации, субъектов Российской Федерации и муниципальных образований. Отраслевые документы стратегического планирования на долгосрочный период служат основой для разработки федеральных целевых программ и схем территориального планирования Российской Федерации, а также плановых и программных документов субъектов естественных монополий. Многорегиональные межотраслевые мегапроекты не являются самостоятельным документом ни в существующей системе стратегического планирования РФ, ни в проекте Федерального закона «О государственном стратегическом планировании в РФ» (2011 г.). Как правило, инициатива разработки мегапроекта исходит от научных организаций или структур гражданского общества, компаний или регионов, а решение о его разработке принимается Президентом или Правительством Российской Федерации. (По-видимому, инициативный порядок подготовки документов государственного стратегического планирования мегапроекта будет сохранен и при утверждении предлагаемого проекта Федерального закона РФ[1].)

В современной организационно-функциональной структуре государственных органов исполнительной власти отсутствует институт, функцией которого является стратегическое планирование мегапроектов во взаимодействии с бизнесом на стадии формирования и реализации. Существующая в России система управления реализацией крупных межотраслевых проектов во многом сохранила организационные схемы взаимодействия компаний и государства, присущие централизованной директивной системе управления межотраслевыми программами [Вижина и др., 2011]. Российский опыт базируется на вертикальных организационных схемах взаимодействия субъектов хозяйствования; соглашения между компаниями и государством, как правило, опосредованы через решения властных структур и имеют рекомендательный характер вместо юридически оформленных контрактов.

В процессе реализации мегапроекта механизмы координации управленческих решений компаний и государства непрозрачны и запутаны, подвергаются серьезной коррекции, отсутствует согласованность во времени потребностей в инвестиционных ресурсах с реальными объемами инвестирования компаниями и государством. Принятая организация инвестиционного процесса в проектах с участием государства характеризуется нестабильностью бюджетного финансирования и частыми нарушениями достигнутых соглашений между государством и компаниями. Следствием «мягких» обязательств является широкая зона неопределенности сроков реализации проектов компаний. В результате система управления недоста-

[1] Закон прошел первое чтение в Государственной думе 12.02.13 г. [Сайт: www.economy... (эл. ист. инф.)].

точно эффективна и слабо ориентирована на целевые результаты мегапроекта. Таким образом, механизмы координации и консолидации ресурсов – главная нерешенная проблема стратегического планирования и управления реализацией мегапроектов.

Анализ зарубежного опыта показывает, что для организации взаимодействия бизнеса и власти в стратегических мегапроектах с участием нескольких крупных компаний создается координирующий орган, который формирует состав участников, выявляет их цели, инвестиционные намерения, степень участия и ожидаемые эффекты [Йескомб, 2008]. Успешность и эффективность реализации мегапроекта зависит от качества подготовки проекта на начальной стадии и степени согласованности стратегических интересов участников. Инвестиционная программа мегапроекта является продуктом согласования их интересов. В процессе согласования выявляются возникающие противоречия и четко прописываются возможные пути их разрешения, которые фиксируются в договорах между государством и участниками мегапроекта с регламентацией их обязательств по реализации мегапроекта. Координирующий орган осуществляет управление мегапроектом и контроль реализации государственных контрактов.

В настоящее время в России имеются прецеденты адаптации зарубежного опыта к формированию мегапроектов и созданию механизмов их управления. Региональные корпорации выполняют функцию координирующего органа в проектах, организуемых на принципах государственно-частного партнерства. Примерами являются Красноярская региональная корпорация по реализации территориального проекта освоения Нижнего Приангарья и Региональная корпорация по реализации федерального инвестиционного проекта «Урал промышленный – Урал Полярный». Вместе с тем региональные корпорации не имеют инвестиционного плана развертывания мегапроекта во времени, не обладают адекватным аппаратом координации корпоративных интересов и экономических оценок последствий невыполнения принятых соглашений. В свою очередь, и у федеральной власти отсутствует такой инструментарий оценки множества альтернативных вариантов реализации мегапроекта. Таким образом, обеспечение эффективных механизмов государственной координации и взаимодействия всех участников мегапроекта пока остается нерешенной проблемой.

Современные условия взаимодействия государственных органов управления и бизнеса определяют необходимость разработки новой технологии стратегического планирования мегапроекта как единого системно организованного межотраслевого проекта с согласованием стратегических интересов его институциональных участников: федеральных и региональных органов власти, компаний как субъектов хозяйствования с различной структурой собственности (недропользователи, энергетика, строительство, транспорт и др.).

Место мегапроекта в системе государственного прогнозирования. Задачи стратегического планирования многоотраслевых территориальных мегапроектов делятся на два класса:

1) стратегическое планирование с выделением стадии предпланового обоснования мегапроекта;

2) стратегическое управление его реализацией.

■ Содержание задач *на стадии предпланового, прединвестиционного обоснования многоотраслевых территориальных комплексных проектов* качественно не изменилось в сравнении с системой централизованного перспективного планирования социалистической экономики. Это позволяет использовать разработанные ранее модельные комплексы крупных инвестиционных программ. Однако изменились акценты и приоритетные направления исследования: влияние организационно-экономических механизмов на состав, возможность достижения межотраслевого сбалансированного развития во времени, устойчивость состава мегапроекта при изменении внешних условий, геополитических факторов его формирования. На стадии предпланового прединвестиционного обоснования важнейшей задачей становится определение ядра мегапроекта как устойчивой совокупности проектов отраслей и их компаний, регионов, и целевых установок.

Адекватный учет независимости экономического статуса бизнеса при разработке стратегических проектов и ограниченность полномочий государственных органов власти обусловливают необходимость принципиально иных подходов. Важная особенность формирования стратегии мегапроекта – организация процедур согласования интересов участников посредством достижения компромиссов между государством и бизнесом в каждом блоке задач стратегического планирования и управления.

Стратегическое планирование мегапроекта предусматривает решение следующих задач:

- ✓ обоснование целевых установок и разработка альтернативных сценариев мегапроекта;
- ✓ формирование портфеля инвестиционных проектов участников на основе консолидации их интересов для достижения целей мегапроекта;
- ✓ определение ядра мегапроекта как устойчивой совокупности проектов отраслей, их компаний и регионов, границ зоны устойчивости мегапроекта при изменениях стратегических намерений компаний выхода на внутренний и мировые рынки;
- ✓ определение потенциальных направлений развития межотраслевых кластеров в субъектах Федерации;
- ✓ анализ влияния организационно-экономических условий концентрации федеральных, региональных и корпоративных ресурсов различных отраслей на обеспечение сбалансированности и эффективности мегапроекта;

- ✓ формирование стратегии реализации мегапроекта в виде последовательности реализации взаимосвязанных коммерчески эффективных инвестиционных проектов компаний; механизмов консолидации и концентрации инвестиционных ресурсов участников мегапроекта; системы соглашений о государственно-частном партнерстве и государственных контрактов; рекомендаций к изменениям нормативно-правовой среды федерального и регионального уровней власти в среднесрочном и долгосрочном периоде.

Остановимся кратко на качественных характеристиках и процедурах решения вышеуказанных задач.

Основные контуры мегапроекта: цели и задачи, отраслевой и территориальный состав, масштабы развития отраслей и их размещение определяются на основе стратегических документов развития экономики России. К ним относятся: Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г.; Долгосрочный прогноз развития экономики России на 2009–2030 гг. и генеральные схемы развития отраслей, Энергетическая стратегия РФ на период до 2030 г., стратегии социально-экономического развития регионов, стратегические документы нефтегазовых компаний – ОАО Газпром, НК «Роснефть» и др.

При обосновании целевых установок и разработке альтернативных сценариев приоритетными становятся анализ влияния внешних конкурентных условий, глобальных геополитических и социально-экономических факторов и оценка конкурентоспособности лидеров мегапроекта на мировом рынке.

Альтернативные стратегические сценарии отражают качественно различные конкурентные условия формирования мегапроекта. Так, при разработке сценариев мегапроекта проводится:

- ✓ анализ и прогноз глобальных геополитических тенденций, ценовой конъюнктуры и спроса на нефтегазовых мировых региональных рынках;
- ✓ оценка возможностей и сроков выхода на рынки с новыми продуктами или новыми модификациями (например, для нефтегазового мегапроекта – полимеры, пластмассы, моторные топлива, гелий);
- ✓ анализ условий и сроков создания обеспечивающей инфраструктуры для новых каналов сбыта продукции на внешних рынках: АТР, европейском и американском.

Многовариантность стратегий освоения ресурсов и, как следствие, формирования мегапроекта предопределена наличием интенсивной конкуренции на внешних и внутреннем рынках компаний и регионов.

* *Конкуренция на внешних рынках* формирует условия внешней среды создания и реализации мегапроекта. Так, например, для нефтегазовых мегапроектов Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия) целесообразно учитывать:

1) геополитические факторы и их влияние на ценовую конкуренцию на мировых рынках углеводородов (войны в Ираке и Ливии; аварии на атомных станциях Франции, Японии; политические протесты и экологические движения, направленные на снижение доли атомной энергетики в национальных энергетических балансах; энергетическая политика в странах – потребителях российских углеводородов);

2) ожидаемую конкуренцию компаний-поставщиков за позиции на рынках сбыта углеводородов (доля на рынке, обладание активами рыночной инфраструктуры и перерабатывающих мощностей), прогнозные оценки последствий экономического влияния конкурирующих компаний на принятие инвестиционных решений компаний – участников мегапроекта;

3) конкуренцию взаимозаменяемых видов энергии на мировых энергетических рынках – переход на возобновляемые источники энергии, использование биоресурсов и др. – вследствие структурных изменений в ТЭБ стран.

* *Конкуренция на внутренних рынках проявляется в виде состязательности:*

1) регионов – за привлечение компаний по переработке углеводородов;

2) компаний – за использование ресурсов и позиции на внутреннем рынке;

3) добывающих компаний – за доступность к магистральным трубопроводам при условии обеспечения полной загрузки их мощностей.

При формировании портфеля инвестиционных проектов и ядра мегапроекта следует учитывать, прежде всего, что каждый участник имеет собственный набор инвестиционных проектов, формирует инвестиционные намерения их реализации с учетом экономической, коммерческой эффективности проектов и корпоративной миссии на внутреннем и внешних рынках. Поэтому в процедурах согласования стратегических интересов участников центральное место отводится оценке вариантов консолидации государственных и корпоративных ресурсов для реализации мегапроекта и ожидаемых вкладов в бюджетные доходы регионов и Федерации. Баланс интересов федерального центра, регионов и компаний является ключевым для эффективности мегапроекта.

Новыми аспектами стратегического планирования являются формирование портфеля инвестиционных проектов участников на основе конкурентных стратегий компаний с оценкой коммерческой и интегральной эффективности проектов, вклада в бюджетные доходы регионов и Федерации. Отбор инвестиционных проектов, взаимоприемлемых по эффективности для компаний и государства, определяет в своей совокупности инвестиционную программу мегапроекта. Определение ядра мегапроекта как устойчивой совокупности регионов, проектов отраслей и их компаний, а также границ зоны устойчивости мегапроекта осуществляется на основе анализа влияния внешних и институциональных условий на цели и задачи, конечные результаты и эффективность мегапроекта.

В процессе согласования интересов необходимо учитывать, что компании обладают собственными материальными и финансовыми ресурсами, множеством вариантов схем финансирования проектов, привлечения государственных инвестиций, внешних кредитов и займов, реинвестирования доходов, имеется и совокупность стратегий выхода их продукции на внешние рынки. Материальные и финансовые ресурсы мегапроекта по видам собственности подразделяются на федеральные, региональные и корпоративные. С другой стороны, следует учитывать объемные *ресурсные, технологические, финансовые и экологические* ограничения, а также ограничения, обусловленные принятыми механизмами совместного их использования различными институциональными участниками.

При отборе инвестиционных проектов, взаимоприемлемых для компаний и государства, определяющая роль в организации процесса согласования интересов принадлежит государственным органам управления в лице министерств, федеральных агентств. Государственный координирующий орган на уровне Правительства РФ необходим на завершающей стадии формирования ядра мегапроекта; он оценивает достижение целей, конечные результаты, эффективность и границы зоны устойчивости мегапроекта при изменении внешних и институциональных условий, согласовывает действия федеральных и региональных органов государственной власти, бизнеса и общества, определяет отраслевую и региональную структуру мегапроекта [Пляскина, Харитонова, 2010].

■ *На стадии стратегического управления реализацией мегапроекта* основная задача – разработать механизмы реализации мегапроекта как единого системно организованного межотраслевого проекта в условиях ограниченного влияния государства на выбор стратегических решений участников, ресурсное обеспечение и сроки реализации инвестиционных проектов.

Существующая в России система управления реализацией крупных межотраслевых проектов во многом сохранила организационные схемы взаимодействия компаний и государства, присущие централизованной системе управления межотраслевыми программами, основным недостатком которой является отсутствие согласованности во времени потребностей мегапроекта в инвестиционных ресурсах и реальными инвестициями компаний и государства. Принятая организация инвестиционного процесса в проектах с участием государства характеризуется частыми нарушениями достигнутых соглашений между государством и компаниями, нестабильностью бюджетного финансирования. Поскольку началом инвестиционного процесса является бюджетное финансирование проекта, то в результате имеют место хронические временные лаги, обусловленные ожиданиями компаний финансирования со стороны государства. Кроме того, вместо юридически оформленных контрактов между компаниями и государством имеются соглашения о намерениях участия, которые имеют рекомендательный характер. Следствием «мягких» обязательств является широкая зона неопределенности реализации проектов компаний. В итоге система управления недостаточно эффективна и слабо ориентирована на программно-целевые результаты мегапроекта.

Успешность и эффективность реализации мегапроекта зависит от качества подготовки проекта на начальной стадии и степени согласованности стратегических интересов участников. Вместе с тем корпорации не обладают адекватным аппаратом координации интересов и количественных оценок эффективности возможных соглашений при выборе форм участия бизнеса в мегапроекте, а также оценок государственных рисков и формирования приоритетов инновационной политики. В свою очередь, организация взаимодействия бизнеса и власти в столь масштабных стратегических проектах предполагает наличие и у Федеральной власти инструментария оценки множества альтернативных вариантов реализации мегапроекта, разработки схем финансирования с учетом неопределенности и вероятностного характера ожидаемых экономических, экологических и социальных эффектов.

Разработка механизмов управления мегапроектами предусматривает учет конкурентной среды при выборе стратегии его реализации и определение форм участия государства в снижении технологических, геологических, экологических и экономических рисков компаний – операторов проектов, обеспечении сбалансированности во времени инвестиционной деятельности компаний-участников мегапроекта.

Переход от схем директивного управления к схемам государственной координации инвестиционной и инновационной деятельности компаний обусловливает необходимость индикативного управления в согласовании стратегических интересов его институциональных участников: федеральных и региональных органов власти, компаний. В этих условиях для разработки схем государственной координации актуальными задачами являются:

- ✓ определение совокупности индикаторов управления мегапроектом и направления координации инвестиционных решений участников программы;
- ✓ выбор форм и направлений государственного участия в их реализации;
- ✓ формирование приоритетных направлений государственной поддержки инвестиционной и инновационной политики компаний.

8.2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ РЕСУРСНЫХ МЕГАПРОЕКТОВ

Экономическая постановка задачи формирования межотраслевых мегапроектов и оценки конкурентных стратегий. Формирование эффективных стратегий развития перспективных нефтегазодобывающих районов является актуальной задачей и важнейшим условием повышения конкурентоспособности и устойчивого развития экономики России, в процессах интеграции в мировые энергетические рынки. Мегапроекты освоения региона представляют собой инвестиционную программу вовлечения в хозяйственный оборот нефтегазовых ресурсов и их комплексное использование на

инновационном технологическом базисе. В стратегическом планировании наименее разработанными являются методы обоснования государственной инновационной политики, участия государства в снижении технологических, геологических, экологических и экономических рисков, согласовании во времени инвестиционных проектов компаний с учетом неопределенности и вероятностного характера ожидаемых экономических, экологических и социальных эффектов.

Многоцелевой характер мегапроекта определяет экономическую задачу выбора стратегии мегапроекта как задачу согласования стратегических интересов его институциональных участников. Данная задача является многокритериальной, каждый участник имеет свой критерий. Для государства критерием эффективности реализации мегапроекта является уровень достижения политических целей, максимум ВВП при соблюдении условий рационального природопользования; для регионов – максимум ВРП и бюджетных доходов; для компаний – максимум дохода на единицу вложенного капитала.

При постановке задачи следует учесть *ресурсные, технологические, финансовые и экологические* ограничения, которые определяют возможность комплексного извлечения запасов и использования ресурсов недр, необходимость использования инновационных технологий, в конечном счете – эффективность реализации мегапроекта. Имеется также множество вариантов схем финансирования проектов компаний, привлечения государственных инвестиций, внешних кредитов и займов, условия реинвестирования доходов мегапроекта.

Мегапроекты освоения ресурсов новых регионов обладают рядом специфических особенностей:

- ✓ дифференциация районов по запасам и степени изученности недр, высокая неопределенность результатов процесса воспроизводства;
- ✓ ограниченность жизненного цикла месторождений;
- ✓ зависимость стратегии освоения ресурсов от геологических условий;
- ✓ влияние жизненного цикла месторождений на выбор прогнозного периода реализации мегапроекта;
- ✓ масштабность линейной межрегиональной инфраструктуры, связывающей ресурсные районы с развитыми внешними и внутренними рынками.

При формировании стратегий освоения ресурсов нефтегазовых регионов необходимо также учитывать особенности конкуренции в этой сфере.

Организационно-технологическая схема разработки и модельный инструментарий стратегического планирования мегапроекта. Организационно-технологическая схема разработки мегапроектов представляет собой двухэтапную последовательность решения совокупности задач стратегического планирования и управления.

1. Задачи стратегического планирования:

а) разработка стратегических сценариев мегапроекта;

б) выбор инструментария оценки стратегических сценариев;

в) оценка множества стратегических сценариев участия компаний (их инвестиционных проектов) в реализации мегапроекта в действующих институциональных условиях;

г) определение потенциальных направлений формирования кластеров межотраслевых межрегиональных инвестиционных проектов;

д) исследование влияния организационно-экономических факторов на результативность мегапроекта (сбалансированность и эффективность).

2. Задачи стратегического управления:

а) выявление проблемных ситуаций, требующих государственного участия и регулирования для обеспечения сбалансированности инвестиционных планов компаний и оценка требуемых дополнительных ресурсов для повышения интенсивности и ускорения сроков ввода проектов:

- установление степени согласованности сроков реализации проектов, ввода мощностей добывающих и перерабатывающих комплексов и направлений координации инвестиционных решений участников программы;
- анализ резервов времени для разработки согласованного решения компаний об изменении их инвестиционных намерений в реализации мегапроекта;
- анализ влияния современных институциональных условий реализации альтернативных инвестиционных проектов на конечные результаты и эффективность мегапроекта;
- формирование предложений по изменению институциональных условий государственного управления;

б) выбор модельного аппарата для управления мегапроектом и координации инвестиционных проектов участников;

в) разработка схем и направлений государственной координации реализации инвестиционных и инновационных проектов компаний – участников мегапроекта:

- разработка благоприятных экономических и институциональных условий-предложений для бизнеса по снижению их экономических рисков;
- определение форм и направлений государственного участия в их реализации;
- формирование приоритетных направлений государственной поддержки инвестиционной и инновационной политики компаний;

г) стимулирование развития инновационных кластеров межотраслевых межрегиональных инвестиционных проектов.

Предлагаемый нами методический подход основывается на системе моделей долгосрочного планирования мегапроекта, которые должны отражать особенности его формирования и функционирования в современной институциональной среде, оценивать множество альтернативных комбинаций новых инвестиционных проектов, схем финансирования с учетом неопределенности и вероятностного характера ожидаемых экономических, экологических и социальных эффектов, влияния организационно-экономических факторов на результативность мегапроекта.

Наличие такого модельного инструментария позволит выявить совокупность проектов, сдерживающих достижение целей реализации мегапроекта с учетом технологических, геологических, экологических, инновационных и экономических рисков компаний, конкретизировать направления государственного регулирования процесса освоения ресурсов региона, дифференцировать инструменты государственного воздействия на участников мегапроекта при принятии решений на различных этапах формирования стратегии мегапроекта.

Система моделей должна охватывать не только уровень локальных инвестиционных проектов, но и макроэкономический, поскольку при формировании мегапроектов большую роль играют геополитические факторы и условия обеспечения национальной безопасности государства. Центральное место в системе моделей занимает модель межотраслевой инвестиционной программы.

Учитывая широкую зону неопределенности инвестиционных проектов и динамичность конкурентной среды на внешних рынках, компании склонны к изменению приоритетов и выходу из мегапроекта. В этой связи на стадии формирования инвестиционной программы необходимо иметь множество вариантов корпоративных инвестиционных стратегий с прогнозными оценками экономической и коммерческой эффективности проектов.

В соответствии с изложенными принципами нами предлагается организационно-технологическая схема стратегического планирования мегапроекта, в которой отражены поэтапная последовательность решения задач и адекватный им модельный инструментарий (рис. 8.1). В ней предусмотрены следующие этапы:

- разработка сценариев мегапроекта;
- формирование портфеля инвестиционных проектов;
- выбор эффективной стратегии реализации мегапроекта.

Данная схема является логическим развитием технологической схемы перспективного планирования и разработки инвестиционных программ освоения нефтегазовых районов [Пляскина, 2008] с учетом специфики задач мегапроекта и включением процедур согласования решений независимых участников.

Инструментарий, применяемый в организационно-технологической схеме мегапроекта, представляет собой сложный модельный комплекс, состоящий из моделей разных классов: оптимизационных макроэкономических моделей, имитационных моделей формирования портфеля инвестиционных проектов, сетевой модели инвестиционной программы и имитационной модели оценки эффективности мегапроекта при различных сценариях его реализации.

Факторы и условия формирования мегапроекта отражают развитие внешней среды. На этапе разработки сценариев обосновываются целевые установки, структура мегапроекта исходя из гипотез социально-экономического развития России и ее регионов, динамики геополитических факторов, тенденций конъюнктуры на внешнем и внутреннем рынках.

Адекватным инструментарием для решения этих задач являются оптимизационные макроэкономические модели, такие как оптимизационная межотраслевая многорегиональная модель народного хозяйства (ОМММ) и топливно-энергетического комплекса в народном хозяйстве (ОМММ ТЭК), разработанные в ИЭОПП СО РАН [Моделирование…, 1992; Оптимизация…, 2010]. Использование этих моделей в имитационном режиме позволяет сформировать сценарии и определить контуры мегапроекта: отраслевую и территориальную структуру, размещение производственных мощностей по регионам и их межрегиональные связи, а также оценить инвестиционные потребности мегапроекта, его долю в прогнозируемом фонде накопления страны как источнике инвестиционных ресурсов. Контуры мегапроекта могут быть также сформированы и на основе концепций социально-экономического развития РФ, стратегических документов отраслей, регионов и компаний.

Задача определения ядра мегапроекта как устойчивой совокупности проектов отраслей, регионов и компаний решается с использованием моделей формирования портфеля инвестиционных проектов. Поведение участников мегапроекта в значительной степени определяется институциональными условиями, нормами и правилами конкуренции на внешних и внутренних рынках, налоговой системой, экологическими нормативами и ресурсными ограничениями. Институциональные и правовые условия федерального и регионального законодательства формируют правила поведения участников мегапроекта. Имитационные модели формирования портфеля инвестиционных проектов являются генераторами входной информации для инвестиционной программы мегапроекта. Такие модели представляют собой совокупность моделей финансово-экономической оценки инвестиционных проектов компаний с учетом влияния налогового, ценового регулирования и других институциональных условий на коммерческую и интегральную эффективность проекта и бюджетные доходы региона и Федерации.

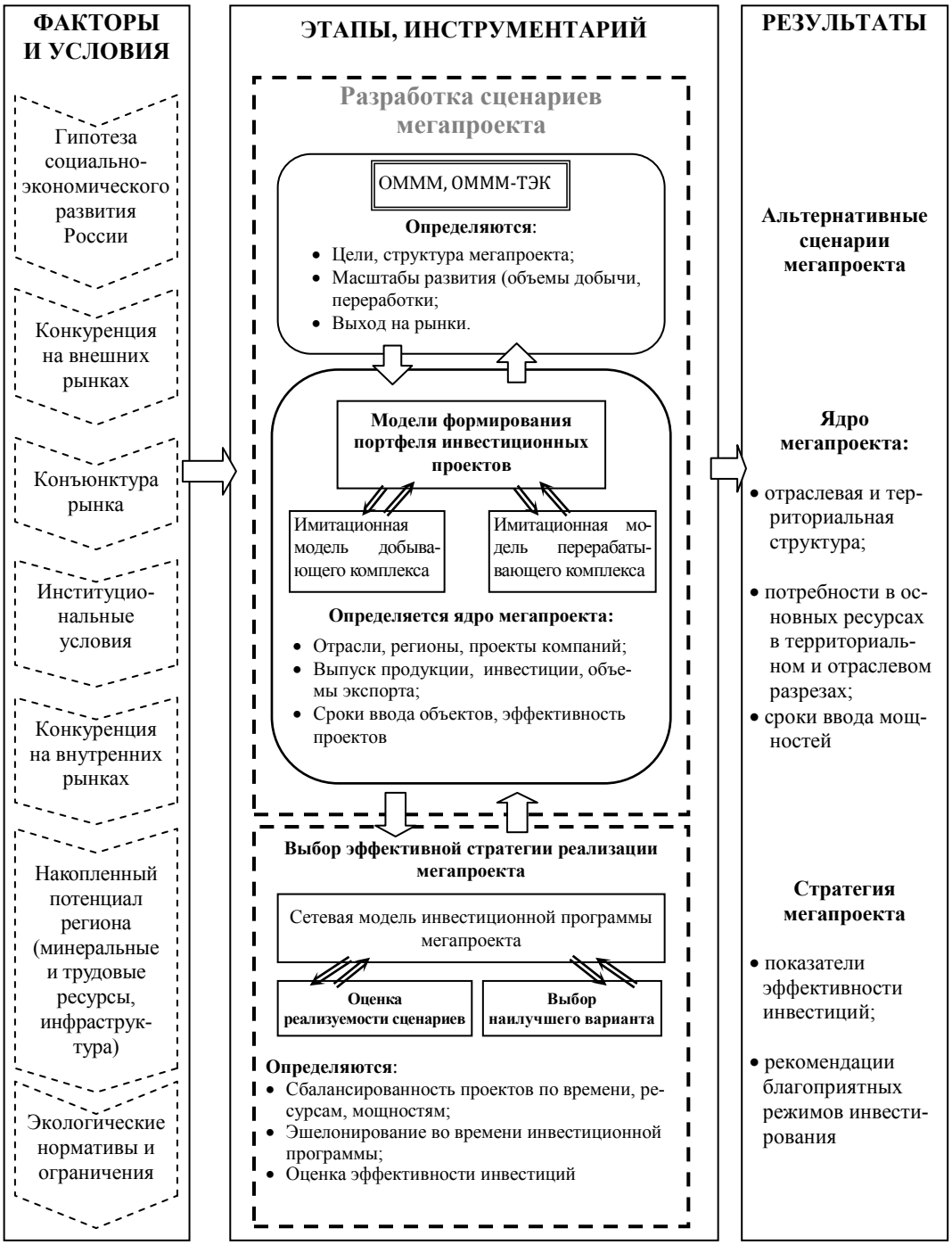


Рис. 8.1. Организационно-технологическая схема стратегического планирования мегапроекта

Выбор эффективной стратегии реализации мегапроекта решается с использованием сетевой модели инвестиционной программы и имитационной модели оценки эффективности программы мегапроекта. Инвестиционная программа мегапроекта представляет собой сбалансированную по времени и ресурсам совокупность технологически и экономически взаимо связанных проектов компаний и инфраструктурных отраслей. В силу долгосрочного характера инвестиционной программы мегапроекта ее выполнение целесообразно разделить на несколько этапов. Каждый этап – это период достижения промежуточных целей, контролируемых государством, ими могут быть: степень освоенности региона, уровень добычи ресурсов, их поставки на внутренний рынок и на экспорт. Достижение целей предыдущего этапа является условием реализуемости последующего. Основными характеристиками этапов являются длительность, совокупность ожидаемых результатов, вероятности их достижения с учетом ограниченности инвестиционных ресурсов участников мегапроекта.

Согласование реализации инвестиционных проектов участников по ресурсам и срокам ввода сопряженных мощностей осуществляется на сетевой модели инвестиционной программы мегапроекта, которая позволяет:

- ✓ эшелонировать стратегические сценарии развития мегапроекта и оценить их реализуемость в динамике с учетом ресурсных ограничений: финансовых, инвестиционных, территориальных намерений компаний и других субъектов хозяйствования;
- ✓ определить сбалансированность спроса и предложения ресурсов в инвестиционных проектах (федеральных, региональных и корпоративных), согласованность финансовых ресурсов компаний с потребностями в них мегапроекта, общую нагрузку мегапроекта на инфраструктурную систему (транспорт, энергетика и др.).

Выбор инструментов государственного регулирования реализации инвестиционной программы осуществляется с использованием имитационной модели оценки эффективности программы. Модель основана на системе расчетов экономической эффективности совокупности инвестиционных проектов при различных вариантах налогового и ценового регулирования. В качестве критерия оценки эффективности программы используется максимум государственного дохода от реализации программы при обеспечении приемлемой нормы ЧДД для проектов компаний.

Предлагаемая организационно-технологическая схема позволит упорядочить технологию стратегического планирования мегапроектов и организацию функционального взаимодействия органов государственного управления и бизнеса при разработке стратегии формирования мегапроектов и государственного управления их реализацией.

Предлагаемый методический подход позволит повысить эффективность стратегического планирования освоения новых сырьевых регионов посредством использования предлагаемого модельного аппарата в качестве инструментария:

- ✓ разработки схем управления и координации инвестиционной деятельности различных субъектов хозяйствования в мегапроекте;
- ✓ мониторинга программ мегапроектов (оценка хода реализации стратегии, выявление организационных и других межведомственных противоречий, последствий изменения инвестиционных намерений компаний, успешности ГРР, влияния инновационной политики компаний и государства, ГЧП, выполнения соглашений о государственно-частном партнерстве).

Потребители предлагаемого аппарата – государственные межведомственные комиссии по координации стратегических намерений и инвестиционных проектов участников крупных мегапроектов.

Координация деятельности компаний при реализации инвестиционной программы мегапроекта. Сложность задачи организации эффективного государственного управления возрастает в стратегических мегапроектах, для которых характерна высокая вероятность изменений как состава проекта, так и ряда ключевых экономических и политических параметров, а также изменений экономических интересов участия хозяйствующих субъектов в ходе реализации мегапроекта.

В условиях ограниченности инструментов прямого воздействия государства на инвестиционную политику компаний суть стратегического управления реализацией мегапроекта состоит в государственной координации инвестиционных намерений компаний-участников и разработке механизмов управления мегапроектами.

Предлагаемая нами схема государственной координации направлена на обеспечение:

- ✓ межотраслевой сбалансированности реализации взаимосвязанных инвестиционных проектов во времени;
- ✓ выявления совокупности проектов, сдерживающих достижение стратегических государственных целей мегапроекта;
- ✓ формирования условий для достижения приемлемых показателей экономической эффективности проектов.

В схеме государственной координации мегапроекта выделяются следующие этапы процедуры согласования стратегических интересов институциональных участников:

1) выявление проблемных ситуаций в связи с изменением внешних условий и факторов, инвестиционных планов компаний, государства и регионов, требующих государственного вмешательства с оценкой требуемых дополнительных ресурсов для повышения интенсивности и ускорения сроков ввода проектов;

2) установление степени отклонений фактической динамики инвестиций, сроков ввода мощностей проектов технологически взаимосвязанных и инфраструктурных отраслей от эффективной стратегии мегапроекта, оценка

резервов времени для внесения корректив в инвестиционные планы компаний, региональные и федеральные проекты;

3) оценка выполнения условий контрактов участниками мегапроекта и определение группы ключевых компаний, с которыми необходим диалог государственных органов власти и бизнеса по созданию благоприятного инвестиционного режима реализации мегапроектов;

4) разработка вариантов благоприятных режимов инвестирования корпоративных проектов, норм и правил участия бизнеса в проектах создания транспортных, энергетических и других инфраструктурных объектов;

5) установление государственных преференций отдельным компаниям и регионам для повышения эффективности мегапроекта.

Управление процессом реализации мегапроекта предусматривает определение форм участия государства в проектах ключевых компаний, перспективных направлений государственно-частного партнерства для проблемных проектов, системы долгосрочных инвестиционных соглашений государственных органов управления и компаний, контроль за их выполнением, а также мониторинг изменения внешних условий формирования мегапроекта.

Координатор (координирующий орган) разработки и реализации мегапроекта необходим на уровне Правительства РФ как на стадии формирования мегапроекта, так и в течение всего периода его реализации. Основная деятельность координатора мегапроекта на стадии стратегического планирования состоит в оценке конкурентных стратегий:

- ✓ расширения ассортимента продукции (нефте- и газопереработка, гелий);
- ✓ выхода на рынок с новыми продуктами или новыми модификациями;
- ✓ создания новых каналов сбыта продукции – выход на новые внешние рынки: АТР, европейский и американский;
- ✓ стимулирования снижения издержек производства компаний и повышения эффективности мегапроекта.

Координирующий орган осуществляет управление инвестиционной программой мегапроекта посредством прямого ресурсного и косвенного регулирования принятия решений инвесторами. Прямое ресурсное управление предусматривает поддержку участников мегапроекта путем вливания финансовых ресурсов государства. Косвенное регулирование состоит в создании экономических стимулов и нормативно-правовых условий: благоприятного инвестиционного режима для корпоративных участников, льготных условий налогообложения, предоставления инвестиционных кредитов институтами развития, гарантий государства и т.д.

В идеальной ситуации методический инструментарий координации должен позволять оценивать влияние на сроки и эффективность реализации мегапроекта управленческих решений его институциональных участников: федеральных; региональных органов власти; компаний.

Взаимодействие компаний с другими участниками мегапроекта возникает по поводу использования общерегиональных и федеральных ресурсов, таких как энергетическая и транспортная инфраструктура, земельные, водные, трудовые ресурсы и др.

Функции государственного координирующего органа состоят в следующем:

1) согласовании во времени сроков реализации инвестиционных проектов компаний различных отраслей с точки зрения достижения целевых результатов мегапроекта;

2) формировании допустимого множества государственных управленческих решений, обеспечивающих приемлемый для компаний уровень коммерческой эффективности их инвестиционных проектов;

3) подписании соглашений и контрактов с институциональными участниками и контроль за их исполнением;

4) организации анализа и согласования стратегических инициатив в исполнительных и законодательных органах власти.

Формирование допустимого множества государственных управленческих решений состоит в разработке предложений – стратегических инициатив координирующего органа по изменению административных рычагов федеральными и региональными уровнями власти посредством определения государственных приоритетов инвестиционной и инновационной поддержки компаний, принятия дополнительных законов, изменяющих институциональные условия инвестиционной деятельности, госзаказов, а также экономических регуляторов управления мегапроектом.

Предлагаемый нами методический подход к формированию системы управления реализацией мегапроекта основывается на сетевой модели мегапроекта, которая позволяет отразить ресурсы времени, необходимые для согласования стратегических интересов бизнеса и власти.

С использованием сетевой модели решаются следующие управленческие задачи:

- ✓ анализ и оценка влияния форм государственного участия и корпоративной политики на стратегию реализации мегапроекта, государственных преференций компаниям и регионам – на эффективность мегапроекта;
- ✓ выявление проблемных ситуаций, требующих государственного вмешательства и выбор приоритетных инвестиционных проектов для государственной поддержки или государственно-частного партнерства.

Оценка эффективности согласования интересов проводится на основе анализа «календарных планов» реализации мегапроекта, структуры критического пути, определяющего длительность инвестиционной программы мегапроекта, определения резервов времени, необходимых для принятия государственных управленческих решений [Гимади и др., 2010].

Управление реализацией мегапроекта в сетевой модели инвестиционной программы. Координация инвестиционной деятельности компаний в мегапроекте основана на использовании двух видов индикаторов управления. Для ресурсного управления целесообразно использовать индикаторы сбалансированности проектов (межотраслевые невязки), а для оценки мер косвенного регулирования принятия решений частными инвесторами – индикаторы эффективности режимов управления.

К индикаторам сбалансированности относятся:

- ✓ баланс (или балансовые невязки) спроса и предложения инвестиционных ресурсов мегапроекта в динамике (федеральных, региональных и корпоративных ресурсов);
- ✓ баланс сроков ввода мощностей технологически взаимосвязанных инвестиционных проектов разных компаний;
- ✓ баланс спроса и предложения мощностей региональной инфраструктуры и строительного комплекса территории;
- ✓ синхронность выполнения проектов комплексного освоения ресурсов, включая сроки ввода мощностей, заявленные в корпоративных проектах.

Индикаторы эффективности режимов управления представлены показателями доходности инвестиционных проектов как отклик участников мегапроекта на изменение регуляторов управления: налоговых ставок, таможенных пошлин, банковских процентов и др. На их основе выявляется зона устойчивости мегапроекта, формируются пороговые значения (минимальные и максимальные) регуляторов управления, при которых сохраняется целостность и условия обеспечения сбалансированности мегапроекта.

Процедура согласования инвестиционной деятельности компаний является многошаговой.

На первом шаге согласования взаимосвязанных инвестиционных проектов участников по ресурсам и срокам ввода мощностей осуществляется анализ индикаторов сбалансированности. Посредством критического и совокупности «подкритических» путей сетевой модели определяются: 1) допустимые границы невязок по ресурсам, резервы времени реализации локальных проектов; 2) совокупность проектов компаний, сдерживающих директивные сроки реализации мегапроекта, и «узкие места».

Следующим шагом является разработка вариантов ресурсного управления инвестиционной программой мегапроекта, определяются объемы ресурсов государственной поддержки участников с оценкой их влияния на сроки реализации «сдерживающих» проектов. В результате формируется базовая совокупность взаимосвязанных проектов, в которой согласованы государственные приоритеты, корпоративные и региональные предпочтения.

На заключительной стадии осуществляется корректировка механизмов косвенного регулирования. Проекты, не попавшие в базовую совокупность, становятся объектами диалога координирующего органа с компаниями и регионами по поводу изменения институциональных условий и технологий выполнения проектов (повышения интенсивности выполнения работ в проектах, возможности использования инноваций и др.). Координирующий орган выявляет проекты компаний и регионов, требующие изменений институциональных условий инвестиционной деятельности, разрабатывает предложения для Правительства РФ по формированию благоприятных режимов инвестирования мегапроекта, нормативно-правовому регулированию и др.

Допустимое множество благоприятных режимов реализации инвестиционных проектов участников мегапроекта формируется на основе анализа индикаторов эффективности режимов управления. Оценка влияния управленческих решений на эффективность инвестиционных проектов компаний и сроки реализации мегапроекта осуществляется с использованием функции отклика участников мегапроекта на изменение интенсивности выполнения работ и, как следствие, сроков реализации мегапроекта в целом; а также на изменение доходности работ сетевого графа (на работах выбираются решения, приносящие прибыль).

В результате многошаговых процедур согласования инвестиционных намерений всех участников с использованием сетевой модели мегапроекта координирующий орган предлагает коррекцию системы государственных преференций, формирует конкурентную стратегию и соответствующий ей благоприятный режим, обеспечивающий устойчивость реализации мегапроекта. Формируется координационный план управления реализацией мегапроекта, который корректно учитывает ресурсы времени, необходимые для согласования взаимосвязанных организационно-экономических решений участников мегапроекта, и содержит:

- ✓ государственные обязательства министерств и ведомств;
- ✓ схемы взаимодействия участников мегапроекта по поводу решения комплексных межотраслевых проблем;
- ✓ систему государственных контрактов и соглашений и меры ответственности за их выполнение;
- ✓ систему контроля за выполнением договоров и соглашений с институциональными участниками;
- ✓ рекомендуемые проекты для государственно-частного партнерства.

Координационный план управления реализацией мегапроекта представляет собой документ, обеспечивающий согласованность решений участников мегапроекта по достижению стратегической цели создания мегапроекта в заданные сроки.

8.3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА И АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДИСКРЕТНОЙ ЗАДАЧИ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСОВ И ЗАДАННЫХ ДИРЕКТИВНЫХ СРОКОВ

Опыт использования детерминированных сетевых моделей. Детерминированные сетевые модели широко использовались в 1980-х годах для анализа и прогнозирования крупных инвестиционных программ. Одной их последних разработок была сетевая модель Западно-Сибирского нефтегазового комплекса, предназначенная для Межведомственной Территориальной Комиссии при Госплане СССР. Данная модель использовалась для координации планов министерств в целях обеспечения сбалансированного развития комплекса, анализа межотраслевых и территориальных диспропорций при разработке перспективных прогнозов реализации инвестиционных отраслевых программ нефтяной и газовой промышленности на период 1985–2005 гг.

В детерминированных сетевых моделях, рассмотренных ранее, проект представляет собой заведомо определенную совокупность операций с заранее определенным отношением взаимного порядка их выполнения. Характеристики каждой работы также описываются однозначно. Однако во многих проектах встречаются события особого рода, от результата которых зависит дальнейшее развитие проекта по тому или иному сценарию. При наличии таких событий, которые называются решающими, структура сетевой модели заранее не определена. Кроме того, характерной чертой многих проектов является необходимость учета возможности применения альтернативных решений. Каждому из возможных альтернативных решений соответствует свой вариант достижения конечной цели, поэтому возникает необходимость оценки вероятности каждого возможного исхода и выбора из множества вариантов наилучшего или наиболее вероятного.

Для подготовки и принятия решений на уровне руководства управлением ходом разработки и реализации крупномасштабных проектов необходимы эффективные экономико-математические средства, позволяющие оперативно проводить имитационные и оптимизационные расчеты по оценке различных альтернатив планируемых проектов. Важное значение при этом имеют задачи оптимизации по времени всей совокупности работ проекта в условиях ограничений на имеющиеся ресурсы и сроки выполнения отдельных комплексов работ. В математическом плане эти задачи могут быть описаны в терминах теории расписаний. Для описания проекта как совокупности различных операций (работ), взаимозависимых по технологии их следования и по потреблению общих ресурсов, удобно применять математическую модель, использующую аппарат сетевого планирования. Возникающая при этом дискретная оптимизационная задача в условиях заданных ограничений на ресурсы и директивные сроки целевых событий является

сложной с алгоритмической точки зрения. Для ее решения не удается построить эффективные точные методы даже для таких частных случаев, когда все работы технологически независимы и задан единственный ограниченный ресурс.

Постановка задачи предполагает приоритетность выполнения выделенных комплексов работ и оптимизацию с позиций нескольких критериев. Маловероятно, что будет найден точный эффективный алгоритм ее решения, поскольку задача (и даже ее многочисленные частные случаи – задача упаковки в контейнеры, задача Джонсона, задача о камнях и др.) относится к классу труднорешаемых проблем. Поэтому целесообразно для этой и подобных ей задач пытаться строить малотрудоемкие приближенные алгоритмы с оценками уклонения приближенного решения от точного. К настоящему времени накоплен значительный опыт решения подобных задач, однако известные нам алгоритмы, как правило, страдают, по крайней мере, одним из трех недостатков: либо они относятся к классу PERT-TIME, т.е. предполагают случай неограниченных ресурсов; либо алгоритмы эти являются эвристическими, т.е. невозможно оценить, достаточно ли близко к оптимальному полученное решение; либо алгоритмы могут справиться лишь с задачами небольшой размерности.

Предлагаемое ниже математическое обеспечение в значительной степени свободно от указанных недостатков; оно предназначено для решения задачи планирования крупномасштабных проектов методами сетевого моделирования и имеет универсальный характер. Алгоритмы, построенные для решения этой задачи, доведены до практически действующего программного обеспечения, которое применялось в разные годы для решения ряда конкретных народнохозяйственных задач.

Метод решения задачи сетевого планирования в условиях ограниченных ресурсов и заданных директивных сроков. Для решения многономенклатурной задачи сетевого планирования в условиях ограниченных ресурсов складируемого типа используем асимптотически точный малотрудоемкий алгоритм в предположении, что длительности работ – вещественные неотрицательные числа. Трудоемкость алгоритма порядка $N\log_2 N$ действий в зависимости от числа работ N сетевой модели, а погрешность отыскания длины расписания обратно пропорциональна N.

При целочисленных длительностях работ алгоритм точен. С трудоемкостью такого же порядка реализуется приближенная схема построения расписания с дополнительным критерием минимума суммарной невязки между интегральными функциями имеющихся в наличии складируемых ресурсов и требуемых в соответствии с найденным расписанием.

В случае ресурсов произвольного вида (как складируемых, так и нескладируемых) применяется малотрудоемкий алгоритм построения расписания с апостериорной оценкой точности с использованием в качестве оце-

ночного расписания асимптотически точное (в предположении складируемости ограниченных ресурсов) решение.

Дадим математическую постановку задачи. Пусть граф $G = (X, U)$ представляет собой совокупность элементов и взаимосвязей программы; X – множество вершин-событий сетевой модели; $U \subset X \times X$ – множество дуг-работ, $|U| = N$, $|X| = n$.

Далее под словом «ресурсы» подразумеваются не только ресурсы, потребляемые работой, но и различные виды производимой ею продукции.

Через M обозначим множество типов ресурсов, задействованных в проекте. Множество U состоит, во-первых, из фиктивных работ и работ-ожиданий, не потребляющих никакого ресурса и не выпускающих продукции, и, во-вторых, из фактических работ, связанных с потреблением и (или) производством ресурсов некоторых типов из множества M. Обозначим $\{U_1, U_2, U_3\}$ – разбиение множества U соответственно на подмножества U_1 – фактических работ, U_2 – работ-ожиданий и U_3 – фиктивных работ.

Для каждой работы $u \in U$ задаются коды ее начального x_u и концевого y_u события, а также ее длительность τ_u (для всех работ, кроме фиктивных). В случае модульного варианта шифры концевых событий работ, входящих в каждый конкретный модуль, генерируются автоматически программ-ным путем.

Кроме того, для каждой фактической работы задаются профили потребления ресурсов (или выпуска продуктов) на интервале ее выполнения. Информация о каждом профиле работы включает в себя тип i ресурса, его категорию k, объем w ресурса, тип γ профиля (т.е. вид функции потребления (выпуска) ресурса, который задается указанием его номера из некоторого конечного множества), а также указываются продолжительность τ^{pr} профиля и задержка τ^0 его начала по сравнению с началом всей работы u. Кроме того, указывается совокупность признаков, характеризующих данную работу u в целом: например, приоритет, принадлежность к определенной отрасли, территориально-производственному комплексу или промузлу, зоне или подрядчику.

Из множества M всех типов ресурсов, задействованных в проекте, выделено подмножество $M^0 \subset M$ типов ограниченных ресурсов. Для каждого ограниченного ресурса $i \in M^0$ считаются заданными ограничения на объем расходования лимитированных ресурсов и объемы выпуска целевой продукции R_i^t в каждый год $t = 1, \ldots, T_i$, где T_i – длительность интервала планирования с ограничением на ресурсы i-го типа. При $t > T_i$ предполагается, что ограничение на ресурс i-го типа не накладывается.

Из множества вершин сетевой модели выделено подмножество $X^{Dir} \subset X$ целевых (директивных) событий, для каждого из которых заданы директивные сроки их наступления $T_{Dir}(x) > 0$, $x \in X^{Dir}$. Все работы, входящие в директивное событие $x \in X^{Dir}$, должны быть закончены не позже момента $T_{Dir}(x)$.

Совокупность η моментов начал $\{t_u\}$ ($u \in U$) выполнения работ называется допустимым календарным планом (расписанием), если:

a) соблюдается технология выполнения работ, т.е. $t_u + \tau_u \le t_v$ для любой пары работ $u, v \in U$ такой, что $y_u = x_v$;

b) выполняются директивные сроки, т. е. $t_u + \tau_u \le T^{Dir}(x)$ для всех работ $u \in U$ с $y_u = x$, где $x \in X^{Dir}$;

c) ограниченных ресурсов каждого типа $i \in M^0$, имеющихся в наличии в каждый момент времени $t = 1, \ldots, T_i$, достаточно для выполнения всех работ, выполняемых в данный момент;

d) задания по выпуску конечной продукции выполняются в каждый момент планового периода.

Требуется найти допустимое расписание η^* минимальной длительности, т.е. такое, при котором достигает минимума целевая функция

$$T(\eta) = \max_{u \in v}(t_u + \tau_u) \to \min_{\eta}.$$

Кроме того, для допустимых расписаний минимальной длительности может потребоваться выполнение следующих дополнительных критериев:

1) динамика потребления (выпуска) ресурсов по возможности меньшим образом отличается от предлагаемой динамики лимитированных ресурсов (потребляемых или производимых), т.е. достигает минимума целевая функция

$$\sum_{i \in M^0} \sum_{t=1}^{T(\eta)} \left| R_i^t - \rho_i^t(\eta) \right| \to \min_{\eta \in (\eta^*)},$$

где $\rho_i^t(\eta)$ – объем потребленных (произведенных) ресурсов i-го типа в момент t;

2) динамика потребления (выпуска) ресурсов по возможности меньшим образом отличается от сглаженной допустимой динамики ограниченных ресурсов, т.е. достигает минимума целевая функция предыдущего критерия, где R_i^t – объем сглаженных допустимых ограниченных ресурсов i-го типа в момент t, который также должен быть найден в процессе работы алгоритма. Под сглаженной здесь понимается динамика, график которой представляет кратчайшую непрерывную кривую, проведенную в пределах интервала планирования внутри допустимой области, ограниченной графиками верхней и нижней интегральных оценок допустимых динамик потребления ресурсов;

3) сумма приведенных интегральных затрат достигает минимального значения.

Предполагается, что в этом случае рассматриваются ограничения на ресурсы складируемого типа и исходная информация включает в себя массив $c[i,t]$ цен единиц ресурсов i-го типа в год t, а также соответствующий коэффициент дисконтирования.

Для решения сформулированной задачи разработан малотрудоемкий алгоритм [Гимади и др., 2010; Пляскина и др., 2012; Пляскина, Харитонова, 2009 (эл. ист. инф.)], реализованный для случая как складируемых, так и нескладируемых ресурсов, с учетом директивных сроков и предусматривающий как обычный, так и модульный принцип задания сетевой модели.

Алгоритм условно можно разделить на две части: предварительную и основную. Предварительная часть состоит из ввода и преобразования исходной информации к рабочему виду и контроля правильности ее задания. Она включает такие пункты:

а) ввод исходной информации: в случае необходимости одновременно происходит преобразование исходной информации о сетевой модели, имеющей модульную структуру, к рабочему виду, пригодному для работы алгоритма;

б) натуральная перенумерация исходных шифров событий сетевой модели и составление словаря соответствия новых шифров событий исходным;

в) проверка наличия контуров и висячих вершин в сетевой модели; при наличии таковых они выдаются на печать для внепрограммного исправления;

г) вычисление рангов вершин-событий, а также наиболее ранних моментов начал работ и критического времени завершения проекта T_{kr} при снятии ограничений на ресурсы.

Основная часть алгоритма – построение искомого расписания – включает:

1) вычисление наиболее поздних моментов свершения событий и проверку допустимости директивных сроков;
2) вычисление графика потребления ресурсов для наиболее позднего расписания и проверку его допустимости; построение таблиц верхних и нижних оценок динамики потребления ограниченных ресурсов;
3) вычисление длины оценочного расписания и нахождение самого этого расписания (под оценочным понимается допустимое расписание возможно меньшей длины в предположении складируемости всех ресурсов);
4) отыскание допустимого расписания исходной задачи;
5) вывод результатов счета.

Суть работы основной оптимизационной части алгоритма может быть представлена в виде двух этапов (пп. 3 и 4).

Результатом работы первого этапа является оценочное расписание. Остановимся подробнее на процессе его отыскания.

Можно показать, что длительность T^* оптимального расписания независимо от характера используемых ресурсов при корректно заданных ограничениях на директивный срок окончания проекта лежит в пределах $[T_{kr}, T_{\max}]$, где $T_{\max} = \min\{T_{kr}+P,\ T_{Dir}(\beta)\}$; P – длина периода, в котором имеют-

ся ограничения на использование ресурсов и выпуск продукции; $T_{Dir}(\beta)$ – директивный срок концевого события сетевой модели.

Отсюда следует возможность построения алгоритма отыскания оценочного расписания $\tilde{\eta} = \{\tilde{t}_u\}, u \in U$, с использованием метода дихотомии. При этом, задавшись максимально допустимой величиной погрешности ε длительности $\tilde{T}$ оценочного расписания, мы найдем расписание с длительностью $\tilde{T}_\varepsilon, |\tilde{T}_\varepsilon - T| \le \varepsilon$, за число итераций, не превышающее $\log_2 (P/\varepsilon)$. На каждой итерации проверяется выполнение ресурсных условий c–d (см. выше) при выбранном значении T, $T_{kr} \le T \le T_{max}$. В случае невыполнения этих условий хотя бы для одного $t = 1, \ldots, P$ и $i \in M^0$ величина T возрастает, в противном случае величина T уменьшается, причем процесс обрывается, как только найдется значение $\tilde{T}_\varepsilon$ с допустимым расписанием, а разность между этим значением длины расписания и последним значением T, при котором расписание было недопустимым, станет меньшим или равным ε.

Общая трудоемкость отыскания оценочного расписания, включая предварительную часть, зависит от числа работ N сетевой модели как функция порядка $N\log_2 N$. При этом $\varepsilon \le PN^{-c}$, где $c>0$ – константа, так что расписание асимптотически точное: $\varepsilon \to 0$ при $N \to \infty$.

На втором этапе отыскивается допустимое расписание $\eta = \{t_u\}, u \in U$, исходной задачи, в которой имеют место ограничения как на складируемые, так и на нескладируемые ресурсы. Опишем схему алгоритма несколько подробнее. Все работы упорядочиваются с учетом значений приоритетной функции динамического упорядочения работ $T_k(u)$, $u \in U$, и последовательно накладываются на календарь. После наложения на календарь k работ, $0 \le k < N$, определяется возможно меньший момент начала (k+1)-й по порядку работы, причем пока $t_u \le \tilde{t}_u$ для уже наложенных на календарь работ, начала всех работ, кроме (k+1)-й, считаются закрепленными и равными t_u для всех наложенных работ и $\tilde{t}_u$ для оставшихся работ. Как только для очередной накладываемой работы момента $t_u \le \tilde{t}_u$ найти не удалось, закрепленными считаем моменты начала лишь тех работ, которые уже наложены на календарь.

Наложение работ на календарь осуществляется после получения позднего расписания в предположении складируемости всех ресурсов (т.е. оценочного расписания). При этом происходит сдвиг моментов начал работ на возможно более ранние сроки, допустимые по ограничениям как на складируемые, так и на нескладируемые типы ресурсов, с тем, чтобы по возможности уменьшить невязку между предлагаемыми ресурсами и затратами, полученными для рекомендуемого расписания.

В результате работы алгоритма формируется календарное расписание с апостериорной оценкой точности полученного решения за время, имеющее

степенную зависимость от параметров N, P, $|M^0|$, причем наиболее эффективен алгоритм при условии складируемости всех ресурсов – в этом случае он позволяет находить асимптотически точное решение.

Разработанное алгоритмическое обеспечение является достаточно гибким инструментом для решения задач календарного планирования в том смысле, что с его помощью весьма простыми и удобными для пользователя способами можно генерировать различные модификации алгоритмов и формировать приближенные решения в зависимости от цели исследования и специфики конкретной рассматриваемой задачи сетевого моделирования. Вот один из таких приемов: посредством изменения функции упорядочения работ в процессе наложения их на календарь можно получать различные варианты приближенных решений изучаемой задачи. Указанная функция упорядочения строится как взвешенная сумма наиболее раннего и наиболее позднего моментов начала работы, ее ранга, резерва, объема работы, приоритета и т.д. Выбор пользователем вида этой функции может быть осуществлен путем задания в исходной информации значений соответствующих компонент управляющего массива.

Описание ресурсно-временных характеристик работ осуществлено в нормализованно-функциональном виде. При этом решена задача выбора базового набора нормализованных функций с минимумом суммарного отклонения от совокупности нормализованных функций динамики профилей в исходной информации. Введением понятия категории ресурса осуществлен учет динамики потребления ресурсов (выпуска продукции) после периода освоения.

Приведем нормализованно-функциональное описание ресурсно-временных характеристик работ сетевой модели более подробно.

Для каждой фактической работы $u \in U_1$ сетевой модели $G = (X, U)$ задается информация о совокупности профилей Π_u:

$$\left\{ i_\pi, \zeta_\pi, \tau_\pi, r_\pi(t) \left(0 \le t \le \tau_\pi \right) \right\} \quad \left(\pi \in \Pi_u \right),$$

где i_π – тип ресурса, $i_\pi \in M$;

ζ_π – сдвиг начала выполнения профиля по отношению к моменту начала выполнения работы u;

τ_π – длительность выполнения профиля π;

$r_\pi(t) \left(0 \le t \le \tau_\pi \right)$ – функция интенсивности (эпюра) потребления ресурсов профиля π в интервале $\left[0, \tau_\pi \right]$. Предполагается, что $r_\pi(t) = 0$ при $t \notin \left[0, \tau_\pi \right]$.

Однако такое прямое описание временной зависимости ресурсов каждого профиля $\pi \in \Pi_u$ с помощью своей отдельной функции-эпюры $r_\pi(t)\left(0 \le t \le \tau_\pi\right)$ оказывается неэкономным и затруднительным как с точки зрения задания исходных данных, так и с точки зрения хранения и обработки этой информации. В случае используемой в реальной плановой практике дискретной информации, когда величины потребляемых (производимых) ресурсов задаются отдельно для каждой единицы времени выполнения профиля, требуемый объем памяти имеет порядок $\sum_{u \in U_1} \sum_{\pi \in \Pi_u} \tau_\pi$.

Приведем более компактную и вместе с тем унифицированную форму задания информации о динамике потребления (производства) ресурсов. Функцию $r^0 : [0,1] \to R^+$ назовем *нормализованной,* если она удовлетворяет свойству $\int_0^1 r^0(\xi) d\xi = 1$.

Множество нормализованных функций $\Re = \left\{ r_\gamma^0(\xi), 0 \le \xi \le 1 \right\} \left(\gamma = 1, ..., \Gamma\right)$ назовем базовым, если для любого профиля $\pi \in \bigcup_{u \in U_1} \Pi_u$ эпюра $r_\pi(t)$ может быть выражена через одну из нормализованных функций $r_\gamma^0(\xi)$ с некоторым индексом $\gamma, \gamma = 1, ..., \Gamma$: $r_\pi(t) = v_\pi r_\gamma^0\left(t/\tau_\pi \right)\left(1/\tau_\pi \right), 0 \le t \le \tau_\pi$, где v_π – объем потребления ресурса (выпуска продукции) профиля π в интервале $\left[0, \tau_\pi\right]$:

$$v_\pi = \int_0^{\tau_\pi} r_\pi(t) dt .$$

Информацию о ресурсно-временных характеристиках профилей фактических работ сетевой модели назовем представленной в нормализованно-функциональном виде, если для любого профиля $\pi \in \Pi_u, u \in U_1$ задан набор величин: $\left(i_\pi, \zeta_\pi, \tau_\pi, \gamma_\pi, v_\pi\right)$.

Через γ_π обозначен индекс нормализованной функции, удовлетворяющий формуле для эпюры $r_\pi(t)$. Существенно, что при нормализованно-функциональном задании информации о динамике потребления (производства) ресурсов не требуется запоминать функции-эпюры $\pi \in \Pi_u$, $\pi \in \Pi_u$, $u \in U_1$, поскольку каждая из них может быть восстановлена по значениям параметров $\tau_\pi, \gamma_\pi, v_\pi$. Понятно, что такое унифицированное и компактное представ-

ление исходной информации о работах сетевой модели достигается за счет дополнительной памяти для хранения базового множества нормализованных функций $\Re = \left\{ r_\gamma^0(\xi), 0 \le \xi \le 1 \right\} \left(\gamma = 1, ..., \Gamma \right)$. Поэтому нормализованно-функциональное задание исходной информации о работах сетевой модели имеет смысл, если число членов Г в множестве $\Re$ значительно меньше общего числа профилей фактических работ в сетевой модели.

В комплексе программ «Сибирь» задание нормализованных функций в базовом множестве нормализованных функций $\Re$ предусмотрено в виде полиномов степени четыре: $r^0(\xi) = \sum_{k=0}^{4} a_k \xi_k, \quad 0 \le \xi \le 1$, либо в виде функций, состоящих из комбинаций линейной функции и функции β-распределения: $r^0(\xi) = a_0 + a_1\xi + a_2\xi^{a_3}\left(1-\xi\right)^{a_4}, \quad 0 \le \xi \le 1$. Таким образом, задание каждой нормализованной функции определяется пятью коэффициентами (a_k), k=0, 1, 2, 3, 4. При этом в интересах пользователя не требуется обязательного выполнения свойства нормализации, последнее обеспечивается автоматически программным путем. Кроме того, в комплексе предусмотрена программа, позволяющая по реальным функциям динамики потребления ресурса (выпуска продукции), заданным в дискретном виде, получить аппроксимацию этих функций степенными полиномами методом наименьших квадратов. Одновременно с этим осуществляется и нормализация этих функций.

Стохастическая сетевая модель. Как и в случае детерминированной модели, ориентированный ациклический граф G = (X, U) представляет собой совокупность элементов и взаимосвязей программы; X – множество вершин, соответствующих событиям сетевой модели; $U \subset X \times X$ – множество дуг, соответствующих работам.

Пусть U_x^- – множество работ, исходящих из вершины x, U_x^+ – множество работ, входящих в вершину $x \in X$. Множество вершин неоднородно и включает в себя вершины, реализующие на входе и выходе события логическую операцию «И» (ситуация обязательного начала и окончания каждой работы) и вершины, реализующие на входе и выходе события логическую операцию «ИЛИ» в исключающем и неисключающем смысле (отражающем альтернативные варианты развития процесса).

При построении описываемой стохастической сетевой модели используются восемь типов решающих событий (РС), характеристика которых приведена в табл. 8.1.

Событие, принадлежащее к одному из типов 0, 1, 2 с входом «И», считается свершенным в случае окончания всех непосредственно входящих в него работ. Для конкретной реализации стохастической модели раннее время свершения T_p события x типов 0, 1, 2 вычисляется по формуле

$$T_p(x) = \max\left\{ \left(T_p(x') + \tau(x', x) \right) \mid (x', x) \in U_x^+ \right\}.$$

Таблица 8.1

Типы РС, используемые в стохастической сетевой модели

Тип	Логическое отношение на входе РС	Логическая возможность на выходе РС
0	И	И
1	И	~~ИЛИ~~, $\sum p_u = 1$ по всем $u \in U_x^-$
2	И	ИЛИ, $0 < p_u \le 1$ для всех $u \in U_x^-$
3	ИЛИ	И
4	ИЛИ	~~ИЛИ~~, $\sum p_u = 1$ по всем $u \in U_x^-$
5	ИЛИ	ИЛИ, $0 < p_u \le 1$ для всех $u \in U_x^-$
6	ИЛИ	ИЛИ, $0 < p_u^v \le 1$ для всех $u \in U_x^-$, $v \in U_x^+$
7	ИЛИ	~~ИЛИ~~, $\sum p_u^v = 1$ по всем $u \in U_x^-$, $v \in U_x^+$

События типов 3, 4, 5, 6, 7 имеют вход типа «ИЛИ», означающий, что событие свершается, если из всех входящих в него работ получен результат одной или нескольких. Для конкретной реализации стохастической модели раннее время свершения T_p события x, относящегося к одному из перечисленных типов событий, определяется соотношением

$$T_p(x) = \min\left\{\left(T_p(x') + \tau(x', x)\right) \middle| (x', x) \in U_x^+\right\}.$$

Свершение событий типов 0 и 3 (выход «И») означает возможность и необходимость выполнения всех непосредственно из них исходящих работ.

События типов 1 и 4 характеризуются выходом «~~ИЛИ~~». В этом случае на выходе события x должна выполняться одна и только одна работа $u = (x, y)$ из множества работ U_x^- с заранее заданными вероятностями реализации каждой из них. При этом имеет место условие $\sum_{u \in U_x^-} p(x, y) = 1$.

Для свершенного события x типов 2 и 5 при продолжении реализации проекта выбираются работы из множества U_x^- с определенными вероятностями их реализации такими, что $0 \le p_u \le 1$ для каждой работы $u \in U_x^-$.

Наиболее сложны в рассматриваемой модели события типов 6 и 7, которые имеют многоальтернативный выход. Пусть P_u^v – вероятность реализации работы $u \in U_x^-$ при условии, что свершение события x определяется

выполнением работы $v \in U_x^+$. Тогда для событий типа 6 должно выполняться соотношение $0 < P_u^v \le 1$ для всех $u \in U_x^-$, $v \in U_x^+$, а в случае события типа 7 – $\sum P_u^v = 1$ для всех $v \in U_x^+$.

Введенные типы событий описывают практически все ситуации, встречающиеся при моделировании сложных проектов.

Алгоритм статистического розыгрыша одной реализации стохастической сетевой модели. Алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастической сетевой модели состоит в последовательном рассмотрении группировок работ U_x^-, имеющих началом одно и то же событие *x*, и в вычислении временных характеристик событий. В результате розыгрыша часть работ оказывается реализованной, а остальные работы исключаются из списка работ данной реализации. Розыгрыш каждой работы $(x, y) \in U_x^-$ определяется конкретным описанием логических возможностей начального события *x* и конечного события *y* этой работы.

Исключение работы (*x*, *y*) из текущей реализации производится согласно правилу А: Наиболее раннее время $T_p(y)$ конечного события *y* типов 0, 1, 2 работы (*x*, *y*) полагается равным бесконечности.

Включение работы (*x*, *y*) в конкретную реализацию производится согласно правилу В: После пометки работы (*x*, *y*) пересчитываются оценки наиболее раннего времени T_p (*y*) конечного события *y* по формулам T_p (*y*) = max {T_p (*y*), T_p (*x*) + τ (*x*, *y*)} для решающего события *y* с входом «И» и T_p (*y*) = min {T_p (*y*), T_p (*x*) + τ (*x*, *y*)} для события *y* с входом «ИЛИ».

Если произошла переоценка наиболее раннего времени события *y* и это событие типа 6 или 7, то для него запоминаем в качестве лимитирующего начальное событие *x* дуги (*x*, *y*).

По окончании работы описанного выше алгоритма розыгрыша производится анализ результатов текущей реализации.

Для записи результатов по всем реализациям стохастической модели используются: счетчик успешных реализаций, гистограмма распределения времен завершения проекта, счетчики реализуемости и критичности работ.

8.4. ФОРМИРОВАНИЕ МЕГАПРОЕКТА ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Предложенная организационно-технологическая схема стратегического планирования ресурсных мегапроектов была апробирована при изучении эффективности освоения Восточно-Сибирской нефтегазоносной провинции. В настоящее время началось интенсивное формирование нефтегазового сектора в Восточной Сибири и Республике Саха (Якутия), и возросла актуальность государственного стратегического планирования межотраслевого многорегионального ресурсного мегапроекта создания Восточно-Сибирского нефтегазового комплекса (ВСНГК).

Особенности межотраслевого мегапроекта ВСНГК. Особенность формирования мегапроекта ВСНГК в отличие от Западно-Сибирского нефтегазового комплекса состоит в том, что мегапроект формируется вокруг инфраструктурных проектов – магистрального трубопроводного транспорта, который выполняет роль оси мегапроекта. Ядром формирования Западно-Сибирского нефтегазового комплекса были уникальные по запасам месторождения углеводородов и предприятия по переработке углеводородного сырья.

Другая особенность состоит в высокой зависимости инвестиционных намерений участников мегапроекта ВСНГК от геополитических рисков вхождения на рынки стран АТР российских нефти и природного газа, а также продукции нефтегазохимии и гелия. Показательно, что при растущей емкости рынка АТР по потреблению углеводородов, вопрос вхождения российского газа на китайский рынок упирается в длительные разногласия между Китаем и Россией по поводу цены на российский газ. Переговоры о цене российского газа и условиях поставок, участии китайских компаний в инфраструктурных проектах длятся с 2003 г. [Коржубаев и др., 2009]. В 2009 г. Китай отдал предпочтение туркменскому сетевому газу, заключив соглашения о совместном строительстве газопровода из Туркмении в западные районы Китая [Ся Ишань, 2010]. Неопределенность условий выхода российского газа на китайский рынок – один из главных факторов, обусловивших сдвиг сроков выхода ОАО «Газпром» с крупномасштабными газовыми и газохимическими проектами в Восточную Сибирь за пределы 2020 г.

Изменение стратегических намерений ОАО «Газпром» в развитии газотранспортной инфраструктуры и последовательности развития газового комплекса в Восточной Сибири оказало существенное влияние на трансформацию стратегии нефтяных компаний при решении проблем использования попутного газа и конденсата нефтяных месторождений, поиск альтернативных технологий эффективного использования сырья (конденсата, попутного газа), не требующих транспортной инфраструктуры перекачки газа.

Ожидаемые последствия реализации геополитических рисков – изменение отраслевого состава и взаимосвязей между участниками проекта, территориальных ареалов интенсивного освоения нефтегазовых ресурсов, условий формирования кластеров межотраслевых межрегиональных инвестиционных проектов и их размещение в нефтегазовой провинции. Если интенсивность освоения территории в ареалах освоения нефтегазовых ресурсов будет низкой, то спрос на аутсорсинговые услуги, услуги строительных организаций также будет низким; тогда становится неэффективной их территориальная концентрация в местах реализации инвестиционных проектов компаний, и, следовательно, не будут формироваться территориальные кластеры.

Мегапроект ВСНГК возникает на единстве объектов разработки минерально-сырьевых ресурсов и системы магистрального трубопроводного транспорта. Наличие обеспечивающей инфраструктуры является основным признаком возникновения мегапроекта. Результатом учета ограничений по геологическим условиям залегания запасов, экологическим, социальным (использование трудового потенциала) является необходимость осуществления комплексности формирования мегапроекта.

Организационные проблемы освоения Восточно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Строительство нефтепровода ВСТО ознаменовало начало активной деятельности пионерного этапа освоения Восточно-Сибирской нефтегазоносной провинции. С 2005 г. Министерство природных ресурсов (МПР) РФ реализует «Программу геологического изучения и предоставления в пользование месторождений углеводородного сырья Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия)». К концу 2006 г. в распределенном фонде недр находилось уже 87% извлекаемых запасов и 78% ресурсов нефти нефтегазоносной провинции [Герт и др., 2006]. Реализация Программы зависит от инвестиционных намерений и приоритетов нефтегазовых компаний, приобретающих лицензии на промышленную геологоразведку. В ходе ее реализации выявлены значительные организационно-экономические риски при подготовке запасов, разработке месторождений компаниями, которые могут снизить ожидаемый мультипликативный эффект формирования Восточно-Сибирского нефтегазового комплекса [Харитонова и др., 2007].

В 2014 г. планируется закончить строительство 2-й очереди нефтепровода ВСТО, что позволит выйти на мощность по перекачке нефти в размере 50 млн т в год. В этой связи возросла актуальность ускорения подготовки запасов и интенсивной разработки месторождений Иркутской области и Республики Саха (Якутия), расположенных вдоль трассы нефтепровода (Таас-Юряхское, Талаканское, Верхнечонское и др.), организации экспортных поставок с севера Красноярского края и западносибирской нефти на рынки стран АТР.

Высокие риски обусловлены следующими факторами:

1) вероятностной природой результативности геологоразведочных работ, разбросом коэффициентов успешности перевода потенциальных ресурсов в промышленные (в соответствии со статистическими показателями лишь 30% прогнозных ресурсов при дальнейшем изучении переходят в категорию запасов; по данным комитета Госдумы по природным ресурсам и природопользованию ежегодно в России открывается 200–300 млн т новых запасов, но одновременно почти столько же списывается из ранее открытых, как неподтвердившихся [Галичанин, 2007]);

2) высокой долей новых технологий в добыче нефти и газа, разработке месторождений (разбуривание месторождений с высоким пластовым давлением, вскрытие пластов и др.), которые находятся в стадии апробации, либо проектируются на основании опыта вскрытия пластов в ходе проведения геологоразведочных работ; весьма вероятно, следовательно, превышение прогнозируемых удельных затрат в добыче, и, как следствие, можно ожидать корректировку прогнозных уровней добычи в динамике в инвестиционных проектах добывающих компаний;

3) значительной неопределенностью оценок конкурентоспособности восточного направления экспорта западносибирской нефти в сравнении с северо-западным, обеспечивающим выход на рынки Европы и Северной Америки;

4) рассогласованностью темпов и масштабов инвестиционных стратегий нефтяных и газовых компаний, государственных программ изучения недр, недостаточной координацией их деятельности со стороны государства (существующая система финансирования и государственного контроля недостаточно эффективна и слабо ориентирована на программно-целевые результаты [Пляскина, 2008]).

В сложившихся условиях необходим единый, системно организованный проект долгосрочной программы формирования Восточно-Сибирского нефтегазового комплекса как основы для взаимодействия государства, регионов и бизнеса.

Для сбалансированного развития нефтегазового комплекса Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия) необходимо:

- согласованное развитие систем добычи и транспорта нефти и газа;
- развитие транспортной, энергетической и социальной инфраструктуры;
- развитие газоперерабатывающей и гелиевой промышленности с созданием в перспективе центра по производству гелия мирового масштаба;
- строительство хранилищ гелиевого концентрата, продуктопроводов и пр.;
- развитие нефте- и газохимических производств, обеспечивающих в крупных масштабах выпуск продукции с высокой добавленной стоимостью.

Уникальные свойства восточносибирских газов и нефтей позволят развернуть на юге Восточной Сибири крупнотоннажное, высокотехнологичное производство полимерных материалов, по использованию которых Россия в настоящее время отстает от развитых стран мира. Такое производство следует развернуть, в первую очередь, в Иркутской области и Красноярском крае. Это позволит существенно укрепить экономику и улучшить социальную обстановку в этих регионах. В долгосрочной перспективе возможна также организация промышленной добычи металлов (литий, магний, стронций и др.), содержащихся в высоких концентрациях в подземных рассолах нефтегазовых месторождений.

Организация формирования мегапроекта Восточно-Сибирского нефтегазового комплекса. Концепция формирования новых центров нефтяной и газовой промышленности на Востоке России и в Сибири была разработана СО РАН еще в 2002 г. в «Стратегии экономического и социального развития Сибири на период до 2025 г.», где обоснована необходимость формирования нефтегазового комплекса как стратегического мегапроекта России. Ее идейные авторы академик А.Э. Конторович и А.Г. Коржубаев в последующее десятилетие внесли огромный вклад в обоснование необходимости формирования долгосрочной программы Восточно-Сибирского нефтегазового комплекса как системно организованного проекта взаимодействия государства, регионов и бизнеса. [Конторович, Коржубаев, 2007; Коржубаев и др., 2009]. В работах А.Г. Коржубаева систематизированы многоплановые прединвестиционные технико-экономические обоснования проектов развития отраслей нефтегазового комплекса, барьеры реализации концепции, основные пути необходимых институциональных преобразований [Коржубаев и др., 2010]. Немалая заслуга научного коллектива под руководством академика А.Э. Конторовича в том, что в настоящее время межотраслевые инновационные проекты освоения нефтегазовых ресурсов Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия) занимают важное место в приоритетах экономической политики российского правительства.

Продемонстрируем предлагаемый методический подход для формирования стратегии реализации мегапроекта ВСНГК.

В настоящее время нами разработаны основные контуры и структура мегапроекта ВСНГК на период до 2010–2045 гг., на основе научного багажа и прикладных исследований указанной концепции, а также разработок ФГУП СНИИГГИМС в области планирования и организации геологического изучения недр Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия) [Герт и др., 2006], Государственного плана развития нефтегазохимии в РФ на период до 2030 г., [План… (эл. ист. инф.)], стратегических документов и инвестиционных намерений и проектов нефтегазовых компаний, стратегий регионального развития Красноярского края, Иркутской области и Республики Саха (Якутия) [Нефтегазохимическая отрасль…(эл. ист. инф.)].

В результате определен отраслевой и региональный состав мегапроекта:

1) инвестиционные планы развития и разработки нефтяных и газовых месторождений в Красноярском крае, Иркутской области и Республике Саха (Якутия) на период до 2035 г.;

2) проекты развития трубопроводной системы: нефтепровод ВСТО, газопровод «Ковыктинское–Чаяндинское–Тында, Сковородино» с выходом в Китай, а также система подводящих межпромысловых трубопроводов;

3) три проекта газоперерабатывающей и гелиевой промышленности с созданием трех центров по производству гелия, строительство хранилищ гелиевого концентрата в Иркутской области, Красноярском крае и Республике Саха (Якутия);

4) газохимические комплексы, обеспечивающие в крупных масштабах выпуск продукции с высокой добавленной стоимостью: Саянский в Иркутской области, Красноярский ГХК или Богучанский ГХК ОАО «Газпром», а также Якутский ГХК;

5) проектируемые предприятия нефтеперерабатывающей промышленности с общим объемом потребления 30 млн т нефти: 9 млн т в год – в сырьевых нефтегазовых районах Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия), 21 млн т – на нефтехимическом комплексе в Приморском крае.

Схема технологических взаимосвязей разработки месторождений углеводородного сырья и газохимических комплексов в регионах, динамики производства полимеров базируется на исследованиях ИЭОПП СО РАН, проведенных под руководством А.Г. Коржубаева [Коржубаев и др., 2010] и В.А. Крюкова [Крюков и др., 2012].

Нами определен состав участников реализации мегапроекта:

- ✓ государственные органы управления федерального и регионального уровней, а также местные органы власти;
- ✓ регионы – субъекты Российской Федерации: Иркутская область, Красноярский край, Республика Саха (Якутия), Амурская область, Хабаровский и Приморский края;
- ✓ крупные нефтегазовые компании (ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО НК «Роснефть», ОАО «Газпром», ТНК ВР, ОАО «Газпромнефть» и др.), ОАО «Транснефть», строительные, энергетические, транспортные и другие компании рассматриваемого мегапроекта;
- ✓ инвестиционные банки и фонды, зарубежные инвесторы.

Каждый участник мегапроекта имеет собственные финансовые ресурсы, цели (экономические, социальные и др.) и приоритеты. На начальном этапе компании обладают определенными производственными возможностями. Инвестиционные проекты компаний характеризуются приемлемой коммерческой эффективностью и соответствующими объемами производимой продукции и потребляемых ресурсов. В силу уникальности большинства инвестиционных проектов в число основных ограничений входят сроки, ресурсы, качество и стоимость проекта.

Взаимодействие компаний с другими участниками мегапроекта возникает по поводу использования общерегиональных и федеральных ресурсов, таких как энергетическая и транспортная инфраструктура, земельные, водные, трудовые ресурсы и др. Наличие качественных параметров, таких как природоохранные территории и особые зоны природопользования, накладывает определенные ограничения на принятие решений о реализации проектов. Организация последовательности реализации инвестиционных проектов должна соответствовать технологическим этапам движения углеводородного сырья (подготовка запасов – добыча – транспортировка – переработка – потребление) и обеспечивать согласование во времени ввода в действие мощностей на каждом этапе.

Институциональные и правовые условия федерального и регионального законодательства формируют правила поведения участников мегапроекта.

Суть государственной координации состоит в установлении согласованности сроков реализации инвестиционных проектов, выявлении совокупности проектов, сдерживающих достижение целей мегапроекта. При отклонении от запланированных сроков достижения целей на отдельных этапах реализации мегапроекта принимается решение о необходимости корректирующих воздействий, выбор которых осуществляется в процессах управления изменениями. Это позволит определить группу ключевых компаний, с которыми необходим диалог по корректировке условий реализации инвестиционных проектов.

Выявленные особенности и организационные условия реализации мегапроектов освоения нефтегазодобывающих районов могут быть адекватно отражены в виде многоцелевой задачи календарного планирования оптимального распределения ограниченных ресурсов во времени и управления сложным проектом.

Задача выбора стратегии реализации мегапроекта состоит в определении совокупности допустимых расписаний и оптимального расписания выполнения инвестиционных проектов с минимальным отклонением спроса на ресурсы от динамики предложения лимитированных ресурсов (федерации, регионов, компаний).

В качестве критериев оптимальности используются:

1) максимизация интегральной прибыли всех участников проекта;

2) максимизация государственного дохода от реализации мегапроекта при обеспечении приемлемой для компаний эффективности проектов.

Сетевая модель мегапроекта ВСНГК: оценка стратегических сценариев инвестиционных проектов компаний. В настоящее время в ИЭОПП СО РАН построена сетевая детерминированная модель, которая представляет собой совокупность сетевых графов реализации инвестиционных проектов нефтегазовых компаний по освоению ресурсов, трубопроводов и создания мощностей по переработке углеводородного сырья и гелия с

включением технологических и экономических взаимосвязей между ними. Общая характеристика количества участников и ресурсов, используемых в сетевой модели представлена на рис. 8.2.

Рис. 8.2. Сетевая модель управления и координации мегапроекта ВСНГК

♦ *Адаптация сетевой модели программы.* Для управления и координации инвестиционных проектов во времени и оценки влияния инновационных технологий на выбор стратегии участников программы адаптация сетевой модели программы осуществлена нами по следующим направлениям:

1. Для отражения региональных эффектов введен территориальный разрез инвестиционной программы: освоение нефтегазовых ресурсов осуществляется в трех регионах – субъектах Федерации: Иркутской области, Республике Саха (Якутия) и Красноярском крае. Кроме того, введен агрегированный регион – «Дальний Восток» (Амурская область, Хабаровский и Приморский края) – зона прохождения трасс магистральных трубопроводов «Восточная Сибирь – Тихий океан» и размещения крупных нефтегазохимических комплексов, использующих природный газ и нефть Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия).

2. Для упрощения предполагается, что в пределах одного субъекта Федерации имеется одна компания-недропользователь, обладающая лицензиями на разведку и разработку месторождений. Инвестиции компаний-недропользователей являются ресурсными ограничениями в сетевой модели программы.

3. Оценка влияния транзитных потоков нефти из Западной Сибири на эффективность программы осуществляется посредством ресурсных ограничений на объемы поставок.

4. Предусматривается несколько этапов реализации мегапроекта. Директивные сроки выполнения этапов и ввода мощностей нефтепровода ВСТО определены в соответствии с прогнозными сроками выхода продукции ВСНГК на рынки стран АТР в долгосрочной стратегии социально-экономического развития России в период до 2020 г.

Кроме того, компании имеют свои проектируемые сроки ввода мощностей, которые выступают в качестве директивных сроков выполнения инвестиционных проектов. Наличие государственных контрактов на поставку нефти в страны АТР, с одной стороны, накладывает определенные обязательства на развитие нефтяной промышленности и подготовку запасов нефти в регионах, с другой стороны, является определенной гарантией доходов для компаний-инвесторов.

♦ *Структура сетевой детерминированной модели.* Сетевая модель инвестиционной программы освоения углеводородных ресурсов Восточно-Сибирской нефтегазоносной провинции представляет собой совокупность сетевых подграфов реализации инвестиционных проектов. Сетевой подграф – заданная технологическая последовательность работ по реализации инвестиционного проекта отрасли – имеет блочно-модульную структуру. Унифицированный модуль отражает технологическую последовательность работ по созданию объектов (пусковых комплексов) и взаимосвязи между ними. Разработано 5 унифицированных модулей:

1) геологоразведка (ГРР) общерегиональная;

2) геологоразведка в компаниях-недропользователях;

3) инфраструктурное обустройство и разработка группы нефтяных и газовых месторождений;

4) строительство нефтепровода;

5) создание мощностей нефтепереработки, газоперерабатывающих и гелиевого комплексов.

В унифицированных модулях определены узловые события. Взаимосвязи между блоками сетевой модели отражены отношениями предшествования или синхронности узловых событий отдельных модулей. Это обеспечивает технологическую и временную увязку ввода мощностей производства углеводородного сырья, переработки и транспорта. Сетевой граф позволяет осуществить согласование сроков подготовки сырьевой базы добычи углеводородов с вводом в разработку месторождений и мощностей трубопроводов.

Каждая работа сетевого графа отражает совокупность технологий ее выполнения. Технология характеризуется вектором, компонентами которого являются продолжительность выполнения работы, объем выполняемой работы в единицу времени, затраты ресурсов и выпуск продукции, которые представлены функциями, зависящими от времени выполнения работы. Имеется два вида работ – создание мощностей и эксплуатация мощностей. Эксплуатация мощностей описывается объемами выпускаемой продукции в течение эксплуатационного периода, которые задаются в виде функций, отражающих технологию производства.

Ниже описаны основные блоки сетевой детерминированной модели.

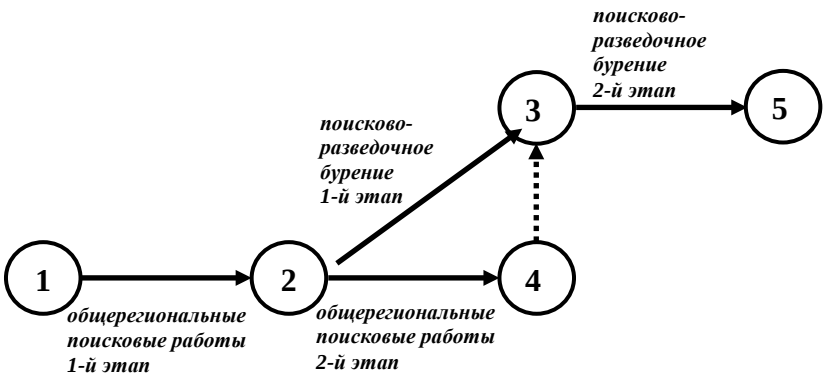


Рис. 8.3. Сетевой модуль общерегиональной геологоразведки

Блок геологоразведки представлен двумя модулями: геологоразведка общерегиональная и геологоразведка в компаниях-недропользователях, что отображает организационные особенности подготовки минерально-сырьевой базы. Общерегиональные ГРР (рис. 8.3) осуществляются специализированными государственными компаниями по заказу МПР РФ, результаты ее деятельности состоят в формировании банка данных программы лицензирования недр. Модуль общерегиональных ГРР содержит совокупность работ по выявлению структур и ресурсов категории C_3 и C_2. Подготовка запасов к промышленному освоению – задача добывающих компаний. В этой связи *модуль ГРР* компаний-недропользователей описывает процесс последовательного выполнения геофизических работ по доразведке и уточнению ресурсов категории C_2 и подготовке промышленных запасов $B+C_1$. Конечное событие данного модуля является узловым, которое соединяется фиктивными работами с узловыми событиями модуля инфраструктурного обустройства и разработки группы нефтяных и газовых месторождений компании-недропользователя (рис. 8.4).

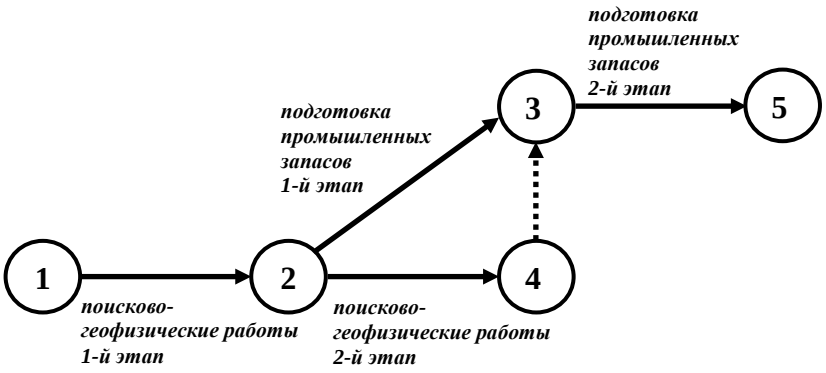


Рис. 8.4. Сетевой модуль геологоразведки
в компаниях-недропользователях

Блок добычи углеводородных ресурсов описывается модулями разработки группы нефтяных и газовых месторождений (рис. 8.5). Каждый модуль содержит совокупность работ по обустройству месторождений и эксплуатации промыслов, которые представлены этапами нарастающей, постоянной и падающей добычи. Выходные события модуля – ввод мощностей пусковых комплексов.

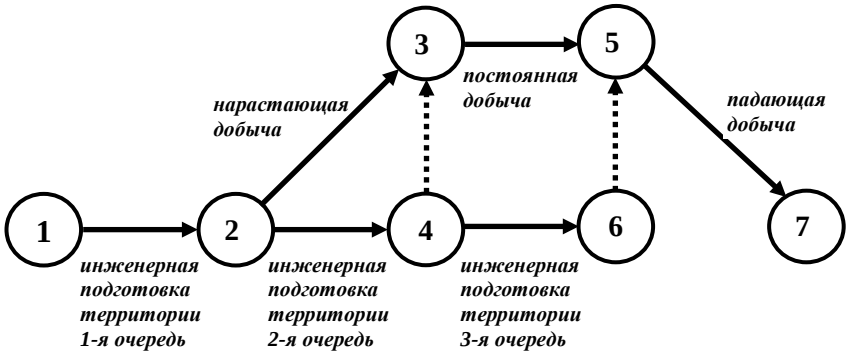


Рис. 8.5. Сетевой модуль разработки группы месторождений

Блок магистральных трубопроводов представлен сетевым подграфом совокупности строительства автономных участков трубопровода. Каждый участок описан унифицированным модулем строительства и эксплуатации нефтепровода (рис. 8.6). Выходными событиями являются ввод в эксплуатацию первой очереди трубопровода «Тайшет–Сковородино» и второй очереди – «Сковородино–Находка» (рис. 8.7). Аналогичный вид имеет модель магистрального газопровода.

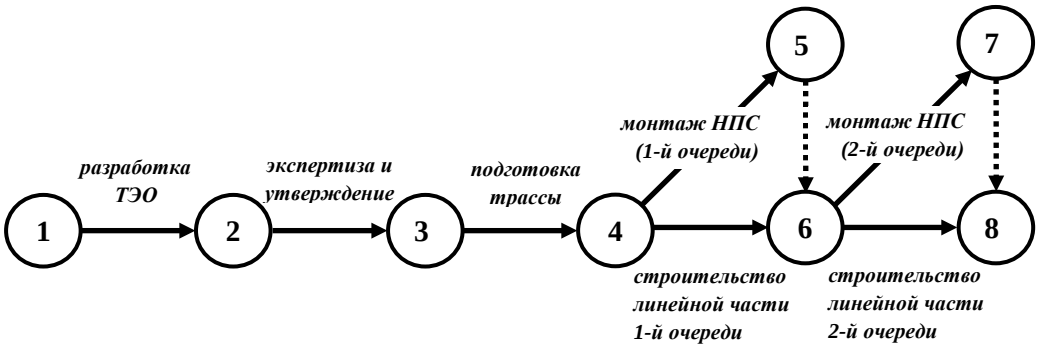


Рис. 8.6. Модуль строительства трубопровода

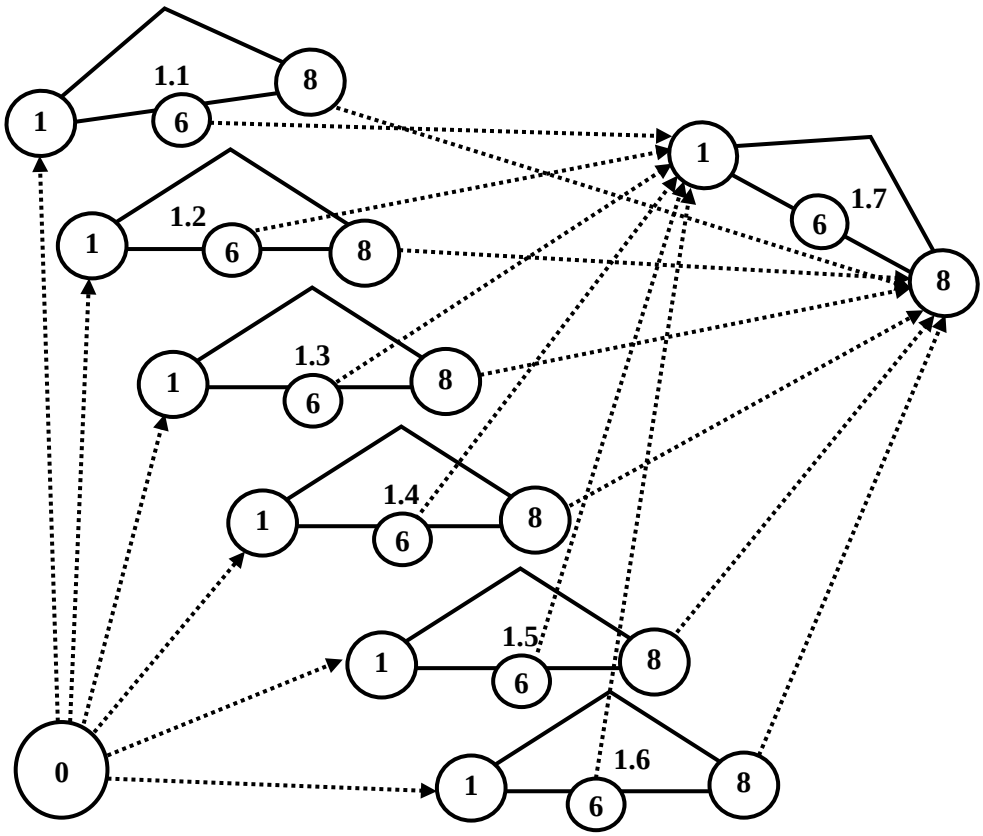


Рис. 8.7. Сетевая модель строительства и эксплуатации трубопровода «Восточная Сибирь – Тихий океан»

Обозначения: треугольники – унифицированные модули трубопровода (1.1. Тайшет–Усть-Кут; 1.2. Ленск–Усть-Кут; 1.3. Ленск–Олекминск; 1.4. Олекминск–Алдан; 1.5. Алдан–Тында; 1.6. Тында–Сковородино; 1.7. Сковородино–Находка)

Блок переработки углеводородных ресурсов представлен сетевым подграфом строительства и эксплуатации нефте-, газоперерабатывающих комплексов и гелиевого завода. Строительство представлено в виде технологической последовательности создания пусковых комплексов. Пусковой комплекс описывается унифицированным сетевым модулем. Технологические связи между комплексами отражаются в подграфе фиктивными дугами. Выходными событиями являются ввод в эксплуатацию проектных мощностей пусковых комплексов. Выходные события блока переработки связаны фиктивными дугами с узловыми событиями блока добычи, чтобы обеспечить баланс производства и потребления углеводородного сырья. Могут быть заданы директивные сроки ввода пусковых комплексов. Производства по переработке углеводородного сырья и гелия, полимерных материалов размещаются, в первую очередь, в Иркутской области и Красноярском крае.

Ядром сетевой модели является подграф создания и функционирования магистрального трубопровода с директивными сроками ввода мощностей в эксплуатацию. Эти события связаны фиктивными работами с событиями блоков разработки месторождений.

Сетевой граф ВСНГК имеет 380 фактических и 170 фиктивных работ и описывает процесс создания и функционирования комплекса до полного освоения прогнозных ресурсов Восточно-Сибирской нефтегазоносной провинции (рис. 8.8). Директивные сроки выпуска продукции заданы в сценариях развития ВСНГК на период до 2025 г.

♦ *Сценарии развития нефтегазового комплекса в Восточной Сибири и Республике Саха (Якутия).* Нами сформированы два сценария формирования мегапроекта ВСНГК (табл. 8.2). Оптимистический сценарий основан на гипотезе реализации наиболее благоприятных факторов формирования ВСНГК: высокой подтверждаемости прогнозных запасов нефтегазовых ресурсов; согласованности во времени инвестиционных стратегий добывающих, перерабатывающих компаний и ОАО «Транснефти»; участие государства в снижении инновационных рисков компаний – операторов проектов; предусматривается масштабный выход на рынки стран АТР и переработка углеводородного сырья в самом ВСНГК на крупных нефтегазохимических комплексах Богучанском, Саянском, Южно-Якутском, а также в Приморском крае.

Пессимистический сценарий нами получен как результат развертывания во времени инвестиционной программы развития нефтегазового комплекса на сетевой модели:

- ✓ при экстраполяции фактически сложившихся темпов, объемов и результативности геологоразведочных работ в первое пятилетие[1];
- ✓ при сохранении современных организационно-экономических рисков формирования ВСНГК.

[1] В настоящее время порядка 30% прогнозных ресурсов при дальнейшем их изучении переходят в категорию запасов.

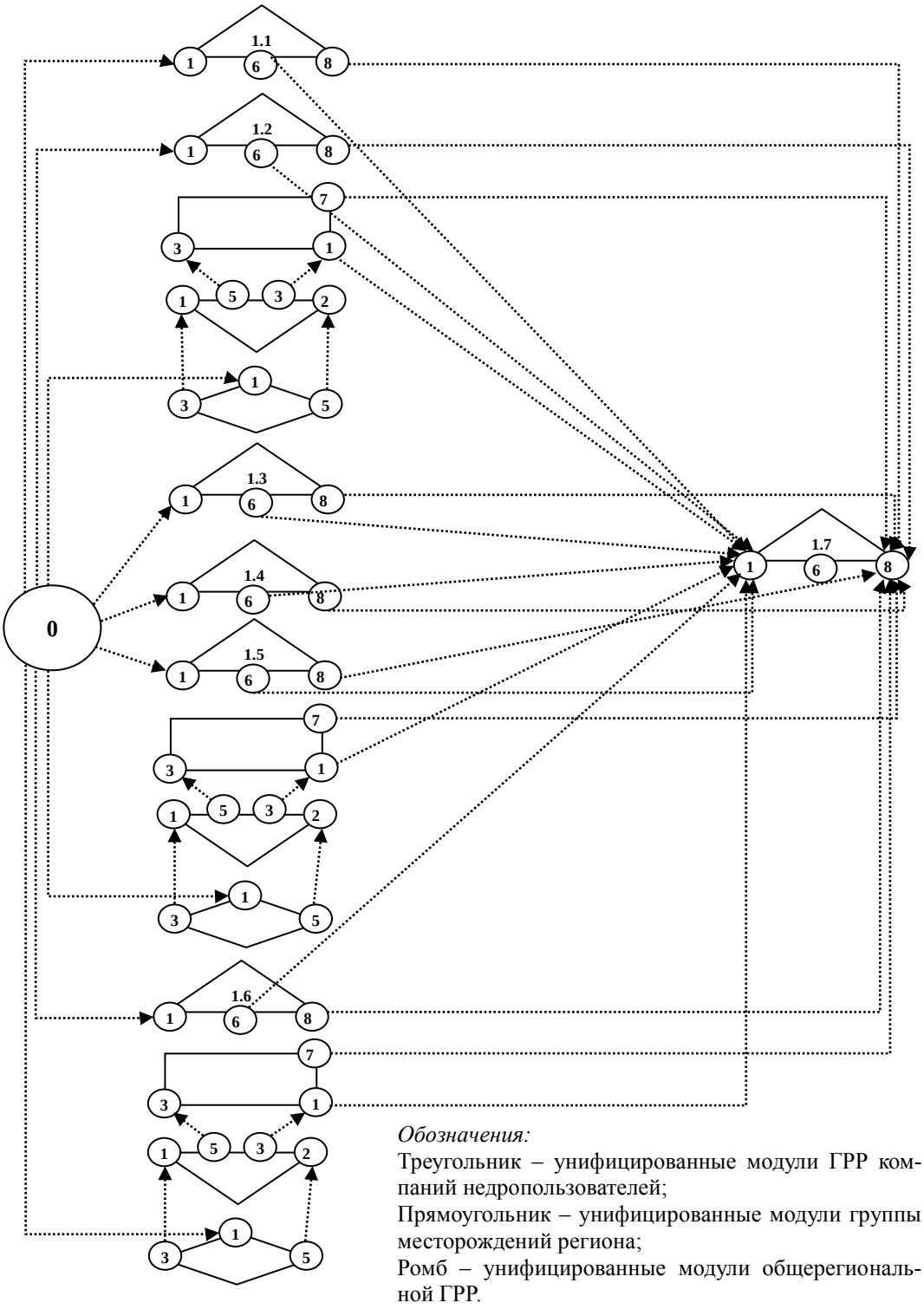


Рис. 8.8. Сводный сетевой граф освоения месторождений мегапроекта ВСНГК

Таблица 8.2

Сценарии развития нефтегазового комплекса в Восточной Сибири и Республике Саха (Якутия)

Показатель	Оптимистический				Пессимистический			
	2010	2015	2020	2025	2010	2015	2020	2025
Нефтяной сектор								
Добыча нефти, млн т	9	50	70	80	9	23	35	50
В том числе: Иркутская область	3	22	30	35	3	6	10	17
Красноярский край	5	18	25	25	5	10	15	20
Республика Саха (Якутия)	1	10	15	20	1	7	10	13
Экспорт нефти, млн т	5	40	50	50	5	15	10	30
Газовый сектор								
Добыча природного газа, млрд $м^3$	9	60	70	70	9	35	40	40
Экспорт газа, млрд $м^3$		35	35	35	0	30	25	25
Добыча гелия, млн $м^3$		180	212	212		108	150	150
Закачка гелия в ПХГ, млн $м^3$		170	198	198		90	138	138
Экспорт гелия, млн $м^3$		9	12	12		9	10	10
Переработка								
Объем нефтепереработки, млн т		10	30	30	2	5	13	13
Объем газопереработки, млрд $м^3$		25	35	35		5	15	15
Производство этилена, млн т		1,1	2	3,4		1,25	2,5	2,5
Производство пропан-бутановой смеси, млн т		1,0	1,6	2,3		1,25	2,5	2,5

♦ *Прогнозные оценки конкурентных стратегий мегапроекта ВСНГК.* Ресурсно-календарный анализ согласованности инвестиционных планов добывающего и перерабатывающего секторов проведен для оптимистического и пессимистического сценариев. На основе вариантных расчетов эшелонирования инвестиционных проектов нефтедобывающего и газодобывающего сектора в Красноярском крае, Иркутской области и Якутии оценены стратегии развертывания во времени инвестиционных проектов компаний, обеспечивающие в динамике балансы производства и потребления углеводородного сырья в течение всего прогнозного периода до 2030 г.

Анализ реализуемости сценариев мегапроекта по сетевой модели показал, что в оптимистическом сценарии интересы компаний и регионов сбалансированы, но инвестиционная программа мегапроекта крайне напряженная. В целом за прогнозный период будет создана добавленная

стоимость в размере 478 млрд долл., свыше 80% которой образуют ВРП субъектов Федерации Сибири и Дальнего Востока. Инвестиционная программа освоения нефтяных ресурсов ВСНГК потребует 101,7 млрд долл., которые предстоит освоить за 15 лет.

При оценке состязательности субъектов Федерации за привлечение инвестиционных проектов нефте- и газохимии выявлено преимущество Иркутской области и Красноярского края в сравнении с Амурской областью и Хабаровским краем в связи с наличием в них развитой инфраструктуры для нефте- и газохимических производств.

Несмотря на отсутствие инвестиционных ограничений общерегиональные геологоразведочные работы в Иркутской области, финансируемые из федерального бюджета, и подготовка запасов нефтяными компаниями-недропользователями Республики Саха (Якутия) находятся в критическом пути реализации мегапроекта. Проекты общерегиональной геологоразведки сдерживают темпы и масштабы освоения нефтяных ресурсов в Иркутской области, и они должны стать объектами управления со стороны государства.

Оценка синхронности сроков реализации технологически взаимосвязанных инвестиционных проектов показала, что в каждом регионе в течение всего планируемого периода создаваемые мощности добывающего сектора достаточны для обеспечения углеводородным сырьем мощностей нефтеперерабатывающих и газохимических комплексов и выполнения экспортных поставок углеводородного сырья**.** Вместе с тем имеется высокий риск переноса освоения газовых ресурсов Красноярского края за пределы 2023 г. Выявлена рассогласованность стратегий и инвестиционных намерений нефтяных и газовых компаний по срокам освоения комплексного нефтегазоконденсатного Юрубчено-Тохомского месторождения в Эвенкии Красноярского края. НК «Роснефть» отдает предпочтение ранним срокам разработки (2014 г.), тогда как ОАО «Газпром» – наиболее поздним (после 2023 г.). Автономный последовательный режим отбора сначала нефтяных, а далее газовых ресурсов повлечет за собой потерю газовых ресурсов в результате некомплексного освоения сложно-построенного месторождения.

Анализ реализуемости инвестиционной программы мегапроекта ВСНГК на условиях самофинансирования отраслевых проектов компаний выявил высокие освоенческие риски в первое десятилетие. По нашим расчетам капитал риска составит 44 млрд долл., причем около половины формируется в нефтегазохимических проектах. Таким образом, несмотря на то что в мегапроекте формируются финансовые ресурсы, многократно превышающие потребности ВСНГК, необходимо привлечение прямых государственных инвестиций или других форм государственной поддержки в 2011–2015 гг. для реализации всех проектов, в 2016–2020 гг. – проектам нефтегазохимических кластеров.

В пессимистическом сценарии при реализации гипотезы о низкой результативности геологоразведочных работ временные и ресурсные ограничения, по нашим расчетам, растягивают инвестиционную программу

ВСНГК в целом на 5 лет[1]. Сдвинулись также на более поздние сроки начала и окончания инвестиционных проектов по обустройству месторождений. В Эвенкии добыча может быть начата только с 2025 г. В результате в ВСНГК этап интенсивного развития нефтяной промышленности смещается с 2010 г. на 2015 г., а ожидаемая добыча нефти в ВСНГК в период до 2025 г. будет в 3 раза меньше прогноза Энергетической стратегии России. Основным инвестиционным проектом становится Ванкорское месторождение Красноярского края. В этих условиях в 2025 г. добыча нефти в ВСНГК достигнет уровня 32 млн т.

Возможности экспорта нефти ВСНГК сократятся в 4 раза по сравнению с оптимистическим сценарием в условиях приоритета обеспечения сырьем внутренних потребностей нефтеперерабатывающей промышленности восточных регионов России. В этой ситуации для обеспечения полной загрузки мощности нефтепровода ВСТО предполагается сохранение транзитных потоков нефти из Западной Сибири на уровне 30 млн т, а максимально возможная загрузка трубопровода ВСТО будет находиться на уровне 55 млн т.

В газовой промышленности будет реализован наименее напряженный вариант Программы ОАО «Газпром» – «Восток-50», согласно которому газ Восточной Сибири не имеет выхода в ЕСГ до 2025 г. Объемы добычи и экспорта газа проектируются почти вдвое меньше, чем в оптимистическом сценарии. В 2025 г. прогнозируется производство 40 млрд куб. м газа. Экспортные поставки не превысят 25 млрд куб. м (15 млрд – в Китай и 10 млрд – в Корею). В ближайшей и среднесрочной перспективе до 2020 г. первоочередным проектом будет разработка уникального Чаяндинского газоконденсатного месторождения в Республике Саха (Якутия), Ковыктинского газоконденсатного месторождения в Иркутской области; несмотря на 1,7 трлн куб. м подготовленных запасов в соответствии со стратегией ОАО «Газпром» останется в стратегическом резерве вплоть до 2020 г. Для обеспечения комплексного использования извлекаемого сырья газоконденсатных месторождений достаточно создать Южно-Якутский ГХК к 2020 г., и первую очередь Саянского ГХК – к 2025 г., в связи с этим производство полимеров в 2025 г. составит 4 млн т, что в 2,2 раза ниже, чем в оптимистическом сценарии.

Интегральные инвестиции снизятся в 1,8 раза, до 62 млрд долл., соответственно сократится и интегральный экономический эффект Программы, по нашим расчетам, до 106,4 млрд долл., ВРП в регионах формирования мегапроекта сократится в 4,5 раза. Основной эффект – 75 млрд долл. формируется в виде ВРП преимущественно в Республике Саха (Якутия) и Иркутской области, 31,4 млрд долл. – интегральные экспортные пошлины.

[1] Длина критического пути программы выросла на 5 лет за счет увеличения продолжительности пионерного этапа освоения месторождений Иркутской области и Республики Саха (Якутия).

Таким образом, в пессимистическом сценарии почти вдвое меньше масштабы развития ВСНГК, что влечет за собой качественные изменения его роли в решении стратегических задач социально-экономического развития восточных регионов страны и геополитической значимости. Мегапроект приобретает экспортно-сырьевую направленность с преимущественным промышленным ростом в северных добывающих районах Восточной Сибири и развитием перерабатывающего сектора в Якутии и Приморье.

* *
*

Предлагаемый подход позволил оценить влияние инвестиционных стратегий компаний и геологических рисков на эффективность экспорта нефти. В целом по Программе ВСНГК прирост интегральных доходов в результате дополнительных поставок 1 тонны нефти на экспорт в страны АТР составляет 390 долл./т[1], которые в соответствии с существующей системой бюджетных отношений распределяются между государственным бюджетом и инвесторами в следующей пропорции:

- ✓ 74% (290 долл./т) – зачисляются в федеральные и региональные бюджеты;
- ✓ 26% – (100 долл./т) – остаются у инвесторов.

Каждый доллар, вложенный в повышение результативности геологоразведочных работ в виде прироста запасов, позволит получить дополнительный доход от экспорта нефти в размере 0,71 долл.

Наши исследования показали, что для повышения эффективности инвестиционной Программы ВСНГК Правительству РФ необходимо сосредоточить основное внимание на создание механизмов государственно-частного партнерства, экономических стимулов, налоговых каникул и нейтрализацию инновационных рисков компаниям, привлекающим инновационные технологии в поисковые и геологоразведочные работы.

Предложенный модельный комплекс позволил провести ресурсно-календарный анализ реализуемости альтернативных стратегий мегапроекта ВСНГК, выявить периоды и необходимые масштабы государственного участия в формировании нефтегазохимических кластеров, интенсификации геологоразведочных работ и доказать эффективность интеграции добывающего и нефтегазохимического кластеров с учетом стратегических интересов участников мегапроекта.

По нашим расчетам, потребуется долговременная система мер государственной поддержки в виде взаимосвязанных целевых государственных преференций сырьевым, нефтегазохимическим и нефтеперерабатывающим компаниям:

---

[1] Эффект оценен при средней цене на нефть марки Urals на рынках стран АТР – 60 долл./барр., экспортная пошлина на нефть – 55% от цены нефти на мировом рынке.

– отмена экспортных пошлин от продажи нефти и газа сырьевым компаниям при условии участия добывающих компаний в финансировании проектов создания НГХК в 2011–2015 гг. в оптимистическом и в 2011–2020 гг. в пессимистическом сценариях;

– снижение вдвое ставок налогов на доходы нефтеперерабатывающих проектов в период освоения проектных мощностей в 2016–2020 гг. и в 4,5 раза – для газохимических проектов в 2021–2025 гг.

Эффективность координационного плана Правительственной Комиссии как инструмента стратегического государственного управления находится в прямой зависимости от корректного учета фактора времени, необходимого для разработки и оценки эффективности альтернативных вариантов организационно-экономических решений участников мегапроекта. Именно на этой стадии возникает потребность в организации информационно-аналитических подсистем формирования решений и использовании сетевых моделей управления сложным мегапроектом.

Предложенный методический подход к разработке технологии стратегического планирования и управления мегапроекта позволит повысить эффективность функционирования координирующих органов в согласовании интересов участников мегапроектов, качество и реализуемость плановых документов, организационных схем управления реализацией мегапроекта.

ЛИТЕРАТУРА

Вижина И.А., Кин А.А., Харитонова В.Н. Проблемы государственно-частного партнерства в стратегических проектах Севера // Регион: экономика и социология. – 2011. – № 4. – С. 170–185.

Галичанин Е. Не числом, а умением сырья // Мировая энергетика. – 2007. – № 8 (44). – С. 20–21.

Герт А.А., Мельников П.Н., Немова О.Г., Волкова К.Н., Соболев М.Ю., Супрунчик Н.А. Сырьевая обеспеченность нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан // Регион: экономика и социология. – 2006. – № 4. – С. 200–208.

Гимади Э.Х., Гончаров Е.Н., Залюбовский В.В., Пляскина Н.И., Харитонова В.Н. О программно-математическом обеспечении задачи ресурсно-календарного планирования Восточно-Сибирского нефтегазового комплекса // Вестник НГУ. Серия: математика, механика, информатика. – 2010. – № 4. – С. 51–62.

Йескомб Э. Принципы проектного финансирования (пер. с англ.: Васильевской И.В.) / под ред. Рябых Д.А. – М.: Вершина, 2008. – 488 с.

Конторович А.Е., Коржубаев А.Г. Прогноз развития новых центров нефтяной и газовой промышленности на Востоке России и экспорта нефти, нефтепродуктов и газа в восточном направлении // Регион: Экономика и социология. – 2007. – №1. – С. 210–229 .

Коржубаев А.Г., Соколова И.А., Эдер Л.В. Нефтегазовый комплекс России: перспективы сотрудничества с АТР. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН. – 2009. – 122 с.

Коржубаев А.Г., Филимонова И.В., Эдер Л.В. Концепция формирования новых центров нефтегазового комплекса на Востоке России. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2010. – 191 с.

Коржубаев А.Г., Филимонова И.В., Эдер Л.В. Стратегия развития нефтегазового комплекса Сибири // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 3. – С. 88–93.

Крюков В.А., Силкин В.Ю., Токарев А.Н., Шмат В.В. Комплексный реинжиниринг процессов хозяйственного освоения ресурсов гелия на Востоке России / отв. ред. В.В. Кулешов. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН. – 2012. – 181 с.

Мироносецкий Н.Б., Сокольская Т.И. Алгоритм анализа стохастической сетевой модели // Методы моделирования и обработка информации. – Новосибирск: Наука, 1976. – С. 54–59.

Моделирование взаимодействия многоотраслевых комплексов в системе народного хозяйства / отв. ред. Б.Б. Розин. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1992.

Оптимизация территориальных систем / под ред. С.А. Суспицына. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2010.

Пляскина Н.И. Прогнозирование комплексного освоения недр перспективных нефтегазодобывающих районов (методология и инструментарий) // Проблемы прогнозирования. – 2008. – № 2. – С. 72–93.

Пляскина Н.И., Харитонова В.Н. Координация инвестиционных решений компаний в программе мегапроекта освоения нефтегазовых ресурсов // Теория и практика управления. – 2010. – № 8. – С. 84–94.

Пляскина Н.И., Харитонова В.Н., Гимади Э.Х, Гончаров Е.Н. Сетевые модели координации принятия решений в межотраслевых мегапроектах освоения нефтегазовых регионов // Вестник НГУ. Серия: социально-экономические науки. – 2012. – Т. 12. – Вып. 3. – С. 97–110.

Поспелов Г.С., Баришполец В.А. О стохастическом сетевом планировании // Техническая кибернетика. – 1966. – № 6.

Ся Ишань. Энергетическая стратегия Китая в новой ситуации и энергетическое сотрудничество Китая и России / Энергетическая кооперация в Азии: что после кризиса. 7-я международная конференция АЕС-2010, 30 августа – 3 сентября 2010 г., Иркутск, Россия.

Харитонова В.Н., Вижина И.А., Коцебанова О.Ф. Экономические эффекты и риски в регионах формирования Восточно-Сибирского нефтегазового комплекса // Регион. – 2007. – № 4. – С. 170–185.

Штыров В.М. Управленческие риски мегапроектов России // Российская Федерация. – 2009. – № 1. – С. 15–20.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

Нефтегазохимическая отрасль // Http://Minenergo.Gov.Ru/Activity/Oilgas/Petrochemical_Branch/

План развития газо- и нефтехимии России на период до 2030 г. http://www.cntd.ru/1000002845.html

Пляскина Н.И., Харитонова В.Н. Формирование стратегии развития Восточно-Сибирского нефтегазового комплекса и управление инвестиционной программой освоения ресурсов [Электронный ресурс] // Российский экономический конгресс: сб. докладов участников (РЭК-2009. 7–12 декабря 2009 г., Москва): [Тематические конференции: Пространственная и региональная экономика. Эффективное использование природно-ресурсного потенциала] / Новая экон. ассоциация. – М.: Ин-т экон. РАН, 2009 // (http://www.econorus.org/consp/files/jl7i.doc) .

Проект Федерального закона «О государственном стратегическом планировании» от 21 ноября 2011 г. // http://www.economy.gov.ru/minec/about/structure/depstrategy/doc20111121_005

Указ Президента РФ «Об основах стратегического планирования в РФ» от 12 мая 2009 года № 536 // http://www.kasparov.ru/note.php?id=4AEEEC233AEA5

Глава 9
ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ И РАЗВИТИЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ КОРПОРАЦИИ

9.1. ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ КОРПОРАЦИЕЙ

Проблемы постоения модели управления корпорацией. Представляя промышленную корпорацию или отдельные предприятия, фирмы в виде большой, сложной, динамической, вероятностной, производственной, социально-экономической, многокритериальной системы [Денисов, Жданов, 2002; Климов и др., 1979; Титов, 1987; Экономическая стратегия…, 1999; Управление…, 2001; Эшби, 1969], следует сделать вывод о том, что система управления ею не может быть простой. Она (система управления) по сложности должна быть соизмерима с управляемой системой [Эшби, 1969]. При этом система управления корпорацией должна включать в себя не только процесс принятия решений, но и учитывать процессы финансово-экономической, производственной, инновационной деятельности и развития корпорации [Титов, 1987; Майминас, 1971; Титов, 2007]. Объединение этих процессов в единую модель обеспечит в наибольшей степени построение эффективной системы управления корпорацией. В противном случае можно говорить только о системе планирования, которая не будет достаточно эффективной из-за отсутствия в ней обратных связей, о чем далее будет сказано более подробно.

Создание единой, глобальной модели как системы управления корпорацией, тем более, отражающей и ее деятельность, невозможно из-за сложности объекта управления. Выходом из этой ситуации является представление системы управления в виде иерархии подсистем, отражающих процесс принятия решений в основных центрах системы управления. В каждой такой подсистеме строится своя локальная модель, отражающая суть принятия решений по той или иной функциональной проблеме деятельности предприятия. Таким образом, при построении системы управления корпорацией используется композиционный подход, когда для подсистем строятся специальные модели принятия решений, а в целом для системы формулируется единая цель ее развития [Багриновский, 1977]. Тогда комплекс подсистем и моделей для планирования и управления сам будет моделью сложной системы, хотя задача согласования управляющих решений (показателей), которые передаются от одной подсистемы к другой, будет иметь место. При этом должно выполняться важное условие – указанную модель нельзя назвать системой без наличия единой для всех подсистем цели развития корпорации [Там же], а следовательно, невозможно построить эффективную систему управления ею. Выбор такой цели является определяющим для эффективности, результативности системы управления.

Комплекс подмоделей как модель сложной производственно-экономической системы назовем моделью функционирования и развития фирмы, предприятия, корпорации. В этой модели, как уже отмечалось, следует системно согласовать моделирование как деятельности и развития корпорации, так и процесса принятия решений (т.е. процесса управления).

Анализ проблем и задач управления предприятиями, корпорациями, представленных в отечественной и в зарубежной литературе, позволяет сформулировать в системной связности наиболее важный перечень тех из них, без решения которых процесс принятия решений не может привести к существенному повышению эффективности производства и управляемости компаний. Этот перечень проблем, задач представлен на рис. 9.1.

Как видим, при наличии функциональных проблем (стратегическое управление и др.) важнейшее место отводится моделям функционирования и развития корпорации (как на долгосрочный период, так и на краткосрочный, тактический). Причем с помощью моделей можно имитировать обратную связь систем планирования (что и показано на рис. 9.1) с прогнозным выполнением планов (как стратегических, так и тактических), что существенно повышает качество управления. В этом случае можно говорить в большей степени о стратегическом управлении корпорацией, а не о планировании.

Рис. 9.1. Основные проблемные задачи организации эффективной системы управления корпорацией

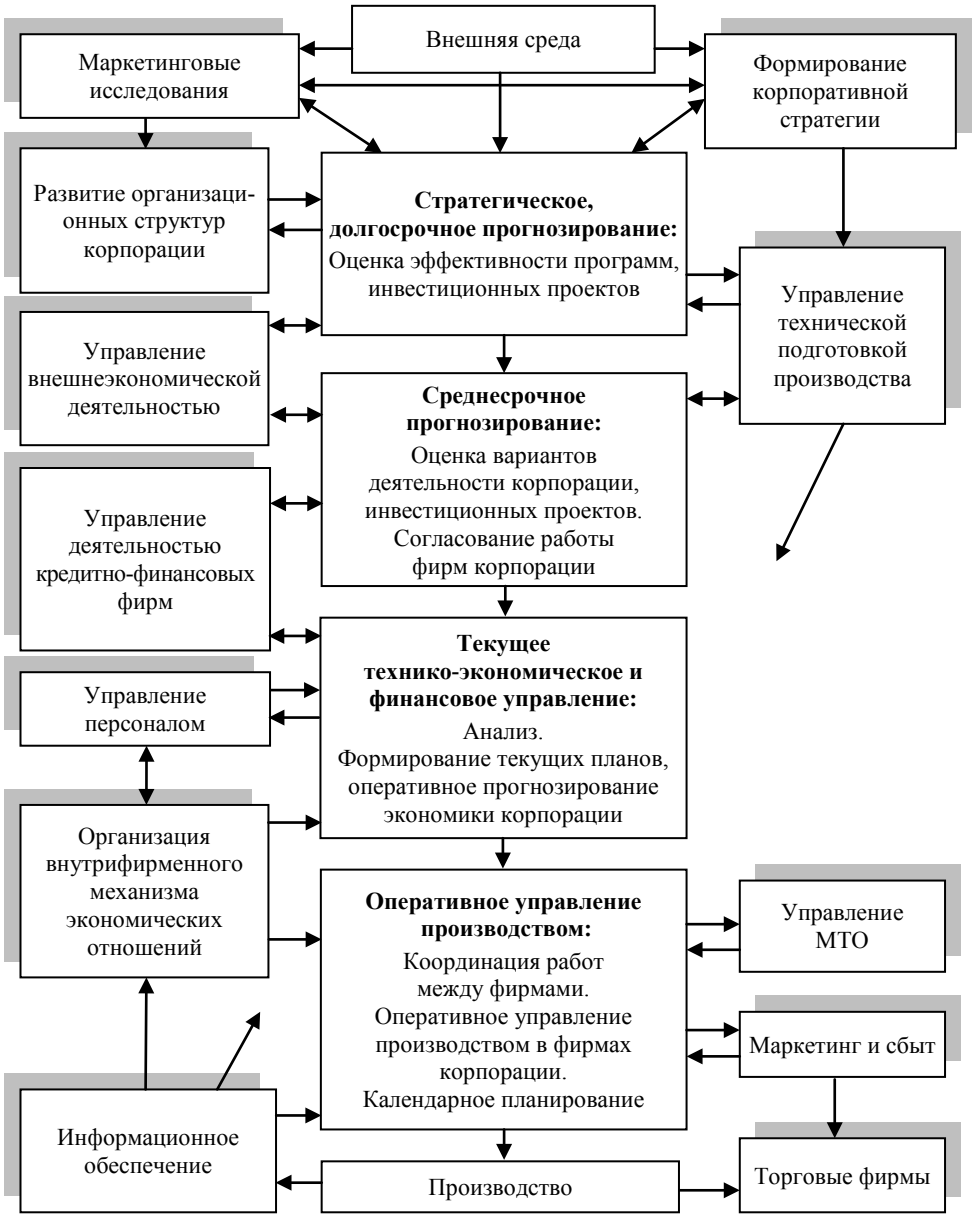


Рис. 9.2. Блок-схема использования моделей в системе управления корпорацией

Без выбора и обоснования количественных критериев (показателей) оценки эффективности, результативности деятельности корпорации на длительную перспективу и при текущем, тактическом принятии решений не организовать должным образом системный процесс управления. Решить эту проблему (выбор и обоснование) можно с помощью моделирования. При этом, как уже отмечалось, важно системное совмещение

модели функционирования корпорации и процессов управления, согласования показателей по иерархии управления.

Очевидна важность маркетинговых исследований. Без выбора стратегических зон хозяйствования и оценки спроса на продукцию планирование реализаций каких-то стратегий становится бессмысленным.

В системе управления корпорацией основное внимание уделяется стратегическому, тактическому управлению и связанным с этими процессами вопросам целеполагания, разработке нововведений и оценке их эффективности, а также проблемам внутрифирменного предпринимательства, экономического стимулирования повышения эффективности производства за счет управления инновационным процессом и внедрения нововведений, которые способствуют росту эффективности принятия решений как в долгосрочном, так и в тактическом планах (рис. 9.2).

Блок-схема использования комплекса моделей в системе управления корпорацией представленная на рис. 9.2, показывает, что модели принятия решений (прогнозирования, планирования и управления) могут обеспечить согласование управления на всех его уровнях. Однако существенное ограничение связано с выбором вида модели. Глобальная модель функционирования и развития корпорации представляется нелинейной, частично целочисленной задачей математического программирования большой размерности. В практических условиях промышленных предприятий вряд ли можно говорить о реализации таких моделей. Могут быть решены только локальные задачи небольшой размерности. Поэтому в дальнейшем мы будем говорить о линейных задачах оптимизации, в том числе с частично целочисленными переменными, большой размерности.

Выбор количественных критериев оптимизации деятельности корпорации. Коротко остановимся на проблеме выбора экономически обоснованного количественного критерия оптимизации принятия решений на уровне производственной системы. Под производственной системой (ПС), состоящей из производственной и организационной структур управления, мы будем понимать промышленное предприятие, производственную фирму, корпорацию. ПС могут быть разного уровня – производственный участок, цех, фирма, корпорация.

Трудности управления производственной системой связаны с обеспечением ее целенаправленного поведения в изменяющихся условиях внутренней и внешней среды. Такая ситуация показана на рис. 9.3 [Титов, 2008, с. 11]. Планирование в этих условиях включает постановку проблемы, определение целей, разработку стратегий их выполнения, прогнозирование конечных результатов в изменяющихся условиях, определение условий и средств достижения целей. Функционирование системы обеспечивается за счет регулирования, задачей которого на основе учета, контроля и анализа является выработка управляющих решений на базе под-

системы планирования. Такие управляющие решения вырабатываются в подсистеме планирования в оперативном режиме. Поэтому можно сказать, что процесс планирования на предприятии осуществляется непрерывно. Именно этот процесс является наиболее трудным в управлении производственной системой.

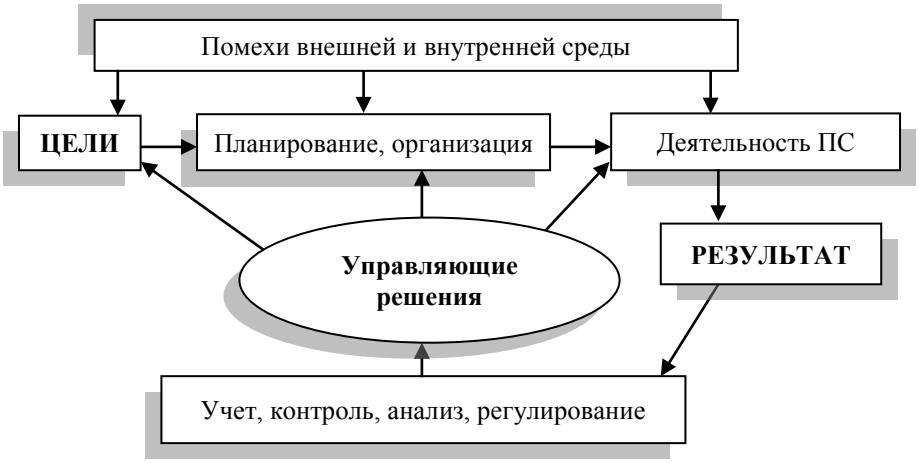


Рис. 9.3. Механизм управления производственной системой в изменяющихся условиях внешней и внутренней среды

Источник: [Титов, 2008, с. 11].

Производственные системы действуют и развиваются в соответствии с определенными целями, которые формируются исходя из четкого понимания миссии корпорации [Управление…, 2001; Ансофф, 1999; Маркова, Кузнецова, 2000; Клейнер, 2008]. Миссия – основная общая цель бизнеса компании с учетом рыночных потребностей. Миссия – это комплексная цель, для достижения которой корпорация существует и которая должна быть выполнена в плановом периоде с учетом как внутренних ориентиров ее деятельности, так и внешних факторов.

Основная цель экономической стратегии фирмы сформулирована как создание и поддержание ее устойчивого конкурентного преимущества в рыночных условиях [Экономическая стратегия…, 1999; Управление…, 2001; Ансофф, 1999] за счет реализации нововведений по снижению затрат, выпуску новой продукции и др. Эта формулировка представлена как в российской, так и в зарубежной литературе. Понятие «достижение конкурентных преимуществ» количественно не может быть выражено. Однако реализацию нововведений невозможно осуществить без финансирования из чистой прибыли, рост которой, в свою очередь, как раз и определяется внедрением нововведений. Здесь можно говорить об использовании кредитов, но они погашаются из той же чистой прибыли. Следовательно, в цикле «прибыль → разработка и реализация нововведений → достижение

конкурентных преимуществ → рост прибыли» достижению конкурентных преимуществ корпорации (рис. 9.4) количественно достаточно обоснованно можно поставить в соответствие величину прибыли. Таким образом, величина чистой прибыли выступает количественной оценкой степени достижения конкурентных преимуществ корпорацией на рынке и вполне может выступать в качестве одной из главных целей ее деятельности (см., например [Хорн, 1996; Goldratt, 1989]), но в краткосрочном периоде.

В неоклассической экономической теории предприятие (фирма) рассматривается как субъект экономики, стремящийся максимизировать свою прибыль. Финансовая деятельность фирмы также исходит из этой цели. Однако финансовая теория, которая принимает во внимание существование финансовых рынков, где ведутся операции с ценными бумагами фирм и корпораций, предпочитает в своих выводах делать упор не на прибыль, а на доход акционеров, который автоматически определяется стоимостью на бирже акций компаний. В этом случае речь идет о максимизации биржевой капитализации.

Следовательно, если предприятие – акционерное общество, то для него более общей экономической целью является максимизация стоимости фирмы, стоимости акций на рынке ценных бумаг. Однако именно достижение конкурентных преимуществ фирмы, увеличение потока чистой прибыли за счет этого способствует и росту стоимости ее акций. Это основные экономические мотивы роста стоимости акций предприятия. Спекулятивные махинации на рынке ценных бумаг имеют место, завышены стоимости акций высокотехнологичных и энергетических корпораций (и многое другое), поэтому трудно согласиться с тем, что стоимость акций отражает действительную стоимость фирмы. Однако ясно, что прибыль и связанные с ней показатели эффективности производства также служат основой оценки стоимости акций.

Как уже отмечалось, достижение конкурентных преимуществ корпорации на рынке невозможно без нововведений. Эффективные нововведения увеличивают поток прибыли, но требуют и значительных капитальных вложений. Инновационный, инвестиционный процесс во многом определяется эффективностью управления корпорацией, так как речь идет не просто об инвестициях и эффекте от них, а о сложном процессе выбора зоны хозяйствования, создания новой продукции, технологий, коммерциализации инноваций и др. Эта эффективность отражается величиной чистого денежного потока по планируемым периодам (квартал, год): чистая прибыль плюс амортизационные отчисления (от стоимости введенных основных средств) минус объем инвестиций, в том числе и на потребности в оборотном капитале. В конечном итоге мы приходим к рассмотрению фирмы, корпорации как комплекса инвестиций [Коласс, 1997], стоимость которого определяется стоимостью ожидаемых от него доходов. Общий доход определяется суммой дисконтированных величин чистого денежного потока. Именно чистый денежный поток является основой оценки эффективности, результативности

деятельности корпорации. Коэффициенты дисконтирования только корректируют этот поток, приводя оценку его стоимости в разные периоды к текущему моменту времени.

Значение чистого дисконтированного дохода (ЧДД) в большей степени влияет на стоимость акций корпорации, ее стоимости. Именно расчет ЧДД, чистой текущей стоимости (NPV), лежит в основе оценки стоимости фирмы, бизнеса [Хорн, 1996; Коласс,1997; Валдайцев, 2001; Финансовый менеджмент…, 2002; Беренс, Хавранек, 1995; Виленский и др., 2001; Кравченко, 2007]. Поэтому с точки зрения акционеров корпорации управление ею должно быть направлено на максимизацию роста стоимости компании, т.е. на максимизацию величины ЧДД, внутренней нормы доходности (ВНД). Следовательно, в дальнейшем основным количественным критерием оптимизации деятельности корпорации будем считать показатель чистого дисконтированного дохода, т.е. чистой текущей стоимости.

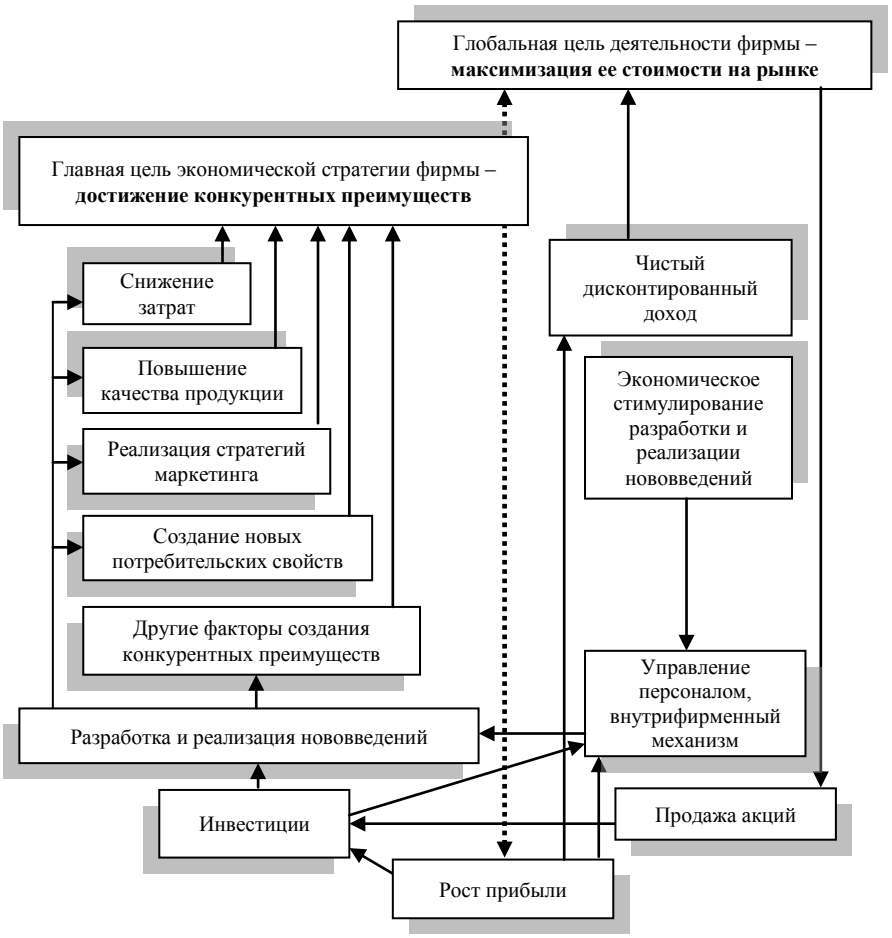


Рис. 9.4. Схема достижения конкурентных преимуществ предприятия и их влияния на глобальную цель его деятельности

Итак, в рыночной экономике глобальной экономической целью функционирования фирмы, корпорации является максимизация ее стоимости. Если акции предприятия котируются на рынке, то речь идет об оценке стоимости компании через биржевой курс ее акций, соответствующий уровню биржевой капитализации [Коласс, 1997]. Причем курс акций – это мгновенная оценка, которая зависит от многих внешних причин, конъюнктуры рынка. Однако для целей экономического управления необходимо иметь дерево целей, причем количественно определяемых. Основная количественная цель должна быть также зафиксирована. Пусть она не будет точно соответствовать глобальной цели деятельности корпорации, трудно определяемой количественно, но без нее нельзя говорить о системности экономического управления. Взаимодействие производственно-экономических процессов в корпорации с учетом такой количественной цели показано на рис. 9.4.

Максимизация глобальной цели деятельности корпорации, ее стоимости на рынке определяется уровнем достижения конкурентных преимуществ. Достижение конкурентных преимуществ обеспечивает рост прибыли, а также многих других показателей – роста объема продаж, рентабельности и др. Чистая прибыль, а также средства от продажи акций идут на финансирование процесса разработки и внедрения нововведений, которые обеспечивают формирование конкурентных преимуществ корпорации на рынке. Среди факторов показаны наиболее важные: снижение затрат, повышение качества продукции, реализация маркетинговых стратегий, создание новых потребительских свойств (см. рис. 9.4). Как возникает эффект от реализации организационно-экономических и технических мероприятий, инвестиционных проектов по повышению качества продукции, снижению затрат, созданию новых потребительских свойств и других нововведений, показано на рис. 9.5.

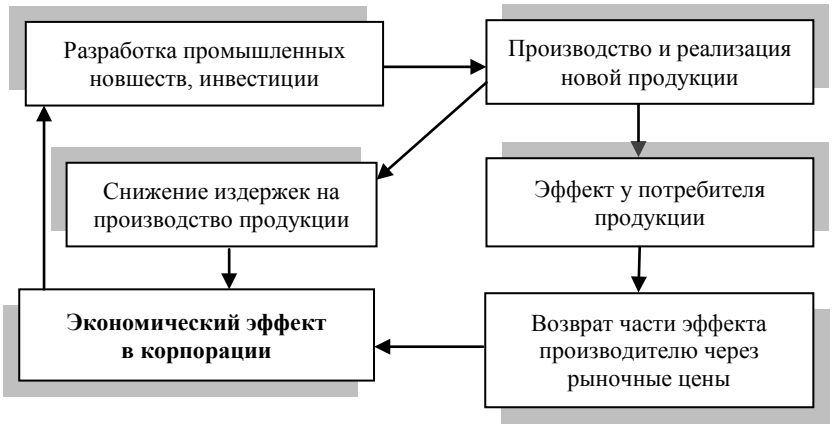


Рис. 9.5. Схема получения экономического эффекта в корпорации от реализации нововведений

Таким образом, на уровне промышленной корпорации важно не просто повышение качества продукции, а увеличение спроса на нее через обеспечение экономического эффекта у потребителя от использования такой продукции. При повышении качества технической продукции потребитель извлекает из этого экономический эффект, а не корпорация, производящая эту продукцию. Потребитель через ценообразование делится эффектом с производителем. Поэтому здесь важно соотношение цены и качества. Во многих случаях эффекта у потребителя нет по причинам его неэффективной деятельности. Это сказывается и на экономике компании, производящей такую продукцию.

Как показано на рис. 9.4 и 9.5, воспроизводственный процесс развивается по спирали с нарастающим результатом, если корпорация успешно реализует инновационно-инвестиционный процесс. Здесь важную роль играет внутрифирменный механизм, если он опирается на управление знаниями [Управление…, 2001; Гончаров, 2002; Макаров, Клейнер, 2007]. Причем данный процесс может идти с разной эффективностью. Все зависит от того, насколько эффективен внутрифирменный механизм экономического стимулирования разработок и реализации нововведений. Спираль ведь может закручиваться и вовнутрь, отражая затухающий процесс воспроизводства. В процессе достижения конкурентных преимуществ количественно мы можем контролировать прибыль, рассчитать чистый дисконтированный доход (на рис. 9.4 количественно определяемые связи зафиксированы стрелками без разрывов), так как очень важно учесть эффективность использования инвестиций в данном процессе. ЧДД напрямую отражает и определенную долю стоимости корпорации. Таким образом, будем полагать, что, используя критериальный показатель максимизации ЧДД, мы в наибольшей степени приближаемся к оценке стоимости корпорации. Прибыль, как и показано на рис. 9.4, является одним из важнейших главных показателей, но не основным.

9.2. МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Представление многоуровневой системы внутрифирменного управления. Планирование – основная функция управления, обеспечивающая целенаправленное функционирование и развитие объекта управления на основе формирования планов в условиях ограниченных ресурсов и во времени. Внутрифирменное планирование (ВФП) включает в себя технико-экономическое и финансовое планирование, оперативно-производственное планирование, технико-экономический и финансовый анализ (рис. 9.6). ВФП и управление в целом можно сформировать в виде многоуровневой системы [Климов и др., 1979; Титов, 2007; Гончаров, 2002], упрощенно представленной на рис. 9.6. На данной схеме не показан блок внутрифирменных механизмов стимулирования повышения эффективности работы фирм корпорации.

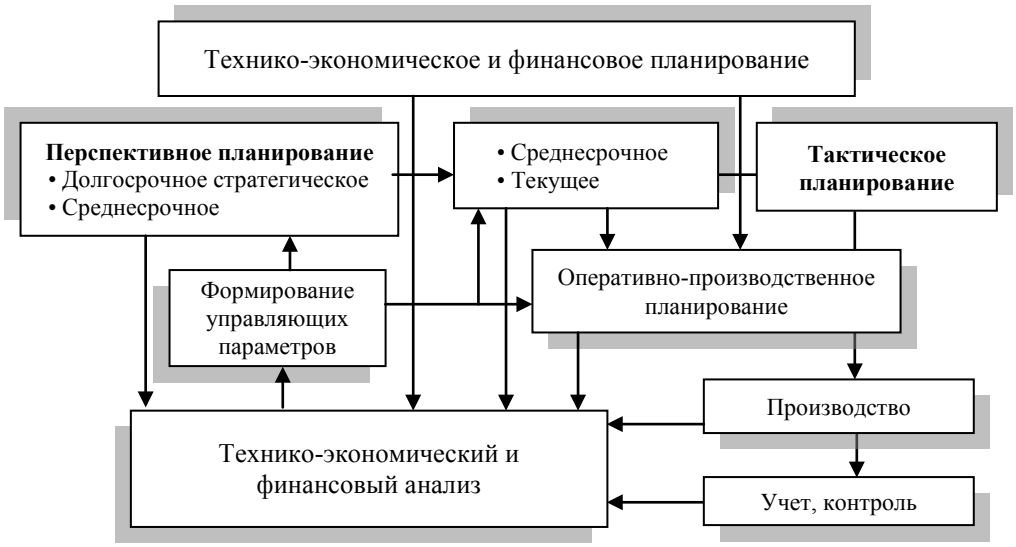


Рис. 9.6. Многоуровневая система внутрифирменного управления

На основе стратегического, долгосрочного планирования осуществляется оценка эффективности работы корпорации в выбранной зоне стратегического хозяйствования, программ развития, инвестиционных проектов. Подобные многовариантные расчеты трудно качественно осуществить без использования экономико-математических моделей (ЭММ) и методов [Титов, 1987, 2007, 2008; Данилин, 2006; Коробкин, Мироносецкий, 1978; Канторович, 1959; Плещинский, 2004; Лычагин, Мироносецкий, 1986; Соболев, 2000; Плещинский и др., 2005]. Многовариантные расчеты позволяют дополнить анализ новой информацией, изменить цели, ограничения, программы и др.

На уровне перспективного планирования важно принять решение об инвестиционных проектах, программах. Расчет их эффективности наиболее обоснованно можно представить с помощью модели оптимизации функционирования и развития корпорации. В этом случае технико-экономическое обоснование проекта и программы развития осуществляется не само по себе, а в системе. Проект как бы погружается в производственно-экономическую систему, а имитация деятельности корпорации с реализацией инвестиционного проекта и без него позволяет дать наиболее обоснованную оценку его эффективности [Титов, 2007, 2008]. Поэтому важной проблемой, решаемой при данном концептуальном подходе к планированию и управлению, является задача системной оценки эффективности инвестиционных проектов с точки зрения функционирования всей корпорации, в том числе с учетом синергетического, системного эффекта [Титов, 2007, 2008; Ансофф, 1999; Кэмпбелл, Саммерс Лачс, 2004].

Среднесрочное планирование позволяет осуществить согласование долгосрочного и текущего (годового) планирования. Целый комплекс задач необходимо решить при текущем принятии решений в управлении деятельностью корпорации. Так, необходимо использование технико-экономического и финансового анализа функционирования компании, как для оперативного принятия решений, так и для обоснования реализации долгосрочных стратегий. На основании годового плана деятельности корпорации в целом проводится оперативное планирование прибыли (бюджетирование) по кварталам и месяцам года, осуществляется оперативная оптимизация принятия решений на базе оперативного технико-экономического и финансового анализа, учета. Оптимизация формирования оперативных планов производства, бюджетирование [Титов, 2007; Комаров, Дугельный, 2003], контроль за издержками, оперативное управление финансами, их консолидация позволяет не только владеть экономической ситуацией в корпорации, но и находить в любой момент времени решения, способствующие повышению эффективности ее деятельности, давать оценку возможностей самофинансирования. При этом речь идет не просто о бюджетировании, а о разработке нововведений, обеспечивающих достижение максимального финансового потока, который может быть направлен на развитие предприятия. Такой важный момент планирования прибыли в существующих подходах к бюджетированию отсутствует.

При годовом и перспективном планировании учитываются планы повышения эффективности производства (планы технического развития и организации производства), которые формируются на базе нововведений, инвестиционных проектов и маркетинговой стратегии. Подобные планы составляют основу внутрифирменного планирования. Они позволяют оценить эффективность нововведений. При этом повышение эффективности производства, конкурентоспособность продукции корпорации – зависят от использования результатов научно-технического прогресса, которые и определяют суть нововведений.

Важнейшим разделом ВФП является также оперативное управление производством (см., например [Титов, 1987, 2007]), представленное комплексом моделей оптимизации и имитации.

Методологическое представление воспроизводственного процесса. Итак, для того чтобы управлять предприятием, корпорацией, моделировать их деятельность, необходимо четко и однозначно представлять, что происходит в производственно-экономической системе. Такое представление производственно-экономического процесса (в виде некоторой системной схемы, модели, рис. 9.7) позволяет «увидеть» проблемы и поставить задачи по совершенствованию управления.

Для осуществления хозяйственной деятельности предприятие использует производственные факторы, денежное выражение которых соответствует издержкам производства. Именно должное представление и учет затрат на производство позволяет наиболее обоснованно оценить затраты на

выпуск той или иной продукции. Однако затраты на единицу продукции могут быть определены только приближенно (см. [Титов, 2007; Комаров, Дугельный, 2003] и др.). Это обстоятельство приводит к неопределенности в расчетах себестоимости продукции, прибыли от продажи конкретного изделия. Такая ситуация возникает из-за того, что только часть издержек прямо относится на производство изделия – это прямые переменные издержки. Другую часть, так называемые условно-постоянные (условно-переменные) издержки, не всегда удается обоснованно распределить между изделиями. Например, затраты, связанные с работой оборудования механических цехов машиностроительного предприятия, разносят при определении себестоимости единицы продукции пропорционально затратам основной заработной платы (или по другой базе). Третья часть затрат – постоянные накладные расходы (например административные), распределяются уже указанным приемом, т.е. приближенно.

Рис. 9.7. Упрощенная схема воспроизводственного процесса

Таким образом, прибыль на единицу продукции, которая фиксируется на основе расчетов ее себестоимости, не всегда точно отражает рентабельность продаж (данного изделия), рентабельность продукции и другие показатели. При изменении структуры выпуска продукции себестоимость ее будет другой даже при одном и том же объеме производства в целом. Как видим, оценка приоритетности продукции на основе ее рентабельности может привести к необоснованному принятию решений. Именно поэтому зарубеж-

ная экономическая теория и практика строит анализ эффективности производства на основе маржинального дохода. Подобный подход освоен и на российских предприятиях.

Однако оценка продукции по маржинальному доходу также не является достаточно обоснованной. Во-первых, как уже отмечалось, не всегда удается достаточно точно выделить из условно-постоянных переменные расходы. Если использовать только прямые затраты для расчетов, то это завышает величину маржинального дохода. Во-вторых, производственный процесс обеспечивается не только затратами материальных и трудовых ресурсов. Необходимым условием производства является наличие основных средств, определяющих производственные возможности (мощность) предприятия, и оборотных активов (запасов материалов, незавершенного производства, дебиторской задолженности, денежных средств). При этом уровень использования основных средств и оборотных активов для разной продукции различен. Следовательно, эффективность выпуска продукции определяется не только затратами на производство, но и финансовыми расходами (на пополнение оборотных активов), и инвестиционными затратами на нововведения по созданию дополнительных мощностей, новых технологий, продукции и др.

Таким образом, кругооборот воспроизводственного процесса замкнут – продажа продукции обеспечивает получение прибыли, из которой вычитаются налоги, затем из чистой прибыли финансируется прирост оборотных активов (оборотного капитала), а далее остатки чистой прибыли направляются на инвестиции и потребление, производство и продажа продукции осуществляются с еще большей интенсивностью и т.д.

Оптимизационная модель планирования функционирования и развития предприятия. Учитывая изложенное методологическое представление воспроизводственного процесса и ВФП, предлагаем упрощенный вариант [Титов, 2011] оптимизационной модели планирования функционирования и развития предприятия [Титов, 2007, 2008], производственной фирмы. Модель корпорации включает модели фирм и согласующие их деятельность ограничения, единую функцию цели. Модели фирм в модели корпорации объединяются, кроме этого, на основе блоков согласования общей деятельности (по реализации совместных нововведений и организационно-экономических мероприятий).

Пусть предприятие в году t выпускает продукцию $i \in I$ в количестве x_{it}, базовая цена продукции – u_i, индекс изменения цен на товарную продукцию фирмы (прогноз) относительно базового года – IT_t. Следовательно, расчеты могут проводиться в постоянных ценах базового года и в прогнозных ценах (текущих ценах для периода t). Отсюда в году t объем товарной продукции:

$$T_t = IT_t \sum_i u_i x_{it}, \; t = 1, 2, ..., t^*.$$

В базовом году объем товарной продукции зафиксирован как T_0. Отсюда индексы прироста объемов производства товарной продукции по годам относительно базового периода $t = 0$:

$$x_t = T_t / T_0 - 1,\ t=1, 2, ..., t^*.$$

Объемы товарной продукции и продаж не совпадают. Не вся товарная продукция, произведенная в периоде t, может быть отправлена покупателю:

$$x_{i0,ост} + \sum_{\tau=1}^{t} x_{i\tau} + x_{прод,i0}\ w_{згп} \geq \sum_{\tau=1}^{t} x_{прод,i\tau} + w_{згп}\ x_{прод,i\,t^*},\quad i \in I,\ t=1,2,..., t^*,$$

где $x_{прод,\,it}$ – объем продаж продукции i в году t; $w_{згп}$ – нормативная доля продукции относительно годового объема продаж, остающаяся в запасах и в процессе отгрузки; $x_{i0,\,ост}$ – сверхнормативные остатки товарной продукции в базовом году на начало периода $t = 1$.

Здесь уровень $w_{згп}$ фиксирован относительно объемов продаж последующего года, в котором эти переходящие запасы будут проданы.

Прямые затраты, связанные с выпуском товарной продукции в базовом году, зафиксированы в стоимостной форме на уровне c_{ik}. Эти данные корректируются с помощью индексов роста цен – IC_{ik}. Здесь k – виды прямых затрат: материалы, комплектующие, заработная плата (с начислениями), энергия на технологические цели и др. Тогда объем прямых затрат на выпуск товарной продукции в году t равен

$$C_{пр,t} = \sum_k IC_{kt} \sum_i c_{ik}\ x_{it},\ t=1, 2, ..., t^*.$$

При этом следует выделить для других расчетов прямые затраты материалов $C_{пр,\,м,\,t}$ и расходы заработной платы $C_{пр,\,зп,\,t}$.

Обозначим через C_n – постоянные накладные расходы без учета амортизационных отчислений, $C_{пер}$ – переменные накладные расходы в базовом году. Сюда входит и часть налогов, относимая на себестоимость. С ростом производства увеличиваются и накладные расходы, но с разными темпами:

$$C_{n,t} = IC_{n,t}\ (w_1\ C_n\ x_t + C_n) + A_t;$$

$$C_{пер,t} = IC_t\ (w_2\ C_{пер}\ x_t + C_{пер}),\qquad t=1, 2, ..., t^*,$$

где IC_t – индекс изменения постоянных накладных расходов в связи с инфляцией, ростом оплаты повременно работающих и др.;

IC_n – средний (относительно прямых затрат) индекс роста переменных накладных расходов относительно базового года;

w_1 – доля роста (усредненная по годам) постоянных накладных расходов при увеличении объемов производства (процент роста расходов при увеличении выпуска товарной продукции на один процент);

w_2 – доля роста (усредненная по годам) переменных накладных расходов при увеличении объемов производства;

A_t – амортизационные отчисления в году t.

Таким образом, при расчете $C_{n,\,t}$ и $C_{пер,\,t}$ использование линейных регрессионных уравнений позволяет выделить из накладных расходов переменную часть на основе данных работы фирмы в предыдущие периоды.

Использование производственных возможностей фирмы, ввод и выбытие мощностей за счет реализации проектов, нововведений, организационно-технических мероприятий (ОТМ) может быть учтено так:

$$\sum_i a_{lit}\ x_{it}\ - \sum_j b_{lit}\ h_{jt} \le B_{lt},\ l \in L_1,$$

$$\sum_i a_{lit}\ x_{it} - \sum_j b_{ljt}\ h_{jt} \le 0,\ l \in L_2,\ t = 1, 2, ..., t^*,$$

где a_{lit} – затраты времени (в станко-часах) на производство единицы продукции i на оборудовании группы l;

B_{lt} – эффективный фонд времени работы оборудования группы l в рассматриваемом периоде планирования;

b_{ljt} – величина изменения фонда времени работы оборудования группы l в году t при внедрении нововведения j;

L_1 – множество индексов существующих групп оборудования, наиболее важных, лимитирующих, определяющих производственные возможности (мощность) предприятия;

L_2 – множество индексов вновь создаваемых групп оборудования при изменениях технологии, повышении качества продукции, организации выпуска новой продукции и т.д. При этом до тех пор, пока мероприятие j не будет реализовано, выпуск продукции i не может быть осуществлен. Аналогичным образом можно учесть любую производственную ситуацию.

Следует отметить, что интерпретация условий использования мощностей представлена для групп взаимозаменяемого оборудования металлообработки (или аналогичных технологий). Однако условия могут быть самыми разнообразными. Так, для предприятий металлургии значения B_{lt} могут соответствовать общему весу литья, проката, который возможно получить или обработать на установке l; для добывающей промышленности – это предельный объем добычи, например, газа, нефти (на кусте скважин l), уменьшающийся с годами, если не вводить дополнительные мощности b_{ljt} за счет мероприятий j; для нефтепереработки – это возможности установки l; B_{lt} – это возможность, например, гальванического участка, выраженная в квадратных метрах (тыс. кв. м.) покрытия изделий металлом; для печей закалки − их возможность (за определенный период) по закалке деталей, выраженная в килограммах, тоннах металла и др. В соответствии со смыслом значений B_{lt} и технологией производства интерпретируются и параметры a_{lit}, b_{ljt} .

Ограничения на использование материальных ресурсов также могут быть введены, но не по всем видам, а только по тем из них, по которым имеются определенные трудности обеспечения ими производства:

$$\sum_i r_{git}\, x_{it} \le M_{gt}\ ,\ g = 1, 2;\ \ t=1,..., t^*.$$

Здесь M_{gt} – возможный объем использования материала вида g в планируемом периоде, а r_{git} – затраты ресурса g на выпуск единицы продукции i в году t.

Следует отметить, что параметры a_{lit}, r_{git} могут измениться в году t только в результате каких-то нововведений, организационно-технических мероприятий (ОТМ). В этом случае в модели и предусматривается замена технологических способов производства новыми (индексы новых групп оборудования заданы в L_2).

Фиксируются возможности рынка сбыта продукции:

$$d_{н,it} \le x_{прод,it} \le d_{it} + \sum_j d_j\, d_{it}\, h_{jt},\ i \in I,\ \ t=1,..., t^*,$$

где $d_{н,it}$ – выпуск продукции в плановом периоде, уже зафиксированный договорами или госзаказом, другими условиями – нижняя граница объема продаж продукции i;

d_{it} – прогнозируемый платежеспособный спрос на выпускаемую продукцию i в году t;

d_j – доля прироста спроса при реализации ОТМ j по продвижению товаров (реклама, организация сбыта и др.).

Обозначим через Q_0 восстановительную стоимость основных (производственных и непроизводственных) средств фирмы в базовом году. В среднем ежегодное физическое выбытие стоимости основных средств определяет долю w_3 от общей стоимости. Ввод основных средств осуществляется за счет реализации проектов, ОТМ. Тогда в году t восстановительная стоимость основных средств определяется так:

$$Q_t = IQ_t\ (Q_{t-1}\,(1 - w_3)) + \sum_j Q_{jt}\ h_{jt},\ \ t=1,..., t^*,$$

где IQ_t – индекс дефлятора по годам (оценка);

Q_{jt} – включение в бухгалтерский баланс предприятия стоимости основных средств в году t (проиндексированной относительно базового года) в результате реализации нововведений j.

Амортизационные отчисления, налог на имущество по годам t=1, ..., t* составляют следующие величины:

$$A_t = Q_t\, w_4,\ D_t = w_5\, w_6\, Q_{ост,\,t},$$

$$Q_{ост,t} = Q_t - Q_0 + Q_{ост} \prod_{\tau=1}^{t} IQ_\tau - \sum_{\tau=1}^{t} A_\tau \, (1 - w_{рем}),$$

где w_4 – средняя норма амортизации;

w_5 – норматив налогообложения имущества;

w_6 – коэффициент, корректирующий (из-за льгот) остаточную стоимость основных средств, имущества, подлежащих налогообложению;

$Q_{ост}$ – остаточная стоимость средств в базовом году;

$w_{рем}$ – доля амортизационных отчислений, идущих на текущий и капитальный ремонт основных средств.

Введение существующего разбиения основных средств по видам уточняет расчеты по модели. Здесь это не представлено.

Через C_t обозначим себестоимость товарной продукции:

$$C_t = C_{пр,t} + C_{n,t} + C_{пер,t} - C_{эфф,t}, \; t=1, 2,..., t^*.$$

Значение $C_{эфф,\ t}$ соответствует величине экономического эффекта (убытков) от реализации проектов, ОТМ, связанных с выпуском продукции и с экономией накладных расходов:

$$C_{эфф,t} = IC_t \, (\sum_j e_{n,jt} \, h_{jt} + C_{эфф,пер,t}), \; t=1, 2,..., t^*,$$

где $e_{n,jt}$ – эффект (убытки) по накладным расходам и другим затратам в периоде t при реализации нововведения j;

$C_{эфф,\ пер,\ t}$ – эффект (убытки), связанный с выпуском продукции, по которой изменились прямые (переменные) затраты (при реализации, например, технологических мероприятий).

Рост эффекта при увеличении мощностей выразится через дополнительный выпуск продукции. Часть эффекта будет учтена при реализации новых технологий, которые отражены в ограничениях по мощностям. С выпуском новой продукции связаны прямые затраты c_{ik} , в которых учтен эффект нововведений. Когда реализация нововведений не связана с изменением мощностей выпуска продукции, то эффект определяется так:

$$C_{эфф,пер,t} = \sum_{j,i} a_{jit} \, x_{it} \, h_{jt}, \;\; t=1, 2,..., t^*,$$

где a_{jit} – эффект от реализации нововведения j при продаже единицы продукции i. Эффект может зависеть от времени t, так как в первые годы освоения технологий он может быть ниже проектного.

Однако такие нелинейные расчеты не могут быть реализованы в линейной модели. Необходимо их заменить на линейные расчеты следующим образом. Обозначим через U_{jit} максимальный эффект от реализации нововведения, зафиксированный в исходной информации при условии, что выпуск продукции будет на уровне спроса, т.е. $U_{jit} = d_{it} \, a_{jit}$. Объем продаж продукции определяется в модели на уровне x_{it}. Если он меньше спроса, то эф-

фект от реализации нововведения уменьшается. Такое уменьшение обозначим через $c_{ум,\,jit}$. Отсюда необходимую систему ограничений можно записать так:

$$a_{jit}\ x_{прод,\,it} + c_{ум,\,jit} \geq U_{jit}\ h_{jt},\ i \in I, j \in J,\ t=1, 2,..., t^*,$$

$$C_{эфф,\,пер,\,t} = \sum_{j,i} (U_{jit}\ h_{jt} - c_{ум,\,jit}),\ t=1, 2,..., t^*.$$

Поскольку в модели речь идет о максимизации экономического эффекта, то при $h_{jt} = 0$ соответствующие параметры $c_{ум,\,jit}$ не примут значения, отличные от нуля.

Оценку прибыли (убытков) от проданной продукции в году t, t=1, 2,..., t^*, можно определить так:

$$П_{прод,\,t} - У_{прод,\,t} = T_{прод,\,t} - C_{t-1}\ w_{тов,\,згп} - C_t\ (1 - w_{тов,\,згп}) -$$

$$- D_t + П_{проч,\,t} - K_{кк,\,t}\ w_7 - K_{t-1}\ w_8,$$

где $K_{кк,\,t}$ – среднегодовой уровень краткосрочного кредита в году t;

K_t – уровень долгосрочного кредита в году t;

w_7 – годовая ставка процентов за использование краткосрочного кредита;

w_8 – годовая ставка процентов за использование долгосрочного кредита;

$П_{проч,\,t}$ – оценка (задается в исходной информации) прибыли (убытков) от прочих доходов и расходов, т.е. разности операционных и внереализационных доходов и расходов, но без налога на имущество и оплаты процентов за кредит;

$w_{тов,\,згп}$ – уровень переходящих запасов готовой товарной продукции, параметр $w_{тов,\,згп}$ больше $w_{згп}$ на долю среднегодового прироста объемов продаж;

$$T_{прод,\,t} = IT_t \sum_i u_i\ x_{прод,\,it}\ ,\ t=1,..., t^*;$$

$C_{t-1}\ w_{тов,\,згп} + C_t\ (1 - w_{тов,\,згп}) = C_{прод,\,t}$ – себестоимость проданной в году t товарной продукции, t=1,..., t^*.

Пусть параметр $w1_{реал,\,t}$ определяет долю продукции, отправленной в году t и за которую получена оплата. Тогда через $w2_{реал,\,t}$ обозначим долю продукции, отправленной в году t, оплата за которую поступит в году t+1. При этом сумма этих параметров может быть меньше единицы ($w3_{реал,\,t} = 1 - w1_{реал,\,t} - w2_{реал,\,t} \geq 0$), т.е. учитываются потери предприятия в сфере обращения (часть транзакционных издержек). С помощью данных коэффициентов можно задать и тенденцию изменения уровня дебиторской задолженности во времени (когда единица времени в модели меньше года). Существенное уточнение (и чувствительность) модели связано с заданием параметров $w1_{реал,\,it}$, т.е. с учетом характера продаж по каждому изделию $i \in I$.

Прибыль до налогообложения от реализации продукции в периоде t, услуг и прочих доходов и расходов равна

$$П_{реал,\,t} - У_{реал,\,t} = П_{прод,\,t}\, w1_{реал,\,t} + П_{прод,\,t-1}\, w2_{реал,\,t-1} - С_{прод,\,t-1}\, w3_{реал,\,t-1},$$

$$t=1, 2,..., t^*.$$

Если $П_{реал,\,t} \geq 0$, то $У_{реал,\,t} = 0$, в противном случае фиксируется величина убытков от реализации продукции $У_{реал,\,t}$.

Далее рассчитывается объем чистой прибыли $ЧП_t$ от реализации продукции, услуг и прочих доходов и расходов. Обозначим через w_9 коэффициент налога на прибыль, тогда:

$$ЧП_t = П_{реал,\,t}\,(1 - w_9).$$

В первую очередь предусматривается пополнение из чистой прибыли уровня оборотных активов (с учетом схемы воспроизводственного процесса):

$$ЧП_t - П_{оба,\,t} - ЧП_{ост,\,t} = 0,$$

$П_{оба,\,t}$ – величина чистой прибыли, направляемой в периоде t на пополнение оборотных средств, если это не будет осуществлено из других источников;

$ЧП_{ост,\,t}$ – остаток чистой прибыли, который подлежит дальнейшему распределению.

Пополнение оборотного капитала при росте объемов производства является первостепенной задачей, так как в противном случае нарушается производственный процесс.

Основное ограничение в модели связано с учетом использования финансовых ресурсов. В модели K_t соответствует объему долгосрочного кредита, получаемого в периоде t и который необходимо в году $t+1$ вернуть, уплатив проценты по ставке w_8. Если необходимо продолжить использование этого кредита на следующий год, то в модели подобная процедура повторится. Фактически же возврата кредита через год можно и не делать. Это только условный прием для упрощения моделирования. Количественная сторона этого процесса не изменится.

Тогда ограничения по использованию финансовых ресурсов фирмы можно представить так:

$$IC_t\,(\sum_j E_{jt}\, h_{jt}) \leq П_{инв,\,t} + A_t\,(1 - w_{рем}) + K_t - K_{t-1},\; K_t \leq K_{*,\,t},\; t=1, 2,..., t^*,$$

где E_{jt} – объемы инвестиций в ценах базового года по проекту j в году t;

$Q_{jt} = IC_t\, E_{jt}$ – возрастание стоимости основных средств, может быть учтено и за счет капитализации процентов при использовании долгосрочного кредита (либо эти проценты учитываются в прочих затратах);

$П_{инв,t} \leq w_{инв}\, ЧП_{ост,\,t}$;

$w_{инв}$ – доля чистой прибыли, направляемой на инвестиции (остальная чистая прибыль идет в резервы и на потребление);

$K_{*,\ t}$ – возможный уровень долгосрочного кредита в периоде t;

$K_{кк,\ t} - K_{кк,\ t-1} + П_{оба,\ t} = G_t,\ t=1, 2,..., t^*$;

G_t – прирост стоимости оборотных активов в году t, который финансируется из прибыли и краткосрочного кредита $K_{кк,\ t}$.

Значение параметра G_t определяется специальными расчетами или при формировании бухгалтерского баланса как неотъемлемой части модели оптимизации деятельности предприятия [Титов, 2008].

Упрощенно уровень оборотных активов определяется на основе нормативов, рассчитанных на базе фактических данных работы фирмы:

$$G_{оба,\ t} = w_{зап}\ C_t + w_{дз}\ T_t,$$

где $w_{зап}$ – уровень запасов (материалов, незавершенного производства и др.) относительно себестоимости товарного выпуска;

$w_{дз}$ – уровень дебиторской задолженности к объему продаж.

Уровень кредиторской задолженности $G_{кз,t} = w_{кз}\ C_t$ фиксируется как доля затрат на товарный выпуск. Отсюда значение G_t определится из следующего соотношения:

$$G_{оба,\ t} - G_{оба,\ t-1} - G_{кз,\ t} + G_{кз,\ t-1} - G_t \le 0,\ t=1, 2,..., t^*.$$

Полная модель функционирования и развития предприятия включает и формирование его бухгалтерского баланса. В упрощенном варианте достаточно в прогнозном балансе рассчитать основные его показатели. В бизнес-планировании также формируется упрощенный прогнозный баланс [Беренс, Хавранек, 1995].

Если представить значение $G_{оба,\ t}$ как функцию от затрат на производство и уровня дебиторской задолженности по каждому изделию [Титов, 2007, 2008], то это существенно повысит чувствительность модели.

Как видим, часть прироста оборотных средств финансируется за счет прироста кредиторской задолженности. Это очень выгодно для предприятия – задерживать оплату за поставки материалов (если санкции не оговорены в договоре). Здесь G_t соответствует приросту оборотного капитала, который может быть профинансирован из чистой прибыли и временно за счет краткосрочного кредита.

Упрощенно прогнозный баланс может быть составлен так. Пусть $A1_t$ – стоимость внеоборотных активов на конец периода t, она может быть определена в модели как $A1_t = Q_{ост,\ t}$. Величина оборотных активов $A2_t = G_{оба,\ t} + A2_{дс,t}$, где $A2_{дс,t}$ – свободные денежные средства (из чистой прибыли) в году t. Капитал и резервы (пассив, раздел 1) на начало периода t зафиксируем как $П1_{t-1}$, на конец периода t:

$$П1_t = П1_{t-1} + Q_{ост,\ t} - Q_{ост,\ t-1} + П_{оба,\ t} + П_{нп,\ t},$$

где $П_{нп,\ t}$ – неиспользуемая на предприятии чистая прибыль (как часть нераспределенной прибыли) в году t и определяющая значение $А2_{дс,\ t}$.

Долгосрочные обязательства $П2_t = К_t$, уровень краткосрочных обязательств $П3_t$ определяется автоматически из баланса $А1_t + А2_t = П1_t + П2_t + П3_t$. Наличие в модели основных параметров бухгалтерского баланса позволяет рассчитать в динамике такие показатели, как коэффициенты ликвидности, рентабельности активов и др. Подобные показатели могут быть выбраны и в качестве локальных критериев оптимизации.

Кроме этого, в модели следует уточнить баланс распределения прибыли:

$$П_{инв,\ t} + П_{нп,\ t} = w_{инв}\ ЧП_{ост,\ t} + А2_{дс,\ t-1} - А2_{дс,\ t}.$$

Введем обозначения: IN_t – индексы прогнозируемой инфляции (относительно предыдущего периода t–1) на все периоды планирования деятельности предприятия t=1, 2, …, t*, p – норма прибыли, b_t – ставка рефинансирования, r – «ставка» риска.

Так как в модели расчеты ведутся в ценах периода t, то норма дисконтирования должна быть равна банковской ставке рефинансирования b_t по периодам t с учетом риска r. Отсюда коэффициенты дисконтирования относительно базового периода t = 0 могут быть заданы следующим образом:

$$kd_t = 1/\ p_t,\ \text{где}\ \ p_t = \prod_{\tau=1}^{t} (1 + b_r + r), 1 + b_t = IN_t\ (1 + p),$$

$$p_t = \prod_{\tau=1}^{t} (1 + b_r + r), 1 + b_t = IN_t\ (1 + p),\ \ t=1,\ 2,\ldots,\ t^*.$$

В текущем планировании функция цели может быть задана как хозяйственный результат деятельности предприятия – остаток денежных средств [Коласс, 1997] (разность чистой прибыли и величины изменения потребности в оборотном капитале). При долгосрочном планировании, когда учитывается инвестиционный процесс, важно выйти на максимальный чистый денежный поток (чистая прибыль плюс амортизационные отчисления минус объем инвестиций), с учетом дисконтирования. Поэтому, как уже было показано, за критерий оптимизации в модели следует взять чистый дисконтированный доход, который находится на основе расчета чистых денежных потоков Ψ_t:

$$F = ЧДД = \sum_t \Psi_t\ kd_t,$$

$$\Psi_t = ЧП_{ост,t} + A_t - IC_t\ (\sum_j E_{jt}\ h_{jt})\ ,\ t=1,\ 2,\ldots,\ t^*.$$

ЧДД определяет стоимость предприятия (предприятие как инвестиция), стоимость акций на фондовом рынке. Как уже отмечалось, здесь количественная функция цели (максимум ЧДД) представляет основную цель деятельности предприятия (которую трудно представить в формализованном виде) – максимум стоимости предприятия на рынке.

Решение представленной задачи планирования деятельности предприятия на перспективу можно рассматривать как оптимизацию технико-экономического и финансового планирования, анализа финансово-экономического состояния предприятия в динамике. Все это полностью укладывается в рамки бизнес-планирования. Подобная задача имеет важное значение как для научных исследований по формированию методологии устойчивого развития предприятия, так и для практики управления им. Системность в технико-экономическом и финансовом управлении компанией позволяет обосновать перспективу ее развития, экономически оценить варианты такого развития.

Оптимизационная задача позволяет оценить эффективность не только инвестиционных проектов, нововведений, но и любых других организационно-технических мероприятий, направленных на изменения технико-экономических и финансовых показателей.

Поскольку в рассматриваемой модели оптимизации одновременно формируется и баланс предприятия, то, как уже отмечалось, за функцию цели могут быть взяты показатели, рассчитываемые на основе данных баланса, например величина чистого рабочего капитала в периоде t^*. Такая задача может быть поставлена в рамках антикризисного управления, анализа финансового состояния в целях экспериментальных расчетов.

В модели оптимизации экономика компании представляется взаимосвязанной системой. Достижение конкурентных преимуществ на рынке становится возможным на основе реализации стратегии маркетинга, нововведений, повышения эффективности производства и финансового управления. Рост объемов производства и продаж продукции, прибыли, стоимости акций предприятия – это уже следствие реализации его экономической стратегии.

Именно решение такой задачи позволит провести системный анализ прогнозного финансово-экономического состояния предприятия при планировании с разными функциями цели. Задача эта достаточно сложна, решение ее без использования ЭВМ не обеспечит получение результата. С использованием экономико-математических моделей (ЭММ) значительно расширяется сфера анализа, увеличивается множество рассматриваемых возможных состояний экономики предприятия, что предъявляет новые требования к технико-экономическому и финансовому анализу.

Другой важной задачей системного оптимизационного анализа является использование его для оценки эффективности инвестиционных проектов. Локальные расчеты по методике UNIDO [Беренс, Хавранек, 1995] не обеспечивают необходимого многовариантного анализа. Если же воспользоваться возможностями оптимизационного перспективного планирования, то такая оценка будет получена с точки зрения функционирования всей производственно-экономической системы и тех функций цели, которые используются при расчетах. На уровне промышленного предприятия можно

говорить о формировании бизнес-плана реализации инвестиционного проекта в совокупности с реализацией других проектов и прогнозными результатами функционирования предприятия. Обычно в бизнес-плане рассматривается организация реализации одного или нескольких инвестиционных проектов. При этом производство представляется либо полностью как самостоятельное (новое строительство), либо на действующих предприятиях (проекты реабилитации и расширения), но результаты функционирования предприятия в проекте не учитываются. В моделях оптимизации деятельности предприятия реализация инвестиционных проектов фиксируется как основной элемент их функционирования.

Таким образом, бизнес-планирование с помощью оптимизационной модели функционирования предприятия осуществляется имитацией его производственной, финансово-экономической, сбытовой деятельности, а также реализацией инвестиционных проектов, организационно-технических мероприятий (и других нововведений) в производственно-экономической системе, развитие и деятельность которой рассматривается в модели в целом. Расчеты с помощью модели предприятия позволяют дать системную оценку влияния как того или иного нововведения, так и варианта функции цели на функционирование предприятия. Подобный подход, а также использование задач оптимизации позволяют более обоснованно подойти к решению поставленной проблемы. Практическую реализацию подобного подхода осуществляет имеющийся в Институте вычислительной математики и математической геофизики СО РАН пакет программного обеспечения для решения задач линейного и целочисленного программирования [Забиняко, 1999].

9.3. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ СОГЛАСОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОРПОРАЦИИ И ДОСТИЖЕНИЯ БАЛАНСА ИНТЕРЕСОВ ЕЕ ФИРМ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Как было показано выше, внутрифирменное планирование представляется многоуровневой подсистемой управления корпорацией. Построить глобальную, единую, системную модель ее деятельности и управления не представляется возможным. В этом случае возникает проблема согласования экономических решений, относящихся к разным подсистемам управления (локальным подсистемам управления, входящим в разные уровни иерархической системы управления). В первую очередь, такое согласование должно осуществляться с точки зрения основной количественной цели деятельности корпорации, которая определена как максимизация чистого дисконтированного дохода за несколько лет функционирования компании. Показано также, что такой количественный критерий в наибольшей степени

соответствует глобальной цели деятельности корпорации – максимизации его стоимости на рынке. Указанная функция цели может использоваться на уровне перспективного планирования, но не при текущем, оперативном управлении. Следовательно, сразу возникает проблема – какими показателями (управляющими параметрами) воспользоваться на уровне текущего, оперативного планирования, чтобы не потерять суть стратегических решений? Либо наоборот – какие показатели использовать на уровне стратегического управления, чтобы можно было их учесть при текущем принятии решений? При этом необходимо, чтобы эти показатели были согласованы с основной целью деятельности корпорации.

Долгосрочное, стратегическое планирование ориентирует корпорацию на такое направление ее социально-экономического и технического развития, которое обеспечивает выполнение стратегической, основной цели ее деятельности на базе разработки нововведений. Речь идет, конечно, не только о планировании повышения качества продукции, но и о снижении затрат, реализации стратегий маркетинга и др.

Какие же другие показатели работы корпорации способствуют достижению основной ее цели? Практика использует большое количество показателей: рост объемов производства и продаж; увеличение прибыли и рентабельности; повышение доли фирмы на рынке; повышение производительности труда и др. Несомненно, что подобный список показателей следует расширить за счет финансовых показателей: ликвидности, финансовой устойчивости, деловой активности. Важны показатели роста объемов реализации продукции, т.е. выручки от продаж чистой продукции, так как результатом работы фирмы в стоимостной форме является выпуск именно чистой продукции. Основой наиболее важных показателей являются другие показатели, в том числе и нефинансово-экономические (степень удовлетворенности потребителей, потенциальные потери объемов продаж из-за неудовлетворенности потребителей, время разработки новой продукции, текучесть кадров, расходы на обучение и др.). Так и возникает дерево целей.

Системное согласование стратегических показателей деятельности промышленного предприятия, корпорации. В настоящее время в мировой практике начинает распространяться управленческая технология под названием Система Сбалансированных Показателей (ССП) [Kaplan, Norton, 1992; Каплан, Нортон, 2010], Balanced Scorecard (BSC). Она разработана на основе исследования, проведенного в 1990 г. профессорами Гарвардской школы экономики Дэвидом Нортоном и Робертом Капланом. Исследование проводилось с целью выявления новых направлений повышения эффективности деятельности фирм и достижения целей бизнеса. Авторы пришли к выводу, что система технико-экономических и финансовых показателей не дает должной информации для эффективного управления деятельностью фирмы,

корпорации. Кроме количественных показателей необходимо использовать показатели нефинансового характера.

Основной упор в ССП по-прежнему делается на оценку достижения фирмой финансовых результатов, которая дополняется нефинансовыми показателями деятельности непосредственных исполнителей. ССП оценивает работу фирмы на основе четырех направлений его деятельности:

1) финансы,
2) клиенты,
3) внутренние бизнес-процессы,
4) обучение и карьерный рост.

Говоря о системе показателей, авторы подразумевали новый качественный их состав (более «сбалансированный» [Каплан, Нортон, 2010]), а количественное их согласование должно осуществляться на основе действующих систем управления. Основной недостаток системы – отсутствие в ССП механизма, модели, увязывающей все эти показатели в систему. Признают эту ситуацию и авторы, в их теории нет критически важного компонента, а именно, средств оценки сбалансированности системы показателей.

Таким образом, проблема разработки согласованной системы управления корпорацией существует. Речь идет не только о согласовании решения функциональных задач, но и используемых при этом показателей. Выходом из такой сложной ситуации является использование экономико-математических моделей, в которых отражается функционирование и развитие корпорации. В модели осуществляется согласование наиболее важных задач и показателей с ориентацией на основной показатель оптимизации. Здесь, конечно, возникает проблема качества модели, ее простоты и адекватности реальным процессам.

Как же при моделировании функционирования фирмы, корпорации могут быть согласованы важнейшие показатели? Для этого представим разработку методологического подхода к организации технико-экономического и финансового планирования как на перспективу, так и на текущий период [Титов, 2006, 2007, 2008, 2011]. Подобный подход может быть реализован независимо от используемых методов расчетов (оптимизационных или иных).

Прежде всего рассмотрим методологические трудности организации перспективного стратегического планирования. В рыночных условиях существенно возросла важность именно стратегического планирования, активно используемого в зарубежных корпорациях. Однако при формировании таких сложных планов технико-экономического и финансового планирования (формирование как перспективных планов, так и годовых) проблема заключается в том, как рассчитать тот или иной показатель (или раздел плана) в их системной связности. В целом указанная проблема представляется сложной нелинейной задачей, решить которую практически невозможно.

Единственным выходом из этой ситуации является использование моделирования, в том числе и применение моделей оптимизации, когда на основе системы линейных уравнений одновременно согласуются все взаимоотношения между показателями. Однако проблема нелинейных зависимостей одних параметров от других остается. Для ее решения необходимы специальные методологические подходы к организации экономических расчетов, существенно не снижающих их точность и приближение к оптимуму. Рассмотрим два таких подхода.

В первом подходе используется оптимизационная модель перспективного планирования функционирования и развития корпорации. В модели оптимизируется ЧДД для всей корпорации (или одной фирмы) при заданных линейных ограничениях. При этом не ставятся критериальные ограничения, т.е. ограничения по показателям, которые мы хотим достичь к концу планируемого периода (или по годам этого периода). Использование модели позволяет автоматически согласовать все технико-экономические и финансовые показатели, для расчета которых в исходных данных была задана необходимая информация (многое зависит от степени агрегации модели). Часть показателей, рассчитываемых на основе линейных функций, присутствуют в решении задачи линейного программирования: ЧДД, объемы продаж и реализации, прибыли, валюты баланса и др. Нелинейные показатели необходимо рассчитывать вне модели. Например, рентабельность активов определяется как отношение прибыли до налогообложения к стоимости активов. Полученное оптимальное решение анализируется. На основе двойственных оценок [Канторович, 1959] можно определить, в какой степени то или иное ограничение влияет на оптимизацию деятельности фирмы, корпорации. Разрабатываются дополнительные нововведения, ищутся дополнительные источники финансирования и т.д. Все это фиксируется в исходных данных для модели, и получается новое улучшенное решение.

Если величина какого-то показателя нас не устраивает, то по нему можно зафиксировать критериальное ограничение. Например, объем реализации должен быть больше, тогда по этому показателю задается обязательный его уровень. Оптимизационное решение ухудшается (если при этом не учитываются дополнительные ресурсы, нововведения), но наше условие выполняется, либо получаем недопустимое множество решений. В этом случае ищем, какие ограничения стали основой недопустимости. Разрабатываются дополнительные мероприятия, и итерационный процесс продолжается.

По нелинейным показателям также могут быть заданы критериальные ограничения. Например, при решении задачи на максимум ЧДД экономическая рентабельность активов R составит 0,13 (13%). Ставится условие, что такой показатель должен быть не менее 15% , т.е. $R \geq 0{,}15$. При этом нелинейное ограничение $P/A \geq 0{,}15$ заменяется на линейное: $P - 0{,}15A \geq 0$. Если оно не выполняется, то на основе разработки нововведений ставится зада-

ча увеличить прибыль *P* (до налогообложения), уменьшить стоимость активов *A*. Задача может решаться неоднократно. При этом если не удается разработать эффективные мероприятия, то следует рассматриваемый управляющий параметр уменьшить на какую-то величину и вновь повторить процесс расчетов.

Как видим, эффективность данного итерационного процесса во многом зависит не только от искусства лица (такой процесс трудно автоматизировать), организующего его, но и от возможности разработки все новых и новых нововведений. Это задача многих служб фирм, корпорации. Однако в конечном счете мы можем получить допустимое решение, в котором все рассматриваемые в задаче показатели будут системно согласованы.

Второй подход существенно отличается от первого, но в нем реализуется уже наметившаяся схема решения из первого подхода. Укрупненно иерархическую структуру формирования долгосрочного перспективного плана можно представить следующим образом. Основу стратегического планирования составляют стратегии, нововведения, направленные на развитие корпорации в тех областях производства (работ, услуг), которые обеспечивают ему достижение конкурентных преимуществ. Таким образом, при перспективном планировании речь идет о разработке плана повышения эффективности производства (ППЭП). Причем перед ППЭП должна быть поставлена экономическая задача, которая количественно фиксировала бы те целевые параметры, которые намечено достигнуть. С позиции основного критерия, максимизации чистого дисконтированного дохода, будет даваться оценка целесообразности достижения той или иной подцели, поскольку априори экономическая целесообразность выполнения таких подцелей не очевидна.

Например, ставится подцель достигнуть к концу планируемого периода определенного объема продаж (или занять определенную долю рынка). Предположим, что службы маркетинга обосновали возможность достижения такого объема продаж. Однако имеются ли соответствующие возможности у фирм корпорации? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо рассчитать возможности фирм при существующей технологической, организационной и социально-экономической базе на начало планируемого периода. Отсюда появляется информация о том, что для достижения соответствующего уровня продаж необходимо ввести мощности на такую-то величину, увеличить численность работающих (или уменьшить трудоемкость работ, иначе не будет достигнут стратегический план по росту производительности труда) и др. Именно такие конкретные контрольные, управляющие параметры (экономические и неэкономические) должны быть поставлены перед ППЭП.

Таким образом, при формировании перспективного стратегического плана корпорации просматриваются пять иерархических ступеней планирования.

➢ На первом этапе ставятся стратегические цели развития корпорации.

➢ На втором – осуществляется предварительная стадия расчетов перспективного плана, ориентированного на достижение поставленных целей, исходя только из имеющихся возможностей корпорации. На данном этапе появляется конкретная информация – что нужно сделать в корпорации для достижения поставленных целей (дополнительный ввод мощностей и др.).

➢ На третьем этапе формируется множество нововведений (службами предприятия) для реализации стратегий и устранения выявленных (на втором этапе) рассогласований возможностей корпорации с намерениями.

➢ На четвертом этапе в ППЭП формируется план стратегических нововведений, т.е. тех мероприятий, которые подлежат реализации. Если с помощью разработанных нововведений не удается устранить рассогласование плана, то следует вернуться на третий этап для поиска новых мероприятий и на первый (может быть не на первой итерации расчетов) – для корректировки стратегических целей. Возврат на первый уровень принятия решений происходит тогда, когда не удается обеспечить достижение какой-то стратегической цели из-за отсутствия должных нововведений.

➢ На пятом этапе формируется перспективный план функционирования и развития корпорации с учетом реализации ППЭП. Этому плану ставится в соответствие определенный перечень прогнозных технико-экономических и финансовых, неэкономических показателей по годам планируемого периода.

Как видим, организация итеративных расчетов позволяет решить сложную нелинейную задачу технико-экономического и финансового планирования как на перспективный период, так и на текущий. При этом проводится согласование всех наиболее важных показателей.

Главной трудностью построения методики перспективного планирования является не только отсутствие четкой методологии ее построения, но и системного представления взаимосвязей всех основных показателей. Решение первой проблемы уже показано: основой расчетов и их согласующим звеном перспективного стратегического плана деятельности и развития фирмы корпорации становится раздел повышения эффективности производства. Так как в ППЭП решается вопрос о включении в план реализации некоторого перечня нововведений, организационно-технических мероприятий, который следует отобрать из множества разработанных ОТМ, то в данном случае можно говорить о задаче формирования целевой программы. Она поставлена перед ППЭП на основе заданий целей развития фирмы, корпорации в целом и предварительных расчетов перспективного плана. План повышения эффективности производства в перспективном планировании становится не только основным и согласующим, но и оптимизационным.

Решение второй проблемы – системного представления взаимосвязей основных показателей – покажем в виде укрупненной последовательности расчетов для фирмы корпорации.

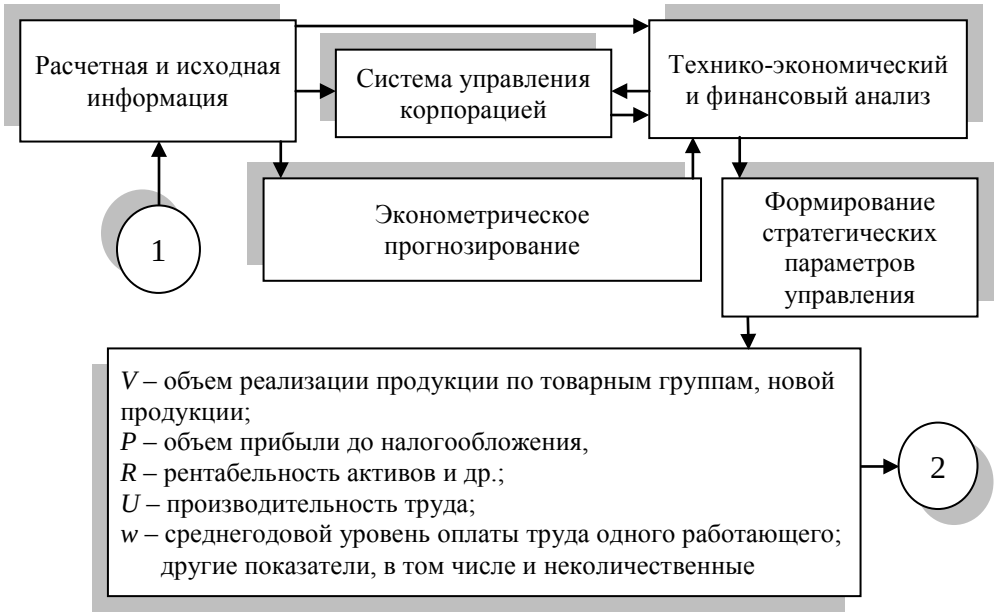


Рис. 9.8. Формирование стратегических целей и показателей развития предприятия

♦ *На первом этапе планирования* из дерева целей перспективного стратегического планирования возьмем только часть основных показателей (рис. 9.8). Мы не будем рассматривать более расширенное множество показателей, так как здесь речь идет только о представлении методологического подхода к согласованию системы показателей. Итак, на перспективный период формируется предварительный прогнозный план деятельности фирмы исходя из ее возможностей (на нормативной базе предпланового года) и оценки спроса на продукцию. При этом за основу расчетов берется один из важнейших стратегических показателей – объем реализации. Без балансовых, оптимизационных расчетов трудно обеспечить согласование даже для двух показателей в такой сложной системе, как промышленная фирма, корпорация. Следовательно, предварительно задача ставится так – обеспечить к концу планируемого периода выход на объем реализации V (доля рынка пересчитывается в объем реализации, или наоборот), в том числе по товарным группам j – V_j .

Для этого используется информация предпланового года, данные анализа внутренней и внешней среды, данные предыдущих расчетов с помощью модели. Используются результаты экономико-статистического моделирования для предварительной оценки стоимости основных средств на конец прогнозируемого периода относительно планируемого уровня объемов реализации V товарной продукции. Прогнозные расчеты могут проводиться также

для оценки спроса на продукцию, определения доли переменных накладных расходов относительно объемов выпуска товарной продукции и др. Свои управляющие параметры доводит до предприятия система управления корпорацией, если оно входит в нее. Вся информация поступает для технико-экономического и финансового анализа, на основании которого и формируются целевые стратегические показатели развития предприятия на прогнозируемый период. На рис. 9.8 показана часть из них.

♦ *На втором этапе планирования* осуществляется предварительная стадия расчетов перспективного плана, ориентированного на достижение поставленных целей на конец прогнозируемого периода, исходя только из имеющихся возможностей предприятия. На данном этапе появляется конкретная информация: что нужно сделать на предприятии для достижения поставленных целей (дополнительный ввод мощностей и др.).

Сначала ведутся предварительные расчеты мощностей. Расчет мощностей – это традиционная задача для промышленных фирм [Климов, 1979]. Он позволяет дать оценку возможностей фирмы или корпорации в целом по выпуску той или иной продукции. В предварительных расчетах мощностей фиксируется уровень возможностей по выпуску продукции, но без тех нововведений, которые произойдут по плану повышения эффективности производства. В первую очередь дается оценка мощностей предприятия на последний год планируемого периода с учетом только тех нововведений, которые начали реализовываться до начала планирования. Определяется мощность предприятия (одного из стратегических показателей предприятия) M^i – по выпуску продукции $i \in I$ в последнем году прогнозирования.

Наличие информации о спросе на продукцию, мощностях и других данных позволяет сформировать на период t^* планы производства и продаж продукции. Контрольным, стратегическим показателем здесь является объем реализации V, т.е. выручки от продажи товарной продукции и услуг. Относительно базового года стратегия развития предполагает увеличение такого показателя на $\alpha^v * 100\%$: $V / V_0 - 1 = \alpha^v$. Ежегодный средний прирост – $\alpha * 100\%$, $V_t = V_{t-1}(1+\alpha)$: α находится из соотношения $(1+\alpha)^{t^*} = 1+\alpha^v$. Отсюда в году t объем продаж $S_t = V_t + (S_t - S_{t-1})\delta$, т.е. учитывается, что часть δ стоимости проданной продукции оседает в дебиторской задолженности. Объем выпуска товарной продукции G_t относительно реализации должен быть еще выше: $G_t = S_t + (G_t - G_{t-1})\,\gamma$, γ – нормативная доля товарной продукции, которая находится в запасах. Аналогичным образом формируются контрольные параметры для товарных групп j: V_{jt}, S_{jt}, G_{jt}. Для дальнейших расчетов используются указанные значения только для периода t^*, последнего года в планируемом периоде, при этом сам индекс времени в обозначениях опустим.

На последний год планируемого периода формируется производственная программа x_i, $i \in I$, I – множество индексов выпускаемой продукции, включая и новую продукцию, которую только намечают выпускать на основе

уже существующих разработок, нововведений. Для товарной группы продукции j объем продаж планируется на уровне $S_j = \sum_{Ij} u_i\, x_i$, u_i – цены базового года, I_j – множество индексов i в товарной группе j. Оценка объема продаж по спросу в этой же товарной группе $D_j = \sum_{Ij}\sum u_i\, d_i$, здесь d_i – прогнозный спрос на продукцию $i \in I$ в последнем году планирования.

Таким образом, объемы продаж x_i планируются исходя из следующей информации: $x_i = f\,(x^o{}_i, d_i, S_j, D_j, M^{\,i}, \pi_i)$, $x^o{}_i$ – достигнутый уровень продаж продукции i в базовом году, π_i – показатель эффективности выпуска продукции, рентабельность и т.п. Необходимое условие – достижение заданного уровня продаж по стоимости в товарной группе продукции j – S_j. Здесь может быть поставлена и задача оптимизации – достижение заданного объема продаж при минимизации капитальных вложений на увеличение мощностей предприятия. Однако для $i \in I_{oj}$, I_{oj} – множество индексов продукции в товарной группе j, освоенной в производстве к началу планируемого периода, значение $D_{oj} < D_j$.

Объем продаж D_{oj} не учитывает новую продукцию, которую предприятие может освоить и увеличить объем продаж. В этом случае возникает рассогласование планового уровня продаж относительно S_j и объема спроса по продукции, которая уже освоена и продается, – D_{oj}. Это рассогласование зафиксируем как $\Delta S_j = S_j - D_{oj}$. Могут быть учтены и другие рассогласования. Например, в базовом году возможности экспорта продукции в товарной группе j определены в размере величины E_{oj}, а контрольное задание – E_j. Отсюда $\Delta E_j = E_j - E_{oj}$.

Предварительно определенные объемы продаж продукции позволяют рассчитать и несбалансированность мощностей предприятия ΔM_l по лимитирующим производство группам оборудования l. Этот параметр говорит о том, что на группе оборудования l необходимо осуществить прирост мощности на величину ΔM_l. В противном случае нельзя будет достигнуть заданного объема продаж и реализации.

Таким образом, параметры рассогласования стратегического плана и текущих возможностей предприятия (ΔM_l, ΔS_j, ΔE_j) поступают в план повышения эффективности производства.

Наличие плана производства и продаж позволяет рассчитать оценку затрат материальных ресурсов на выпуск продукции. Подобная оценка необходима для расчета себестоимости продукции. Однако с этой точки зрения целевые установки могут быть заданы долей снижения материальных затрат по годам. Затраты определяются на основе нормативной базы предпланового периода. Следовательно, в ППЭП передается информация о величине материальных затрат ΔH_r по видам r, которые должны быть сокращены за счет нововведений.

Детализированный план производства и продаж продукции позволяет рассчитать трудоемкость его выполнения, затраты заработной платы. Если задана цель достижения определенного уровня производительности труда U, то численность работающих $Q=G/U$, годовой уровень оплаты труда $W=w\ Q$. Если предварительные расчеты показывают, что заданная величина U не может быть достигнута, то определяется количество работающих ΔQ, на которое следует сократить расчетную численность. Значению ΔQ ставится в соответствие величина (в нормочасах) $\Delta_1 T$, на которую следует уменьшить трудоемкость выполнения всех работ. Если расчетный расход заработной платы с начислениями больше W на величину ΔW, то ей также ставится в соответствие необходимое снижение трудоемкости выполнения работ $\Delta_2 T$ исходя из средней стоимости нормочаса с начислениями – z. Перед ППЭП ставится задача на основе нововведений обеспечить прирост производительности труда за счет снижения трудоемкости выполнения работ на величину $\Delta T = min\ (\Delta_1 T,\ \Delta_2 T)$.

Важными параметрами, отражающими эффективность деятельности фирмы, являются показатели прибыли, рентабельности: реализации, активов, собственного капитала и др. Такие показатели могут быть заданы в виде целевых установок. Следовательно, необходимо обеспечить их выполнение. Так как контрольные показатели по объемам реализации и прибыли заданы, то себестоимость реализованной продукции должна быть на уровне $C=V–P$. Пусть сальдо прочих доходов и расходов равно нулю. Если на основе предварительных расчетов себестоимость реализованной продукции равна C^* и больше C, то необходимо снизить издержки на величину $\Delta_c C$:

$$\Delta_c C=C^*–C– z\times\Delta T –\sum \Delta H_r.;\ \Delta^c C=\Delta_c C, \text{ если } \Delta_c C<0.$$

Отсюда величина $\Delta_c C$ определяет величину затрат, которую необходимо снизить за счет нововведений (значение $\Delta_c C$ может быть и отрицательным, что говорит уже о превышении контрольного параметра расчетного значения себестоимости продукции). Если это условие будет выполнено, то и показатели объема прибыли до налогообложения и рентабельности реализации не станут меньше заданных величин.

Для предварительных расчетов рентабельности активов, собственного капитала, рентабельности основных средств необходимо дать стоимостную оценку указанных параметров, определяемых на основе показателей прогнозного бухгалтерского баланса фирмы. Их предварительные значения рассчитываются относительно базового года и с учетом планируемого роста объемов выпуска товарной продукции. Тогда, если $R_{акт} =P'/A<R_A$, R_A – заданный уровень рентабельности активов, A – предварительно рассчитанная стоимость активов, $P'=P+\Delta^c C$, то $\Delta_A C=A\times R_A –P'$. Здесь $\Delta_A C$ – дополнительное снижение затрат за счет реализации нововведений. Можно

учесть одновременно и возможное снижение уровня активов (запасов, дебиторской задолженности и др.) – ΔA. Тогда $\Delta_A C = (A - \Delta A)R_A - P'$. Аналогичным образом можно рассчитать дополнительное снижения затрат для выполнения других показателей рентабельности. Из них выбирается наибольшее. Пусть это будет $\Delta_A C$.

Рис. 9.9. Трансформация стратегических показателей на различные уровни управления в другой системе измерения

Рост объемов продаж требует прироста оборотного капитала, стоимости основных средств. Следовательно, необходимо предварительно рассчитать потребность в финансовых ресурсах, сравнить ее с той величиной, которую можно получить за счет амортизационных отчислений и чистой прибыли. Если чистой прибыли недостаточно, то вновь следует определить задание для ППЭП на снижение затрат. Обозначим такое снижение через $\Delta_ф C$. В итоге общее дополнительное снижение затрат

$$\Delta C = \Delta_c C + max(\Delta_A C, \Delta_ф C).$$

Как видим, в ППЭП поступают данные о рассогласовании целевых стратегических управляющих параметров и предварительно определенных этих же показателей. При этом происходит трансформация показателей (рис. 9.9). Так, на входе заданы одни стратегические показатели, а в ППЭП поступит информация о более конкретных показателях для любого уровня управления.

Предварительные расчеты позволяют определить следующие показатели рассогласования прогнозного плана развития предприятия: ΔS_j, ΔE_j, ΔM_l, ΔH_r, ΔT, $\Delta_c C$, $\Delta_R C$, $\Delta_ф C$, ΔC (см. рис. 9.9). Все эти параметры необходимо задать не только для последнего планируемого года, но и для остальных лет. Для этого рассчитываются параметры $\beta^t = ((1+\alpha)^t - 1)/\alpha^v$, t=1, 2, …, t*, исходя из предположения равномерного нарастания объемов продаж. Тогда, например, $\Delta_t M_l = \Delta M_l \beta^t$.

На основе предварительных расчетов стратегические показатели трансформированы в систему других показателей (рис. 9.9), $\Delta_t S_j$, $\Delta_t E_j$, $\Delta_t M_l$, $\Delta_t H_r$, $\Delta_t T$, $\Delta_t C$.

♦ *На третьем этапе* процесса организации перспективного планирования службы предприятия разрабатывают нововведения (ОТМ, инвестиционные проекты) на основе указанных показателей, направленные на устранение рассогласования в стратегическом плане развития предприятия.

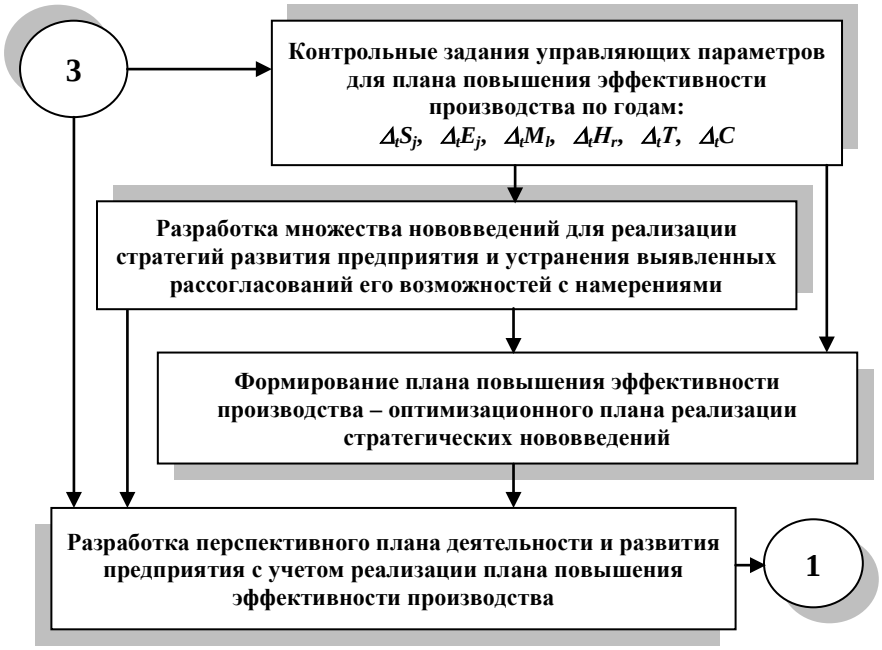


Рис. 9.10. Формирование плана повышения эффективности производства

♦ *На четвертом этапе* перспективного планирования (рис. 9.10) осуществляется формирование плана повышения эффективности производства – оптимизационного и согласующего плана реализации стратегических нововведений. Так как предварительно проведенные расчеты устраняют проблему нелинейности, то это позволяет либо поставить задачу оптимизации деятельности и развития предприятия (фирмы, корпорации) как линейную задачу с частью целочисленных переменных (критерий – максимум ЧДД), либо в модели, представленной в п. 9.2, появляются дополнительные ограничения:

$$\sum_{\omega} b_{\omega nt}\, Z_{\omega t} \geq b_{nt}\ ,\ n=1, 2,..., N–1, t=1, 2,..., t^*;$$

$$Z_{\omega t} = 0 \text{ или } 1,\ \omega \in \Omega_1;\ Z_{\omega t} \geq 0,\ \omega \in \Omega_2;$$

$$\sum_{\omega} b_{\omega tN}\, Z_{\omega t} \leq K_t,\ t = 1, 2, \ldots, t^*;$$

где $b_{\omega nt}$ – эффект вида n (ввод мощностей на соответствующем участке производства, экономия материалов, снижение затрат и др.) в году t и в последующие периоды за счет нововведения ω;

b_{nt} – величина необходимого эффекта вида n в году t за счет всех нововведений (ввод мощностей $\Delta_t M_l$, экономия материалов $\Delta_t H_r$ и др.);

$b_{\omega tN}$ – величина инвестиционных затрат в году t, необходимых для реализации нововведения ω;

$\omega \in \Omega_1$ – множество нововведений, по которым есть информация как о подготовленных для реализации инвестиционных проектах w;

$\omega \in \Omega_2$ – множество типов мероприятий, которые направлены на снижение материальных и трудовых затрат, рост спроса на продукцию и др.;

$Z_{\omega t}$ – удельные затраты на единицу эффекта в году t, $\omega \in \Omega_2$, на значения $Z_{\omega t}$ задаются ограничения по финансированию типов ОТМ в определенной структуре, отражающей важность и достигнутые на предприятии фактические соотношения затрат.

♦ Результатом составления ППЭП является следующая информация: $\Delta_{t,\ отм} S_j$, $\Delta_{t,\ отм} E_j$, $\Delta_{t,\ отм} M_l$, $\Delta_{t,\ отм} H_r$, $\Delta_{t,\ отм} T$, $\Delta_{t,\ отм} C$. Эти данные отражают результаты ППЭП, которые могут быть получены от реализации множества нововведений. Например, $\Delta_{t,\ отм} C$ – это снижение затрат по годам, которое может быть обеспечено за счет внедрения организационно-технических мероприятий. Следовательно, *завершающим этапом* планирования становится разработка перспективного плана деятельности и развития предприятия с учетом реализации плана повышения эффективности производства [Титов, 2007, 2008, 2011].

Таким образом, процесс перспективного планирования связан с разработкой ППЭП. Необходимо составить такой план мероприятий, который устранял бы выявленные на основе предварительных расчетов рассогласо-

вания между целевыми заданиями и возможностями фирмы. По каждому мероприятию имеется информация о конечных результатах (ввод мощностей, экономия ресурсов и др.) и общем экономическом эффекте. Проекты с длительным сроком реализации имеют оценку по чистому дисконтированному доходу. Возникает достаточно сложная оптимизационная задача. Необходимо устранить рассогласования и обеспечить максимальный эффект от реализации нововведений при ограничениях на инвестиции.

Такая задача решается на основе либо приближенного алгоритма: выбирается наиболее важное рассогласование, а затем ищется мероприятие с наибольшим экономическим эффектом и частично или полностью устраняющим данное рассогласование плана и т.д., либо с помощью оптимизационной модели. При этом оптимизационная модель может быть построена только для составления ППЭП или для формирования в целом прогнозного перспективного плана функционирования и развития фирмы, корпорации с одновременной разработкой и ППЭП. Так как в результате предварительных расчетов осуществлена трансформация показателей, определение которых не носит нелинейный характер, то поставленная проблема укладывается в рамки решения задачи линейного программирования (с частично целочисленными переменными).

Если все рассогласования не удается устранить, то происходит возврат к этапу подготовки новых мероприятий или уменьшению жесткости целевых установок. При получении допустимого решения формируется перспективный план с учетом принятых к реализации нововведений и с расчетом всех основных технико-экономических и финансовых показателей по годам планирования. В отличие от предварительных расчетов, здесь уже не допускается нарушение планируемых возможностей предприятия (по мощностям, финансовым ограничениям и др.). Можно осуществить итерационный процесс уточнения плана. При новом расчете перспективного плана на стадии его предварительной разработки стоит воспользоваться данными предыдущего варианта расчетов. Так, при том же объеме реализации в предварительных расчетах можно учесть прогнозные данные о стоимости активов, основных средств, потребности в инвестициях и др. Это позволит уточнить расчетные значения как рассогласования перспективного плана, так и конечные его показатели.

Если не удается осуществить разработку мероприятий, обеспечивающих устранение того или иного рассогласования плана, то необходимо корректировать целевые показатели в сторону уменьшения. Определить величину корректировки трудно без расчета варианта перспективного плана, не обеспеченного внутренними возможностями. Только после изменения управляющих параметров (целей) делается новая итерация формирования перспективного плана.

В рамках среднесрочного и годового планирования используется уже представленная схема расчетов, но с учетом передачи необходимой информации по иерархии управления.

Стратегическое управление как задача достижения баланса экономических интересов фирм компании. В основе создания многих корпораций, финансово-промышленных групп (ФПГ) в России, как правило, лежит экономический интерес фирм, который связан с получением системного эффекта от объединения фирм. Однако не способствует объединению предприятий неразработанность экономического механизма взаимодействия между фирмами группы. Например, экономические выгоды в большей степени достаются ведущей фирме группы, выпускающей конечную продукцию. Частично эту проблему решает перекрестное владение акциями предприятий группы (что широко практикуется за рубежом), организация экономического взаимодействия между ними на основе трансфертных цен.

Формирование системы экономических взаимовыгодных отношений между предприятиями, входящими в корпорацию, становится важнейшей проблемой, которая должна быть разрешена. В том числе следует решить и задачу распределения системного эффекта, получаемого в корпорации в результате совместной производственной деятельности предприятий, что позволяет достигнуть баланса интересов фирм, стимулировать внутрифирменное предпринимательство.

Системный эффект (синергия) возникает по разным причинам: общая система маркетинга, лучшее использование производственных факторов, эффект масштаба производства, объединение инвестиционных ресурсов, эффект системного управления, синергия конгломерата (более широкое распределение риска) [Ансофф, 1999; Кэмпбелл, Саммерс, 2004]. Все фирмы корпорации хотят участвовать в распределении системного эффекта пропорционально их вкладу в получение конечного результата. Возникает многокритериальная задача достижения экономического равновесия интересов предприятий, входящих в корпорацию [Титов, 2008, 2011]. Решение подобной задачи как многокритериальной вполне осуществимо. В этом случае ищется такое решение, т.е. функционирование фирм группы, при котором степени приближения к оптимальным показателям работы каждого предприятия были бы одинаковыми. Однако при этом часть системного эффекта пропадает. Следовательно, необходимо так построить внутренний экономический механизм взаимоотношений фирм группы, чтобы такую потерю системного эффекта избежать.

Решение поставленной задачи предлагается осуществить с помощью модели оптимизации [Титов, 2007, 2008], аналогичной рассмотренной в п. 9.2, в которой прогнозируется деятельность корпорации на ближайший плановый год (или несколько лет). Оптимизация кооперации, специализации, реализации совместных инвестиционных проектов значительно увеличивает системный эффект. Функция цели F, максимум ЧДД, в модели корпорации, ФПГ образуется из функций цели F_f фирм f, входящих в группу. Необходимо учесть, что каждое предприятие хочет, чтобы его функция цели принимала максимальное значение. Как это реализовать? Максимальное значение общей функции цели для ФПГ обозначено через F. Ее количест-

венное значение, а также значение величин F_f получаем на основе расчетов по модели оптимизации функционирования и развития корпорации в целом:

$$F = \sum_f F_t \to \max, \text{ при всех возможных ограничениях: } AX \le B.$$

Можно дать оценку и максимальным значениям функций цели $F_{f,\ max}$ всех фирм f, входящих в ФПГ, решая серию локальных задач на максимум ЧДД с помощью указанной модели (и на той же информационной базе):

$$F_{f,\ max} \to max,\ f = 1, 2,..., f^* \text{ при тех же ограничениях: } AX \le B.$$

Если сложить все локальные решения $F_{f,\ max}$, то получим значение F_{max}, меньшее, чем F, на величину системного эффекта $F–F_{max} =\Delta F$. Таким образом, решения локальных задач приводят к потере системного эффекта.

Не исправляет положение и решение многокритериальной задачи, когда одновременно оптимизируются (оптимизация по Парето) все функции F_f :

$$\sigma \to min,$$

при условиях:

$$F_{f,\ max} – F_{*,\ f} \le \sigma F_{f,\ max}\ ,\ f = 1, 2,..., f^*,$$
$$AX \le B.$$

В этом случае $F_{*,\ f} \le F_{f,\ max}$, системный эффект уменьшается еще больше, фирмы теряют часть прибыли. Таким образом, многокритериальная оптимизация приводит к потере части системного эффекта. Однако и при максимизации F в целом для отдельных фирм $F_f < F_{f,\ max}$, что нарушает баланс экономических интересов фирм группы, не способствует успешной реализации целей корпорации.

В такой ситуации может быть использован следующий методологический подход. Для корпорации решается задача оптимального ее развития, тем самым оценивается системный эффект. Однако ЧДД не может быть распределен между фирмами корпорации. Поэтому фиксируется оценка прибыли P (до налогообложения) в целом по корпорации и по фирмам – P_f на ближайший планируемый год. При решении локальных задач на максимум ЧДД по каждой из фирм находятся новые значения $P_{f,\ max}$. Через P_{max} обозначим общую прибыль по корпорации на ближайший планируемый год на основе локальных значений $P_{f,\ max}$. Решать многокритериальную задачу не имеет смысла, так как значения $F_{*,f}$ пропорциональны $F_{f,\ max}$. Поэтому за системный эффект по прибыли будем считать величину $\Delta P=P–P_{max}$. Значение ΔP используется для перераспределения прибыли между фирмами.

Сначала отдельным фирмам, для которых $P_{f,\ max} - P_f > 0$, компенсируется потеря прибыли в указанном размере. Затем оставшаяся часть системного эффекта по прибыли перераспределяется между всеми фирмами пропорционально значениям $P_{f,\ max}$. Данные расчеты носят плано-

вый характер. Само перераспределение прибыли (например на основе договоров о совместной деятельности) осуществляется только по фактическим итогам года и по рассмотренной методике. В этом случае системный эффект для корпорации не теряется, а баланс экономических интересов ее фирм не нарушается. (Пример решения такой задачи представлен в кн. [Титов, 2011].)

Децентрализация в управлении усложняет принятие решений, но способствует повышению эффективности производства за счет вовлечения в данный процесс и ответственности коллективов фирм (руководителей, менеджеров), входящих в корпорацию. Представленный механизм распределения системного эффекта между фирмами, например ФПГ, усиливает не только мотивацию коллективов фирм к повышению эффективности их деятельности, но и создает предпосылки к созданию действенного механизма координации их работы. Расчет системного эффекта и распределение его по фирмам на основе баланса их экономических интересов является только частью такого механизма взаимодействия. Необходимо подключить к этому процессу предпринимательские интересы фирм и реализовать конкретный организационно-экономический механизм взаимодействия компании со своими предпринимательскими фирмами.

Об организации внутрикорпоративных рынков. Согласование интересов фирм корпорации. Стратегическое предпринимательство. Признаками современной компании являются: придание иерархическим пирамидам управления более плоской формы за счет развития горизонтальных связей, создание внутри корпорации организационных рынков, позволяющих использовать предпринимательский потенциал [Управление…, 2001]. Здесь очень важно дать оценку хозяйственной деятельности дивизиональных структур компании, дочерних фирм, входящих в корпорацию. Особенно эта проблема актуальна при вертикальной интеграции, когда продукция одного предприятия является полуфабрикатом для другого.

Процесс децентрализации крупных зарубежных компаний сопровождался активным внедрением внутрифирменного ценообразования [Гончаров, 2002]. Трансфертные цены для структурных подразделений компании представляют собой условно-расчетные цены. Для юридически самостоятельных дочерних (и других) фирм, входящих в корпорацию, это уже реальные цены на полуфабрикаты, выполняющие те же функции, что и рыночные цены. Наиболее важными являются функции учета в ценах издержек производства и доли прибыли (как стимулирующая функция). Внутрифирменные цены основываются на рыночных ценах (если есть внутрифирменный товар в рыночном обороте), на ценах конечной продукции, на договорной основе, на издержках производства. С помощью механизма внутрифирменного ценообразования по всей технологической цепочке производства осуществляется оценка хозяйственной деятельно-

сти отделений компании, ее юридически самостоятельных фирм, а также происходит согласование их экономических интересов с интересами корпорации в целом.

Во всех существующих методах внутрифирменного ценообразования (а зарубежные компании практически не публикуют в печати свои подходы к расчетам [Гончаров, 2002]) нижним пределом цены являются затраты. Применение затратного подхода при установлении внутрифирменных цен оборачивается для корпорации неэффективными управленческими решениями. Прибыль считается самой действенной мерой как оценки результативности работы структурных единиц компании и ее дочерних фирм, так и экономического стимулирования увеличения эффективности их деятельности. Но как учесть все эти моменты в методике ценообразования? Так, в работе [Гончаров, 2002] есть целый раздел, посвященный внутрифирменному ценообразованию в американских компаниях. Речь идет об учете либо затрат на производство комплектующих, либо цен на рынке. А как быть с ценами на продукцию, которой нет в рыночном обороте?

Рассмотрим именно эту наиболее сложную ситуацию в российских компаниях. Формирование системы экономически взаимовыгодных отношений между фирмами, входящими в корпорацию, становится важнейшей проблемой, которая должна быть решена. Аналогичные задачи возникают и на уровне предприятий. Представим один из подходов решения данной проблемы.

Пусть фирма f_1 выпускает готовое изделие и продает его в соответствии с рыночной конъюнктурой по цене C без учета НДС. Причем его полная себестоимость S складывается из затрат не только данного предприятия, но и фирмы f_2, поставляющей комплектующие. Эти узлы, детали поступают на головное предприятие по цене C_2, которая определяется так: $(1+d)S_2$, d – согласованная доля прибыли к себестоимости производства комплектующих – S_2. Это действующий методический подход как в зарубежных компаниях, так и в российских. Параметр d определяет рентабельность продукции для фирмы f_2. Если рентабельность изделия в целом значительно больше d, то в этом случае головное предприятие фактически присваивает часть чистой продукции фирмы f_2. Баланс интересов фирм группы нарушается, нет экономического стимула уменьшать затраты на производство комплектующих. Возникает проблема организации ценообразования, способствующая поддержанию баланса интересов фирм корпорации, ФПГ.

Обозначим прибыль до налогообложения по рассматриваемому изделию как $P=C–S$. Следовательно, в рамках корпорации, ФПГ фирмы должны «поделить» прибыль между собой так, чтобы не возникало между ними противоречий. Как правило, прибыль распределяется пропорционально затратам на выполнение этапов работ, услуг. Но они включают материальные затраты, и чем выше их доля в себестоимости, тем больше прибыли будет отнесено на счет того или иного предприятия.

К конечным результатам деятельности фирм и корпораций в целом относится чистая продукция. Однако в цену поставок комплектующих может входить не вся чистая продукция. Поэтому наиболее обоснованно было бы распределение прибыли по этапам работ пропорционально вновь созданной стоимости. Пусть H соответствует величине чистой продукции (прибыль плюс заработная плата) по рассматриваемому изделию. Она складывается из двух составляющих: $H=H_1+H_2$. При этом $H_2=P_2+Z_2(1+h_2)$, где Z_2 – расход прямой заработной платы (с начислениями) в фирме f_2 при производстве комплектующих для рассматриваемого изделия, h_2 – коэффициент отнесения накладных расходов по оплате труда (т.е. кроме основной заработной платы с начислениями) на указанную продукцию.

Тогда величину P_2 определим как долю от общей прибыли по изделию, т.е. пропорционально величине чистой продукции по комплектующим относительно ее общей величины: $P_2=P\text{x}H_2/H$. Вместо значения H_2 в расчет P_2 включим его развернутое выражение. Отсюда

$$P_2=Z_2(1+h_2)\text{x}P/(H-P),$$

где $(H-P)$ – затраты заработной платы, относимые в целом на изделие.

Следовательно, распределение прибыли по этапам работ пропорционально вновь созданной стоимости, равносильно распределению прибыли, пропорционально затратам заработной платы. Этот вывод существенно упрощает практические расчеты внутрикорпоративных цен. Еще более упрощается процесс расчетов, если по фирмам корпорации, ФПГ параметры h_f отличаются незначительно. Тогда распределение прибыли осуществляется пропорционально затратам основной (прямой) заработной платы. Нормативы затрат прямой заработной платы на единицу продукции всегда имеются в фирмах и отражаются в ее себестоимости.

В условиях расширения производства, когда часть прибыли необходимо использовать для капитальных вложений, важно учесть степень фондовооруженности различных фирм корпорации. Отсюда в более общем случае необходимо вести расчет по формированию внутрикорпоративных цен с учетом себестоимости продукции, общего объема прибыли (которую и необходимо распределить обоснованным образом между фирмами корпорации, ФПГ), затрат заработной платы, величины амортизационных отчислений. Расчет цен с учетом амортизационных отчислений не усложняется из-за того, что в издержках производства они фиксируются как накладные расходы, учитываемые в себестоимости продукции пропорционально затратам основной заработной платы. Отсюда в общем виде прибыль будет распределена по этапам работ пропорционально валовой внутренней продукции, создаваемой на данных этапах.

Методическая модель расчета внутренних цен для корпорации, ФПГ может быть представлена так. Пусть фирмы f_1 и f_2 выпускают изделие, оценка операционной прибыли по которому равна P. Расходы заработной платы (и отчисления амортизации, если она будет учитываться в расчетах)

по изделию составляют величину $W=W_1+W_2$. Составляющие W определяются указанным образом, $W_2 = Z_2\ (1+q_2)$. Здесь q_2 – доля накладных расходов по оплате труда на продукцию и амортизационных отчислений. Следует отметить, что во всех фирмах корпорации, ФПГ при этом должны использоваться единые плановые нормативы оплаты труда. Тогда расчетная, внутрикорпоративная цена узла (для рассматриваемого изделия) фирмы f_2 будет определяться так: $C_2 = S_2 + P \times W_2 / W$. Если технологические цепочки производства продукции затрагивают более чем две фирмы, то расчет цен идет нарастающим итогом.

Таким образом, суть рассмотренного подхода к определению внутрикорпоративных цен заключается в том, что они устанавливаются на основе формирования некоторого базового варианта прогнозного годового плана деятельности корпорации, ФПГ, в котором не учитываются предстоящие нововведения, организационно-технические мероприятия, инвестиционные проекты. Рассчитывается операционная прибыль по изделиям, которая затем распределяется по этапам их производства (фирмам ФПГ) и включается во внутрифирменные цены пропорционально затратам нормативной заработной платы (или с учетом амортизационных отчислений). Эти цены фиксируются до изменения внешних условий производства. Повышение эффективности производства в фирмах (снижение затрат, рост продаж) позволяет им на основе нововведений получить экономический эффект именно от их деятельности и оставить его у себя. Данный механизм позволяет говорить об экономическом стимулировании внутрифирменного предпринимательства, мотивации труда относительно его результатов, достижении баланса экономических интересов фирм корпорации, способствует ее устойчивому развитию. (Пример расчета внутрифирменных цен в ФПГ представлен в работе [Титов, 2011].)

9.4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ С ПОМОЩЬЮ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЕГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ

Особенности оценки инвестиционных проектов на действующих предприятиях. Основой инновационной деятельности предприятия является коммерциализация новых видов продукции, методов ее производства, моделей бизнеса. Без этого невозможно достижение долгосрочного конкурентного преимущества предприятием на рынке. Однако без реализации инвестиционной стратегии нет и разработки, выпуска новой продукции. Инновационный процесс является началом жизненного цикла продукции, инвестиционный – обеспечивает реализацию инновационного процесса и техническую подготовку производства (реализацию многих других нововве-

дений). Таким образом, хотя инновационный процесс определяет инвестиционную стратегию, но эффективность инноваций может быль количественно оценена только на стадии инвестирования.

Интересные методологические подходы к уточнению оценки экономической эффективности инновационно-инвестиционных проектов связаны с использованием оптимизационных моделей функционирования предприятия. За основу была взята модель, представленная в работах [Титов, 2007, 2008, 2011].

Коротко представим характер ограничений модели. Модель построена на основе учета кругооборота воспроизводственного процесса – продажа продукции обеспечивает получение чистой прибыли, из которой финансируется прирост оборотного капитала, а далее остатки чистой прибыли направляются на инновационный процесс и инвестиции − производство и продажа продукции осуществляются с еще большей интенсивностью и т.д. Функция цели – максимум NPV (чистого дисконтированного дохода). Учитывался прогнозный инфляционный процесс по годам планирования. Объем производства, продаж, реализации продукции рассчитывался в модели с учетом обоснованного предприятием спроса и технико-экономических, финансовых ограничений. Для определения прибыли рассчитывались переменные затраты, уровень постоянных и переменных накладных расходов задавался только для базового года по факту, а с первого года планирования объем накладных расходов прогнозировался на основе специальных расчетов. В модели на каждый год формировался прогнозный баланс по основным его разделам. Специальным образом формировались ограничения, связанные с финансированием и запуском в производство новой продукции. Итоговые расчеты определяли формирование денежного потока по годам деятельности предприятия, что позволяло рассчитывать ЧДД.

Для обоснования расчетов в модели уровня накладных расходов были проведены специальные исследования для одного из предприятий сельскохозяйственного машиностроения. На основе фактических данных была построена линейная регрессионная модель, отражающая уровень накладных расходов относительно объемов продаж продукции:

$$Z=C+b*R=1{,}5+0{,}212*R\ ,$$

где Z – объем смешанных накладных затрат; C – постоянные расходы; b – удельные переменные накладные расходы на рубль проданной продукции; R – объем продаж. С помощью такой функции можно прогнозировать смешанные накладные расходы на планируемые периоды. Так, если в базовом году $t = 0$ накладные расходы зафиксированы как Z_0, то для последующих периодов они определялись следующим образом:

$$Z_t=(1+I_t)Z_0+0{,}212(R_t-R_0),$$

где I_t – индекс прогнозной инфляции относительно базового года;

R_0 – уровень продаж в базовом году.

Представленная тенденция изменения накладных расходов отражает и относительную экономию (либо убытки). Так, при росте продаж с учетом инфляции на 1% прогнозный прирост накладных расходов должен составить 0,212%. В среднем же доля накладных расходов в товарной продукции была на уровне 23,9%. Экономия на накладных расходах составляет 11,3%, т.е. эффект от увеличения объемов продаж не очень велик. Это говорит о том, что в накладных расходах достаточно значительна доля переменных накладных расходов (затраты, связанные с работой оборудования и др.). Рост заработной платы также может опережать темпы роста объемов продаж.

Анализ использования оптимизационной модели функционирования предприятия для оценки экономической эффективности инновационно-инвестиционного проекта рассмотрим на примере прогнозного моделирования деятельности на пятилетний период одного из предприятий, внедряющего новую продукцию. Анализ расчетов по оценке эффективности инновационно-инвестиционного проекта по запуску в производство одного из модернизированных изделий представим на основе нескольких вариантов. Данной продукции соответствовали следующие проектные технико-экономические и финансовые показатели в базовом году на единицу продукции: прибыль – минус 488 руб.; прямые затраты – 6548 руб., в том числе основная заработная плата 1320 руб.; маржа – 7202 руб.; рентабельность продукции – минус 3,4%; объем инвестиций на доработку и техническую подготовку производства по годам в тыс. руб.: 100, 47, 0, 0, 0; спрос на продукцию по годам в шт.: 0, 57, 70, 90, 100.

При существующей методике разнесения накладных расходов пропорционально затратам прямой заработной платы (5,826 руб. на рубль основной заработной платы) себестоимость этой продукции составляет 14238 руб., что превышает ее оптовую цену (13750 руб.). Если провести анализ эффективности запуска в производство данной продукции по существующим методикам, то ЧДД будет отрицательным. Поэтому на данном примере представим реальную картину финансовых потоков.

Фактически происходит следующее. Накладные расходы растут при увеличении объемов производства и продаж. Так, для рассматриваемого предприятия при увеличении объемов проданной продукции на тысячу руб. условно-переменные расходы в среднем растут на 212 руб. Именно эти расходы и следует учесть *при расчетах эффективности* инвестиций для разработки и выпуска новой продукции.

На практике этот эффект вычисляют через расчет себестоимости новой продукции. Однако если пересчитать себестоимость всей продукции с учетом эффекта от расширения объемов производства, то экономия на накладных расходах будет учтена в себестоимости и другой продукции. В себестоимости новой продукции в этом случае часть эффекта не будет учтена. Использование таких значений себестоимости новой продукции при

оценке чистых денежных потоков (прибыли) будет методической ошибкой (нарушается принцип – сравнение «с проектом» и «без проекта», учет всех наиболее существенных последствий проекта, которые относятся только к нему), так как часть эффекта уже не будет учтена при расчетах эффективности проекта.

Таблица 9.1

Локальный расчет эффективности проекта запуска в производство усовершенствованного изделия

№	Показатели, тыс. руб. с учетом инфляции	Годы				
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
	К первому варианту расчетов					
1	Объем продаж с учетом инфляции		878	1202	1707	2062
2	Прямые затраты		418	572	813	982
3	Основная заработная плата		84	115	164	198
4	Накладные расходы, рассчитанные по нормативу к основной заработной плате и с учетом экономии на постоянных расходах		489–55=434	670–75=595	956–108=848	1153–130=1023
5	Прибыль (объем продаж за вычетом прямых и накладных затрат)		26	35	46	57
	Ко второму варианту расчетов					
6	Себестоимость продаж нового изделия		1110	1513	2071	2212
	К третьему варианту расчетов					
7	Прирост накладных расходов		194	267	374	448
8	Прибыль от увеличения продаж		266	363	521	631
9	Прибыль от реализации продукции		238	352.9	504,4	616,8
10	Чистая прибыль от реализации продукции		180,9	268,2	383,3	468,8
11	Инвестиции	–100	–53	–	–	–
12	Прирост оборотного капитала		–67,7	–24,9	–39,5	–12,7
13	Амортизация вновь введенных основных средств		8	12	12	12
14	Чистый денежный поток по годам	–100	68,2	255,3	355,8	468,1
15	Коэффициенты дисконтирования	1	0,833	0,746	0,677	0,621
16	ЧДД по годам	–100	56,8	190,4	240,9	290,7
17	ЧДД нарастающим итогом	–100	–43,2	147,2	388,1	678,8

Системная оценка экономической эффективности инновационного проекта. Необходимые данные и многовариантные расчеты эффективности запуска в производство новой продукции с учетом инфляции представлены в табл. 9.1.

Рассмотрим первый вариант расчетов. Он представлен в строках 1–5 табл. 9.1. Накладные расходы рассчитаны по нормативу к основной заработной плате и с учетом экономии (11,3%) на постоянных расходах. При этом предполагается, что норматив (5,826 руб.) накладных расходов на рубль основной заработной платы остается по годам одним и тем же. Как показано в строке 5, прибыль от продаж будет незначительной. Если учесть, что необходимо из чистой прибыли профинансировать более 150 тыс. руб. инвестиций и 150 тыс. руб. прироста оборотного капитала, то ясно, что ЧДД проекта при таких данных будет отрицательным.

Конечным вариантом расчетов станет оценка ЧДД на основе оптимизационного моделирования. Такой системный и обстоятельный расчет станет основой планирования. Чтобы сравнить такой расчет с локальными решениями, необходимо использование одинаковых исходных данных. Так, в первом варианте был принят за основу расчетов единый норматив накладных расходов на рубль основной заработной платы по базовому году. Однако с изменением объемов продаж и структуры выпуска продукции данный показатель по годам будет разным. Например, для второго года такой норматив равен 8,241 тыс. руб., для пятого года – 6,211 тыс. руб. Все показатели больше, чем 5,826 тыс. руб. Следовательно, учитывая новые параметры, можно сказать, что для данного проекта расчетный ЧДД станет еще меньшим. В 6-й строке табл. 9.1 дана расчетная себестоимость продаж продукции. Во всех годах себестоимость больше величины продаж.

Далее остановимся на третьем варианте расчетов ЧДД инновационно-инвестиционного проекта.

При выпуске новой продукции на действующем предприятии, как мы уже показали, возрастают в основном только переменные накладные расходы. Так, при увеличении объемов продаж на 878 тыс. руб. возрастут прямые затраты на 418 тыс. руб., а накладные расходы (21,2% от объема продаж) прирастут на 186 тыс. руб. плюс 8 тыс. руб. амортизационных отчислений от стоимости вновь введенных основных средств (строка 7 табл. 9.1). Чистый денежный поток от продаж данного изделия составит 266 тыс. руб. для t=2 (строка 8 табл. 9.1). Если рассчитать себестоимость данного объема продаж, то она составит 84*8,241+418=1110 тыс. руб., убыток – 232 тыс. руб. Это значит, что при расчете себестоимости 506 тыс. руб. накладных расходов отнесены на производство нового изделия, а себестоимость продаж по остальной продукции уменьшена на те же 506 тыс. руб. Следовательно, положительный чистый денежный поток в размере 266 тыс. руб. не пропал. Он распределен при расчетах себестоимости продукции. Чистые денежные потоки от продаж в других годах показаны в 8-й строке табл. 9.1.

Учитывая, что дебиторская задолженность составляет 10,5% от объема продаж, то чистый денежный поток от реализации продукции будет другим. Он показан в строке 9 табл. 9.1. В 10-й строке показана чистая прибыль, в 11-й – объем инвестиций с учетом инфляции.

Прирост оборотного капитала (строка 12) определяется следующим образом. В исходной информации задается доля дебиторской задолженности относительно объема проданной продукции – 0,105. Этот параметр используется и при моделировании. В этом случае прибыль по проданной продукции не совпадает с прибылью от реализации. Это обстоятельство учтено и в расчетах. Доля запасов задается относительно себестоимости проданной продукции – 0,16 (для 5-го года такой норматив определен в 15%). Уровень кредиторской задолженности задан также относительно себестоимости проданной продукции – 0,2. В данном случае расчеты проводятся относительно прироста себестоимости. Прирост уровня оборотных активов в первую очередь финансируется за счет прироста величины кредиторской задолженности. Все эти параметры определяются по балансу базового года. Указанные данные позволяют приближенно рассчитать объем прироста оборотного капитала как в рассматриваемом примере оценки эффективности инвестиционного проекта, так и при моделировании деятельности предприятия на пятилетний период. Так, при объеме продаж в 878 тыс. руб. прирост уровня оборотного капитала составит 67,7 тыс. руб. (878×0,105+612×0,16–612×0,2). Здесь 612=(418+194) тыс. руб. соответствуют приросту себестоимости проданной продукции рассматриваемого проекта для t=2. В строке 12 представлен прирост оборотного капитала и для остальных лет. В 13-й строке табл. 9.1 даны амортизационные отчисления вновь введенных основных средств.

Таким образом, определены все составляющие чистого денежного потока по годам (строка 14). Коэффициенты дисконтирования заданы с учетом прогнозной инфляции (строка 15). Из данных табл. 9.1 видно, что если накладные расходы рассчитывались бы по существующей методике, то ЧДД для такого проекта был бы отрицательным. Фактически же срок окупаемости такого проекта при указанных данных составляет менее 2,5 лет, а ЧДД проекта к концу пятого года достиг бы 678,8 тыс. руб.

Данный инвестиционный проект участвует и при моделировании деятельности рассматриваемого предприятия на пятилетний период. При этом рассмотренный методический подход отражения в расчетах эффективности инвестиционных проектов, внедряемых на действующих промышленных предприятиях, только прироста прямых затрат и накладных расходов, связанных с увеличением объемов продаж и реализации продукции по данным проектам, успешно может быть использован и при моделировании. В модели к тому же учитывается не только эффект от расширения производства, но и от технологических взаимодействий проектов, использования прибыли от проектов в другом производстве и др., т.е. учитывается системный, синергетический эффект.

С помощью модели функционирования предприятия определить ЧДД проекта достаточно просто. Решение задачи на максимум ЧДД дает его общую оценку в 13554 тыс. руб. В целом для предприятия оценка мала. Она говорит о достаточно низкой эффективности производства. Так, из 11 инвестиционных проектов в план вошло 7. Если исключить возможность внесения в план рассматриваемого проекта, то общая величина ЧДД составит 12860,6 тыс. руб. Следовательно, системная оценка экономической эффективности инвестиционного проекта (а ЧДД отражает такую эффективность через внутреннюю норму доходности) равна 693,4 тыс. руб. Она немного больше рассчитанной в третьем варианте. Это говорит о том, что финансовый (по другим возможным эффектам нет данных) системный эффект на предприятии не значителен. Остатки чистой прибыли (в оптимальном плане) не используются при реализации части проектов из-за их убыточности.

При решении задачи (без проекта) линейного программирования ограничение, в котором фиксируется условие реализации одного варианта проекта, получило двойственную оценку в 694,5 тыс. руб. Такая двойственная оценка проекта показывает возможность увеличения ЧДД с 12860,6 тыс. руб. на величину двойственной оценки. Расхождение такой оценки с указанной ранее незначительно. Решение включает и информацию о двойственных оценках ограничений по спросу на рассматриваемое изделие по годам его выпуска: 2,89; 0,79; 2,72; 2,26. Характер изменения оценок как раз и говорит о наличии системного эффекта. Наибольшая оценка – для первого года выпуска продукции. Получаемая прибыль в начале воспроизводственного процесса создает мультипликаторный эффект – она идет на развитие производства, финансирование прироста оборотного капитала, создает эффект, который передается в последующие годы. Во втором году выпуска продукции прибыль от ее продаж не находит должного применения, что и отражено в двойственной оценке.

Итак, с помощью моделирования получена системная оценка экономической эффективности инвестиционного проекта. Она на 2,15% больше, чем та оценка, которая получена на основе балансовых расчетов. Это не много. Однако даже в трудных условиях предприятия сельскохозяйственного машиностроения, когда рентабельность продаж не превосходит 5%, системный эффект имеет место.

Можно ли увеличить оценку проекта? Необходимо в полной мере учесть релевантный денежный поток, который касается в той или иной форме реализации инвестиционного проекта. Как показало оптимизационное решение, не вся чистая прибыль используется – нет эффективного ее приложения, не все проекты принимаются к реализации. Возможно увеличение объемов продаж и реализации, но при этом уменьшается ЧДД (идет опережающий рост оборотного капитала, проекты, не вошедшие в оптимальный план, не достаточно эффективны). В этом случае можно получать проценты по

депозитным вкладам. В расчетах принята ставка по депозитам в размере 8%. В этом случае ЧДД предприятия возрастает до 14319 тыс. руб., без рассматриваемого проекта ЧДД – 13597 тыс. руб. Как видим, ЧДД проекта увеличивается до 722 тыс. руб. При этом двойственные оценки продукции, выпускаемой по данному проекту, по годам ее реализации уже более четко показывают наличие системного эффекта (в том числе и за счет депозитных вкладов): 3,093; 3,065; 2,717; 0,869.

Таким образом, одна из сложнейших задач экономического управления предприятием, связанная с оценкой эффективности реализации на предприятии инновационно-инвестиционного проекта, может быть решена с помощью моделирования. Оценка эффективности проекта осуществляется как бы на основе погружения его в производственно-экономическую систему. Проект влияет на деятельность предприятия. На предприятии, в свою очередь, формируются свои ограничения по реализации проекта. В итоге с точки зрения функционирования всего предприятия мы получаем оценку влияния проекта на все основные показатели работы предприятия.

9.5. ОПТИМИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Реализация системы оперативного управления производством (ОУП) на промышленном предприятии, в корпорации представляется как система локальных взаимосвязанных подсистем ОУП. Здесь дано краткое описание алгоритмического механизма системы ОУП для обобщенного предприятия серийного машиностроения. Фактическое отличие систем связано с технологическими различиями конкретных предприятий и другими условиями. Суть же алгоритмической схемы не изменяется.

Далее представим более детально концептуальную многоуровневую систему ОУП, основанную на использовании моделей оптимизации и имитации.

Решение задач объемно-календарного планирования. Решение задач объемно-календарного планирования (ОБКП) связано с распределением объемов производства и технико-экономических и финансовых показателей по календарно-плановым периодам.

Обозначим через $j \in J=\{1, 2, ..., j, ..., j^*\}$ группы оборудования предприятия, которые определяют его производственные возможности как в целом, так и отдельных участков производства. Следовательно, участки производства представлены в множестве J хотя бы одним индексом j. Возможность, мощность группы оборудования j в период времени q обозначим через M_{jq}. Для предметно-замкнутого участка M_{jq} – максимально возможный выпуск какой-либо продукции (ее деталей, узлов). Если на оборудовании группы j проводится обработка не одного изделия, а нескольких моди-

фикаций, то должны быть заданы параметры m_{ji} – затраты мощности оборудования группы j на выпуск единицы продукции i. Аналогичные параметры задаются и для технологических участков. В таких случаях M_{jq} – фонд времени работы оборудования группы j в периоде q, а m_{ji} – затраты времени в станко-часах на оборудовании группы j при обработке изделия i. Интерпретация параметров M_{jq}, m_{ji} может быть разной и отражать технологические особенности производства (см. п. 9.2).

Задача объемно-календарного планирования имеет место в системе ОУП по разным причинам. Одна из таких причин связана с возможными превышениями спроса над мощностями в отдельные периоды, т.е. с учетом сезонности спроса. В этом случае используется стратегия создания запасов готовой продукции (в периоды, когда мощности недогружены) до времени превышения сезонного спроса на продукцию возможностей предприятия. При этом предполагается, что годовой баланс спроса и возможностей предприятия обеспечен. В этом случае следует предусмотреть выпуск части продукции с опережением. Постановку такой задачи в общем виде можно записать следующим образом:

минимизировать $\sum_i a_{idq}\, x_{idq}$ при условиях:

$$\sum_{q,i} m_{ji}\, x_{jdq} \le M_{jd},\ j \in J,\ d \in Q,$$

$$\sum_{d=1}^{q} x_{idq} \ge \sum_{d=1}^{q} D_{iq}\ ,\ i \in I,\ q \in Q,$$

$$x_{idq} \ge 0,\ i \in I,\ d,\ q \in Q.$$

Здесь x_{idq} – количество планируемых к выпуску готовых изделий i в период d для отгрузки ее потребителю в периоде q, a_{idq} – финансовые расходы, связанные с созданием запаса единицы готовой продукции i в периоде $d < q$, т.е. раньше срока ее поставки потребителю, $a_{idq} = 0$, если $d = q$. Финансовые расходы связаны с временным возрастанием оборотных активов.

Если потребитель задал сроки поставки некоторым временным диапазоном, например месяцем, то несколько коэффициентов a_{idq} будут равны нулю. Если в задаче предположить возможность поставки продукции с нарушением сроков, т.е. с опозданием, то в этом случае необходимо в параметрах a_{idq} указать экономические потери невыполнения сроков поставок. Неравномерный выпуск продукции увеличивает не только незавершенное производство, запасы материальных ресурсов и готовой продукции. С этим связаны также и дополнительные потери в производстве – сверхурочные работы, простои и др. Поэтому с экономической точки зрения подобная задача может ставиться как комплексная задача объемно-календарного и технико-экономического и финансового планирования.

Постановка рассмотренной задачи упрощена тем, что длительность производственного цикла того или иного изделия не превышает время, которое поставлено в соответствие индексу q (например декаду или месяц). В противном случае следует задавать потребление нескладируемых ресурсов по периодам производственного цикла кусочно-постоянными функциями [Плещинский, 2004]. Это усложняет постановку задачи, подготовку информации, но и повышает качество принятия решений. Подобная задача будет рассмотрена в дальнейшем.

Возникает также трудность решения рассмотренной задачи в целых числах (по искомым переменным x_{idq} для наиболее трудоемкой в производстве и дорогой части продукции, например по тракторам, комбайнам, экскаваторам и т.п.). Кроме того, в рассмотренной задаче можно учесть создание страхового незавершенного производства под быстрый выпуск готовой продукции из сборочных единиц и узлов крупных изделий. В этом случае также необходимо воспользоваться целочисленными переменными. Однако использование программного обеспечения [Забиняко, 1999], разработанного в Институте вычислительной математики и МГ СО РАН, позволяет решить указанную проблему.

Другая постановка задачи объемно-календарного планирования может иметь следующую интерпретацию. Пусть горизонт планирования равен кварталу. Спрос на продукцию на основе договоров задан не совсем жестко. Одни потребители установили месяц поставок, часть оптовых поставок – в пределах квартала. Для производства же желательно реализовать стратегию равномерного производства продукции и использования ресурсов. Именно такая стратегия обеспечивает минимум затрат.

Обозначим суммарный прогнозный спрос на квартал по продукции через b_i, $i \in I$. В задаче следует определить месячные (можно зафиксировать и меньшую длительность планового периода) производственные программы $x_{i\mu}$, $\mu=1, 2, 3$. Самое простое решение: $x_{i\mu} = b_i/3$, $\mu=1, 2, 3$, или $x_{i\mu} = b_i\lambda_\mu$, где λ_μ – доли квартала, $\mu=1, 2, 3$, пропорциональные количеству рабочих дней по месяцам квартала (сумма параметров λ_μ равна 1). Однако менеджмент стремится укрупнить партии запуска изделий в производство. Это уменьшает затраты на переналадку оборудования, приводит к росту производительности труда. Желательно в серийном производстве обойтись без частых запусков малых партий продукции. При этом проблема равномерности использования мощностей и ресурсов, выполнения сроков поставок продукции не снимается. Исходя из сказанного модель оптимизации объемно-календарного планирования может быть записана так.

Минимизировать параметр σ при следующих ограничениях:

$$\sum_{\mu=1}^{3} x_{i\mu} = b_i, \ i \in I,$$

$$\sum_i m_{ji}\ x_{i\mu} - \sigma\ A_{j\mu} \le 0,\ j \in J,\ \mu = 1,\ 2,\ 3,$$

$$\sum_i c_{ri}\ x_{i\mu} - \sigma\ B_{r\mu} \le 0,\ r \in R,\ \mu = 1,\ 2,\ 3,$$

$$\sigma \ge 1,\ x_{i\mu} \ge b_i,\ x_{i\mu} \ge 0.$$

Здесь m_{ji} – затраты мощности группы оборудования j на выпуск единицы продукции i,

$$A_{j\mu} = \sum_i m_{ji}\ b_i\ \lambda_\mu,\ j \in J,\ \mu = 1,\ 2,\ 3,$$

$A_{j\mu}$ – желаемый уровень использования мощностей по месяцам квартала;

$B_{r\mu}$ – желаемый уровень прямых издержек вида $r \in R$ по месяцам квартала;

$$B_{r\mu} = \sum_i c_{ri}\ b_i\ \lambda_\mu, r \in R,\ \mu = 1,\ 2,\ 3,$$

c_{ri} – прямые затраты основной заработной платы (r=1) и материальных ресурсов вида $r \in R,\ r \ne 1$ на единицу продукции i;

$b_{i\mu}$ – объем обязательных поставок продукции в месяце μ;

σ–1 – относительное максимальное отклонение фактических затрат мощности, основной заработной платы, ресурсов от «идеального» плана.

Расчетное значение σ, на 3–5% отличающееся от 1, вполне приемлемо для практики, в которой неритмичность производства и затрат может достигать 30–40%, что приводит к росту издержек на 3–5%.

Задача объемно-календарного планирования позволяет распределить производственную программу выпуска продукции по планируемым периодам с учетом спроса в эти периоды, минимизируя отклонения загрузки оборудования, других технико-экономических показателей от равномерных во времени. Для предприятия желательно реализовать стратегию равномерного производства продукции и использования ресурсов. Именно такая стратегия обеспечивает минимум затрат.

Для различных производств подобная задача может уточняться. Особенно она важна для предприятий с большой ДПЦ. В этом случае необходимо задавать вектора затрат во времени по каждому изделию. В ограничениях задачи важнейшим фактором также становится время. Как это делается, мы рассмотрим на примере постановки оптимизационной модели оперативно-календарного планирования. Очень важно отметить то, что чем точнее постановка задачи объемно-календарного планирования (выбор минимальной единицы времени, представление технологического способа затрат во времени по продукции и т.п.), тем проще будет процесс принятия решений на последующих этапах принятия решений в системе ОУП.

Итак, с помощью расчетов по моделям объемно-календарного планирования мы получили значения x_{iq}, $i \in I$, $q \in Q$, являющиеся управляющими параметрами верхнего уровня системы ОУП для межцехового оперативно-календарного планирования. Однако необходимо согласовать эти параметры с межцеховым оперативно-календарным планированием (ОКП), так как там действуют другие календарно-плановые нормативы (КПН) времени и продукции. В межцеховом ОКП за КПН времени следует выбрать сутки, для продукции – детали, сборочные единицы, партии деталей. Тогда от момента времени принятия решений каждый период времени $q \in Q$ будет представлен рабочими днями t, t=1, 2, ... Относительно этого рабочего календаря времени рассчитываются параметры g_{itq} – план суточного выпуска продукции i в период q (например как равномерный среднесуточный выпуск в периоде q) по рабочим дням t. Если на сборочном участке производится не одна модификация изделия, то должен быть составлен график очередности выпуска продукции. В каждом производстве – свои схемы принятия решений, которые мы здесь рассматривать не будем. Дальнейший алгоритм будет представлен для изделия i, предполагая, что оно выпускается с одного сборочного участка.

Таким образом, решение задачи ОБКП x_{iq} трансформируется в параметры g_{itq}, т.е. плановому выпуску готовой продукции в периоде q ставится в соответствие план-график выпуска готовой продукции по рабочим дням t. При этом значения g_{itq} задаются таким образом, чтобы равномерно по трудоемкости загрузить сборочные участки. В первую очередь в плане-графике сборки учитывается та продукция, на которую уже имеются договора и сроки о поставках.

Межцеховое оперативно-календарное планирование Для понимания организации системы межцехового оперативно-календарного планирования необходимо точно ввести понятие горизонта планирования. Пусть длительность производственного цикла (ДЦП) не превышает 1 месяц. В базовом периоде q=0, предшествующему горизонту планирования, и в котором фактически осуществляется принятие решений на будущий горизонт планирования, уже проводится создание незавершенного производства для выпуска готовой продукции в периоде q=1. Таким образом, для периода q=1 процесс планирования уже завершен месяцем раньше. Следовательно, горизонт планирования расширяется за счет подключения периода q=2. Как показано на рис. 9.11, согласование планов-графиков хода производства может быть осуществлено в периоде $q=0$ только под выпуск готовой продукции в периоде q=2. Как видим, при ДПЦ, равной месяцу, горизонт планирования составляет 2 месяца. При этом процесс принятия решений происходит в последнем месяце предшествующего горизонта планирования. Осуществляется процесс скользящего планирования, когда в последовательности, обратной технологической, формируется

график движения партий деталей по цехам, участкам, операциям для периода q=2, а расчеты ведутся в периоде q=0. Этот график дополняет уже существующий план хода производства.

При ДПЦ около месяца процесс планирования производства затрагивает три смежных месяца (см. рис. 9.11). При этом если на месяц q=2 не сформирован еще портфель заказов полностью, то производство ориентируется на прогнозный спрос, так как из-за ДПЦ приходится уже в периоде q=0 планировать производство, обеспечение его материальными ресурсами, инструментом и др.

Рис. 9.11. Согласование планов ОКП во времени

Итак, в каждом периоде q осуществляется процесс планирования хода производства в периоде q+2. Именно этот процесс и будет представлен далее.

Управляющими параметрами, передаваемыми с верхнего уровня управления на нижние, являются нормативы страховых запасов готовой продукции под обеспечение изменяющегося во времени спроса. Предполагается создание запасов готовой продукции не только на складе перед отгрузкой потребителю, но и на сборочных участках, складах готовых деталей и сборочных единиц, на ближайших к сборочному процессу технологических операциях. Не меняя обозначений g_{itq}, так как часть их будет откорректирована, данные управляющие параметры направляются для дальнейших расчетов в системе межцехового ОКП.

Обозначим через K_i перечень деталей, сборочных единиц, входящих в изделие i, через v_{ki} – входимость деталей $k \in K_i$ в изделие $i \in I$, K – общий перечень деталей. Тогда ежесуточному выпуску готовой продукции g_{itq} можно поставить в соответствие ежесуточную потребность сборки в готовых деталях, сборочных единицах b_{kt} и $b_{k,\ t-tk}$, где tk – опережение подачи на сборку или на склад перед сборкой деталей k под выпуск готовой продукции в рабочий день t (рис. 9.12). Пусть опережение tk включает и длительность пребывания готовых деталей на складе перед поступлением на сборку. Будем

также считать, что нормативный запас деталей обеспечивает потребность сборки в деталях на tk дней, страховой запас деталей также находится на нормативном уровне.

Движение предметов труда по операциям технологического процесса до участков сборки осуществляется партиями деталей нормативного, оптимального размера n_k. Поэтому от ежесуточной потребности сборки в деталях $b_{k,\ t-tk}$ следует перейти к потребности в партиях готовых деталей, сборочных единиц (рис. 9.12). Каждой партии деталей условно поставим в соответствие ее номер (как бы бирку с номером, чтобы отличать их друг от друга) p=1, 2. Первая партия готовых деталей k размером n_{k1} =n_k должна быть отправлена на сборку с завершающего участка, с которого готовые детали поступают на склад или сразу на сборку, в период времени V_{k1}, V_{k1} =t–tk: $b_{k,\ t-tk}$ >0 для минимального значения *(t–kt)*. Следовательно, первая партия готовых деталей должна быть отправлена (с учетом времени транспортировки и др.) на сборку тогда, когда первое из значений $b_{k,\ t-tk}$ >0, т.е. в ближайшем к периоду времени t=1. Зная параметры $b_{k,\ t-tk}$, можно определить, на сколько суток хватит сборке партии деталей k размером n_{k1}. Отсюда определяется следующий плановый срок поступления партии деталей на сборку V_{k2} и т.д. Расчеты ведутся нарастающим итогом, чтобы учесть некратность значений $b_{k,\ t-tk}$ и n_k. Так как параметры $b_{k,\ t-tk}$ откорректированы с точки зрения страховых запасов, то значения V_{kp} автоматически учитывают их нормативный уровень.

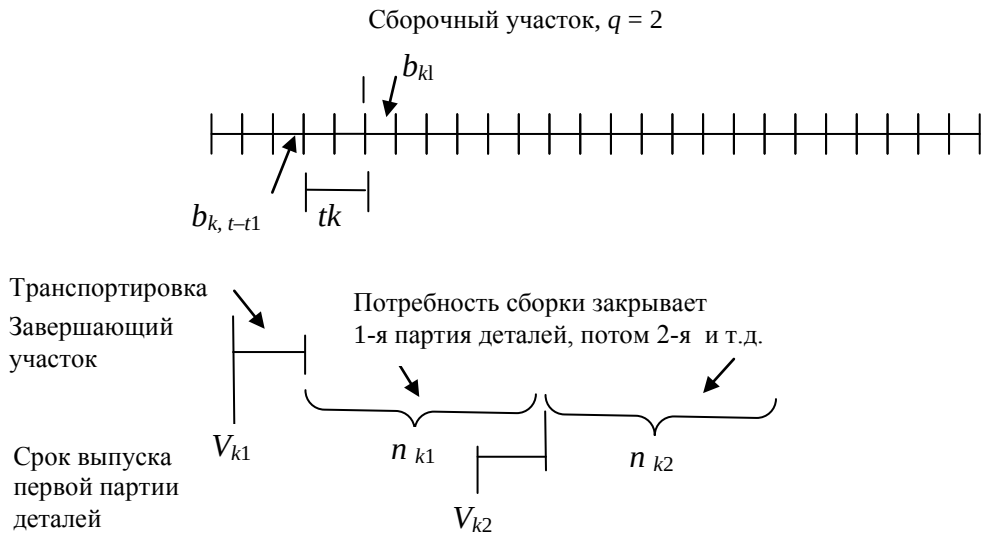


Рис. 9.12. Схема формирования сроков подачи на сборку партий деталей

Обозначим через jk индексы участка производства предприятия, jk=1, 2,..., jk* в соответствии с технологической последовательностью обработки детали k, jk* – индекс завершающего участка для детали k. Нормативную длительность обработки партии деталей k на участке jk обозначим через τ_{jk}. Это и нормативное опережение запуска выпуска для участка. Для участков jk*, на которых также формируется часть страхового запаса под быстрый выпуск готовой продукции, дополнительный задел учитывается увеличением опережения на определенную долю (только по ведущим деталям).

Тогда традиционно процесс ОКП строится следующим образом (рис. 9.13): срок выпуска первой партии деталей с участка jk* известен – V_{k1}, срок запуска в производство $Z_{k1}=V_{k1} - \tau_{jk*}$. Относительно Z_{k1} определяется срок выпуска партий деталей на участке $(jk*-1)$ и т.д.

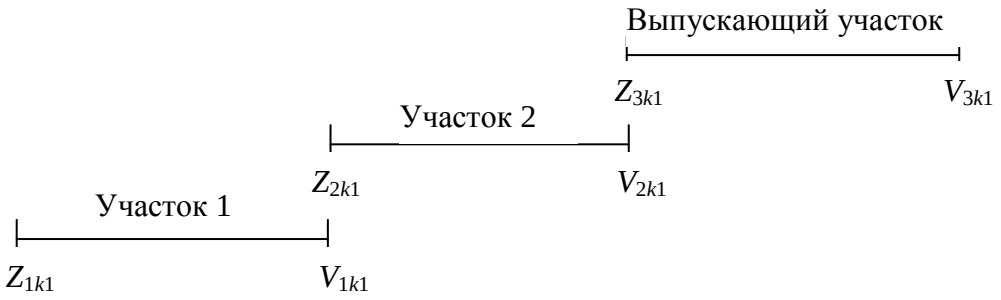


Рис. 9.13. Традиционная схема планирования производства по опережениям

Таким образом, на основе алгоритма ОКП по опережениям получаем план-график хода производства по всем деталям и участкам $G_{jkp}=\{n_{kp}, Z_{jkp}, V_{jkp}\}$, т.е. фиксируются сроки запуска и выпуска партий деталей нормативного размера по всем участкам производства jk=1, 2, ..., jk*, $k \in K_i$, $i \in I$, p=1, 2, ... При необходимости может быть зафиксирован и план-график с учетом цеховой структуры предприятия, так как каждому цеху ставится в соответствие перечень участков производства, входящих в него.

При автоматизации оперативного учета, когда по всем участкам производства дана картина наличия незавершенного производства на текущий момент времени, планы-графики могут быть уточнены с этого момента до конца периода q=2, как это показано на примере участков сборки. В зависимости от наличия незавершенного производства партий деталей на различных операциях технологического процесса корректируются сроки запуска и выпуска партий деталей. Причем если фактические размеры партий деталей, уже находящихся в производстве, отличаются от нормативных, то это также повлияет на план-график хода производства, так как необходимо пересчитать КПН по таким партиям, а в ДПЦ – учесть то, что

часть операций уже выполнена. Таким образом, при наличии автоматизированного оперативного учета качество системы оперативного управления производством может быть существенно повышено. В этом случае речь идет не только о планировании, но и об одновременной корректировке плана на основе обратных связей с производством, т.е. собственно об оперативном управлении. Кроме этого, когда такой оперативной корректировки нет, ее придется осуществлять на участке производства при непосредственном ежесуточном управлении. Время будет упущено, а следовательно, увеличивается риск невыполнения плана.

Итак, рассмотрена схема межцехового оперативно-календарного планирования, основанная на использовании нормативов опережения запуска выпуска партий деталей по участкам, цехам. Это самая простая схема планирования, положенная в основу любой системы ОУП. Аналогично осуществляется оперативно-календарное планирование с учетом деталеопераций. При этом может учитываться загрузка оборудования во времени.

Рассмотрим вариант автоматизации межцехового ОКП на основе разработки модели, имитирующей ход производства по ведущим группам оборудования. Учет в системе ОУП всех деталеопераций приводит к существенному увеличению размерности задачи. Ясно, что выходом из этой ситуации является учет загрузки мощностей только ведущих групп оборудования. Возможности ведущих групп оборудования определяются количеством станков, на которых одновременно можно выполнять ведущие операции некоторой совокупности деталей (одной партии деталей сразу на всех станках либо нескольких партий на разных станках). На предметно-замкнутых участках обрабатываются однотипные детали, на технологических – разнотипные. Технология обработки задается.

Обозначим через M_{jt} возможности ведущей группы оборудования j в период t (количество станков, обеспечивающих выполнение работ в периоде t), через a_{jk} (a_{jkp}) – продолжительность обработки партии деталей k на ведущей группе оборудования j (в станко-часах, сменах, сутках – в единицах измерения периода t). Нормативная длительность обработки партии деталей k на участке jk (ведущая группа оборудования представляет участок производства) определяется следующим образом: $\tau_{jk}=\tau_{jk1}+a_{jk}+\tau_{jk2}$, где τ_{jk1} – длительность обработки по операциям технологического процесса (вместе с пролеживанием, транспортировкой, технологическими страховыми опережениями) на участке jk до ведущей операции, а τ_{jk2} – после ведущей операции до выхода с участка (рис. 9.14).

План-график хода производства по участкам строится также в последовательности, обратной технологической по операциям между участками и ведущими группами оборудования. Когда партия деталей «подводится» к ведущей группе оборудования, учитывается загрузка мощности M_{jt}, и если оборудование загружено в данный момент, то происходит задержка партии деталей до того времени, пока соответствующая операция

длительностью a_{jk} не будет зафиксирована (ведущая операция). Пролеживание партии деталей приводит к корректировке срока ее запуска на данном участке и сроков запуска и выпуска на предыдущих стадиях обработки. Нежелательно увеличивать длительность обработки наиболее трудоемких и дорогих деталей. Поэтому деталям ставятся в соответствие приоритеты, которые используются при принятии решений [Титов, 2007; Козловский и др., 1998; Чейз и др., 2007].

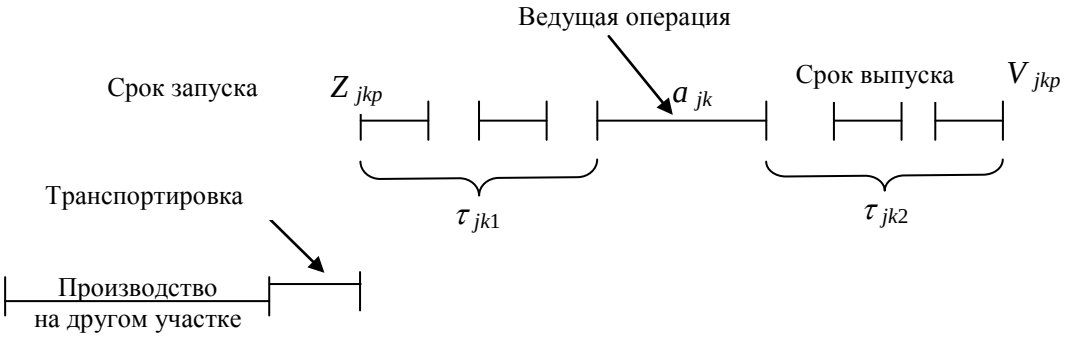


Рис. 9.14. Схема выделения ведущей операции на участке производства и по времени ее осуществления

За рубежом имеются две системы: оптимизированные производственные технологии, «ОРТ» и «Q-контроль», использующие аналогичный подход в оперативном управлении производством [Goldratt, 1989; Козловский и др., 1998; Чейз и др., 2007] .

В «ОРТ» выявляются «узкие места» на основе расчета загрузки мощностей. Моделирующие алгоритмы расписывают производственный процесс по узким местам. Узкие места – это группы оборудования, лимитирующие ход производственного процесса. Э.М. Голдратт разработал теорию ограничений [Goldratt, 1989], используемую в системе «ОРТ». Как видим, в системе «ОРТ» используется тот же подход, что и изложенный выше. Однако указанные американские системы разработаны позже рассматриваемых нами моделей оперативного управления производством [Титов, 1976].

«Q-контроль» аналогичен «ОРТ» и дает хорошие результаты для сложных производственных условий [Козловский и др., 1998]. Разработчики изучили работу 600 цехов. Работа цеха моделируется каждый вечер, определяются узкие места, затем составляется расписание через узкие места. Эффект: вдвое уменьшаются ДПЦ и простои оборудования.

Возвращаясь к представленной здесь системе ОУП, следует заметить, что по мере автоматизации производства, специализации участков упрощается процесс ОКП. Синхронизация работы предприятия достигается на основе упрощенных планов-графиков. Таким образом, совершенствование организации производства постепенно приводит и к упрощению системы ОУП.

Как уже показано, на основе межцехового ОКП для каждого участка фиксируется план-график производства $G_{jkp} = \{n_{kp}, Z_{jkp}, V_{jkp}\}$ на весь горизонт прогнозного планирования. Через период $q=1$ он полностью корректируется – осуществляется скользящее планирование, когда из плана работ участков производства убирается план-график уже прошедшего периода (бывшего q=1), но добавляется график еще на один будущий период. При этом, например, на участке сборки (и любом другом) фактически используется план-график только на ближайший период $q=1$. Однако на основе плана-графика сборки на период $q=2$ строится план-график работы заготовительных участков (например литейного цеха) в период $q=1$. Таким образом, происходит системная увязка во времени производства со сборкой (комплектность, сроки) и между всеми производственными участками предприятия, производственными фирмами корпорации. Схема построения плана-графика несложна. Используется имитационная модель, отражающая технологию производства. Модель позволяет получить допустимый план производства, так как осуществляется планирование загрузки ведущих групп оборудования и не допускается перегрузка мощностей и людей, работающих на таких рабочих местах. Принцип «точно во время» в такой системе полностью соблюден – после построения плана-графика хода производства можно составить и план потребностей в ресурсах и их поставок во времени.

Таким образом, на основе моделирования (с использованием имитационной модели оперативно-календарного планирования) производственного процесса строится план-график движения партий деталей по участкам производства и ведущим операциям.

Разработанная методология построения и использования модели оперативно-календарного планирования позволяет осуществить одновременно заводское (межцеховое) и цеховое оперативное планирование и управление. Для оперативного управления на участках производства передаются только обобщенные параметры общего плана-графика по предприятию – сроки запуска и выпуска партий деталей (фиксированного количества) по участкам. Планирование по ведущим группам оборудования проводится для сокращения размерности задачи и более объективного обоснования указанных параметров. Оптимизация носит приближенный характер, так как речь идет о приближенном алгоритме расчетов с использованием функций приоритетов партий деталей. Следует понимать, что точный график работ будет нарушен (производство – стохастическая система). Поэтому на участок передаются только указанные обобщенные управляющие параметры, которые позволят с системных позиций осуществлять оперативное управление производством.

Имитационная модель, используемая для межцехового оперативно-календарного планирования, может быть использована и для построения плана-графика хода производства от текущего момента времени на весь горизонт оперативного планирования.

Оптимизационная модель оперативно-календарного планирования. Подготовленная исходная и расчетная информация для имитационной модели межцехового оперативно-календарного планирования может быть использована для формирования оптимизационной задачи оперативно-календарного планирования как основной задачи исследования операций [Титов, 1976, 2007, 2008; Козловский и др. 1998; Чейз и др., 2007; Календарное планирование…, 1968]. В основе всех моделей календарного планирования (для различных технологических условий и производств имеются свои постановки) лежит хорошо известная задача календарного планирования С. Джонсона [Календарное планирование…, 1968]. Суть задачи календарного планирования заключается в следующем. Необходимо построить план-график обработки заданного количества (партий) деталей на определенном количестве станков при фиксированной технологии производства. При этом минимизируется общее время выполнения работ и объем незавершенного производства. Как видим, такая задача и поставлена нами как задача межцехового оперативно-календарного планирования, но производство представлено не участком, а всем предприятием.

Проблема заключается в том, что эффективный алгоритм С. Джонсона обеспечивает оптимальное решение задачи только для производства с двумя группами оборудования. Попытки разработать эффективный алгоритм решения задачи календарного планирования для большей размерности до сих пор не привели к успеху. Задача сведена к целочисленной постановке для решения ее методом отсечения. Размерность задачи получается столь велика, что это направление исследований имеет только теоретическое значение. Поэтому та постановка задачи календарного планирования, которая будет рассмотрена далее, на наш взгляд, существенно увеличивает возможности математического программирования по решению столь важной для практики проблемы.

Итак, на момент времени $t_{мпр}$ в системе межцехового оперативно-календарного планирования зафиксировано, что необходимо подать на сборку определенное количество готовых партий деталей разных наименований. Величина партий деталей фиксирована – n_{kp}. Это либо плановые величины, либо часть из них, которые соответствуют уже фактически запущенным в производство партиям деталей. Для каждой партии деталей зафиксирован срок выпуска ее с завершающего участка jk^* –$V_{jk^*,\,p}$. Отсюда можно рассчитать необходимый объем поступления готовых деталей на сборку нарастающим итогом – B_{kt}. Зная опережение от запуска партии деталей на ведущей группе оборудования завершающего участка до подачи на сборку, указанные параметры зафиксируем именно для такой группы оборудования. Указанное количество деталей k должно быть запущено в производство на ведущей группе оборудования завершающего участка. Такие параметры уже учитывают сроки поступления деталей на сборку.

Обозначим через x_{jkptv} целочисленную переменную, принимающую значения 1 тогда, когда планируется выпуск партии p деталей k на ведущей группе оборудования j в момент времени t. Через время τ_{jk2} партия приходит на следующий участок производства, сборку. Здесь v – технологическая последовательность прохождения обработки по ведущим группам оборудования (по участкам производства), v=1, 2, 3,..., v^*, v^* – завершающий этап производства. Если запуск не планируется, то указанная переменная принимает значение 0.

Тогда ограничения по обеспечению сборки готовыми партиями деталей будут следующими:

$$\sum_{\tau=1}\sum_{p} n_{kp}\ x_{jkp\tau v^*} - y_{kt} = B_{kt},\ k \in K,\ t=1,\ 2,\ 3,\ ...$$

Здесь y_{kt} соответствуют величине готовых деталей k, которые будут находиться в сверхплановых запасах в момент времени t.

Выполнение ограничений по мощностям:

$$\sum_{k,r,p} j_{jkpr}\ x_{jkptv} \le M_{jt},\ j \in J,\ t=1,\ 2,\ 3,\ ...,$$

$$m_{jkpr} = m_{jkp},\ r=\{t,\ t-1,...,\ t-a_{jkp}+1\},$$
$$m_{jkpr} = 0,\ r \ne \{t,\ t-1,...,\ t-a_{jkp}+1\}.$$

Данные условия записаны при следующей интерпретации данных. Мощность группы оборудования M_{jt} задана количеством станков, рабочих мест, рабочих центров. Тогда m_{jkpr} определяет количество станков группы j, которые будут заняты a_{jkp} единиц времени обработкой p партии деталей k начиная с момента времени r.

В модели необходимо предусмотреть выполнение следующего условия: запуск партии деталей на ведущей группе оборудования на технологическом переходе $v + 1$ возможен только после выполнения работ на предыдущем переходе. Кроме того, следует учесть возможность пролеживания партий деталей между технологическими переходами:

$$\sum_{t} t\ x_{jkpt,\,v+1} - \sum_{t} t\ x_{jkptv} \ge a_{jkp} + \tau_{jk2v} + \tau_{jk1,\,v+1};$$

$$k \in K;\ p=1,\ 2,...;\ v=1,\ 2,\ 3,...,\ v^*-1.$$

Здесь $\tau_{jk2v} + \tau_{jk1,\ v+1}$ – длительность производственного процесса обработки партии деталей от момента окончания работ на ведущей группе оборудования технологического перехода v до начала обработки по ведущей операции на следующем технологическом переходе.

Необходимо, чтобы на всех учитываемых в модели технологических переходах для каждой детали была бы запланирована обработка одинакового количества партий:

$$\sum_t x_{jkpt,\,v+1} - \sum_t x_{jkptv} = 0,\ k \in K;\ p=1, 2,...;\ v = 1, 2, 3,...,v^* - 1.$$

В модели минимизируется уровень незавершенного производства, который обеспечивает данный производственный процесс. Между таким критерием оптимизации и минимизацией общего времени обработки имеется тесная зависимость. Это видно и из самой функции цели:

$$\sum_k c_k\ y_{kt} + \sum_k c_{kp}\ (\sum_t tx_{jkptv^*} - \sum_t tx_{jkpt1}) \to \min.$$

Здесь c_k – себестоимость детали k; c_{kp} – средняя себестоимость p партии деталей k.

В представленной модели [Титов, 1976, 2007, 2008] целочисленного программирования фактически задается все множество вариантов запуска и выпуска партий деталей. Остается только выбрать один из них. С такой проблемой успешно справляется программное обеспечение [Забиняко, 1999]. Так, при моделировании оперативной деятельности одного из заводов на квартальный период с единицей времени «сутки» размерность задачи составляла 3061 переменных (1136 – целочисленные) и 2 244 ограничений.

Такая оптимизационная модель может быть использована и для оценки приближенных алгоритмов межцехового, цехового календарного планирования. В полной мере она может быть применена в сложных производствах на уровне участков.

Оптимизация сетевого планирования при ограничениях на ресурсы. Решение задач сетевого планирования без ограничения на ресурсы сводится к нахождению критического пути [Козловский и др., 1998]. Построение критического пути для сетевого графика выполнения работ не представляет труда. Однако задача становится сложной при ограничениях на ресурсы. Эта сложность соизмерима с трудностями решения задачи календарного планирования. Воспользуемся постановкой задачи оптимизации календарного планирования для решения задач сетевого планирования с ограничениями на ресурсы.

Пусть необходимо выполнить определенное количество работ за наименьшее время. Построен сетевой график выполнения работ, в котором имеется n вершин, узлов. В таких вершинах часть работ завершается, а другие работы начинаются. Начало работ – в первой вершине, завершение – в вершине n. Продолжительность каждой работы ij, начинающейся в вершине i и заканчивающейся в узле j, задана – t_{ij} , i и j=1, 2, …, n. Пусть основным ресурсом, ограничивающим выполнение работ, является численность работников A, которые могут выполнять любые из отмеченных работ. При выполнении работы ij в каждую единицу времени необходимо наличие a_{ij} работников.

Обозначим через x_{ijr} целочисленную переменную, принимающую значения 0 или 1. Если x_{ijr} =1, то это значит, что работа ij должна начинаться в

период времени r, r =1, 2, … . Для каждой из работ в исходной информации задается дискретное множество вариантов выполнения работ, основываясь на любом допустимом решении данной задачи. При этом работа ij должна быть выполнена только одним из вариантов:

$$\sum_r x_{ijr} = 1,\ i=1, 2, \ldots, n;\ j=1, 2, \ldots, n.$$

Ограничение по использованию работников во времени и по работам может быть записано следующим образом:

$$\sum_i a_{ij\tau}\ x_{ijr} \le A,\ \tau=\{r, r+1, ..., r+t_{ij} -1\},$$

$$a_{ij\tau} = a_{ij}\ ,\ \tau=\{r, r+1,..., r+t_{ij} -1\}.$$

Выполнение условий последовательности работ может быть задано следующей системой ограничений:

$$(r+ t_{ij} -1)\ x_{ijr} \le T_j\ ,\ j=1, 2, \ldots, n,$$

$$r\ x_{jir} \ge T_i,\ i=1, 2, \ldots, n.$$

Здесь T_j – срок завершения всех работ, которые проходят через узел j, в вершине j, работа ji может начаться не раньше срока T_i.

Остается только записать критерий оптимизации – минимизируется время выполнения всех работ в вершине n:

$$T_n \longrightarrow min.$$

Таким образом, задача сетевого планирования с ограничениями на ресурсы сведена к задаче линейного целочисленного программирования, решение которой вполне осуществимо.

Организация оперативного управления на участке производства. Рассматривая процесс оперативного управления на участке производства, для упрощения изложения опустим индексы ведущих групп оборудования участков и индексы технологических переходов партий деталей с участка на участок. Как уже отмечалось, на участок поступает управляющая информация о сроках выпуска партий деталей V_{kp} и сроках запуска Z_{kp} как рекомендательных. На момент времени $t=1$ фиксируется незавершенное производство: $n_{k\lambda w}$, где n – размер партии (он может быть и не плановым), k – наименование детали, λ – номер партии деталей по степени их готовности на участке, w – операция, на которой находится партия деталей. Для принятия решений необходимо располагать информацией о продолжительности обработки партии деталей $\tau_{k\lambda w}$ с любой операции до выхода с участка.

Зная плановые сроки выпуска партий деталей с участка V_{k1}, V_{k2} и т.д., можно построить среднесуточный плановый график выпуска продукции с участка. Например: $g_{kt} = n_{k1} /(V_{k2} - V_{k1})$ – это ежесуточный выпуск детали k

с периода времени $t=H_{k1}=V_{k1}$ до периода V_{k2}. Аналогично рассчитывается ежесуточный выпуск для последующих периодов. Следовательно, на участке будет построена картотека пропорциональности [Титов, 2007, 2008], относительно которой можно принимать решения при отклонениях сроков поступления партий деталей и их фактических размеров от плановых и в других ситуациях. Именно использование данного подхода позволяет не пересчитывать каждые сутки (как в американских системах) календарный план-график производства в целом для предприятия, а в автономном режиме управлять процессом на уровне участков. При этом управляющие параметры системы межцехового оперативно-календарного планирования и управления продолжают действовать, а участок функционирует как самонастраивающаяся система.

Для принятия решений необходимо иметь данные о сроках обеспеченности деталями k других участков, на которые они передаются по технологии. Данная информация остается от предыдущих расчетов. В начале расчетов такой основой служит параметр V_{k1}. Следовательно, к этому сроку по партии деталей $n_{k\lambda w}$ должна быть завершена обработка на данном участке. Напряженность ситуации определяется резервом времени, который находится сравнением параметров $\tau_{k\lambda w}$ и $H_{k\lambda}$. Если длительность обработки $\tau_{k\lambda w}$ больше оставшегося времени до срока выпуска партии деталей с участка (возникает ситуация «дефицита» для сборки), то необходимо ускорить обработку партии деталей. Так определяется приоритет партий деталей. По таким приоритетным деталям решение принимается мастером участка в первую очередь.

Зная размер партии деталей $n_{k\lambda w}$, можно определить срок обеспеченности $H_{k,\,\lambda+1}$ последующего участка в деталях k этой партией деталей, т.е. срок выпуска с участка следующей $\lambda+1$ партии деталей:

$$H_{k,\,\lambda+1}: n_{k\lambda w} + x_{k,\,\lambda-1} - \sum_{t=H_{k\lambda}}^{H_{k,\,\lambda+1}} g_{kt} - x_{k\lambda} = 0,\ x_{k\lambda} \to min.$$

Здесь $x_{k\lambda}$ – остатки деталей k из партии λ из-за некратности значений $n_{k\lambda w}$ и g_{kt}.

Таким образом, основываясь на параметрах $G_{jkp}=\{n_{kp},\ Z_{jkp},\ V_{jkp}\}$, на участке может быть откорректирован план-график хода производства. Для любой партии деталей, находящейся на участке производства, делается оценка ее «дефицитности» с точки зрения времени ее выпуска с участка. Такой анализ проводится на начало каждых суток (смен). Далее составляется сменно-суточное задание всем работающим на участке по деталеоперациям. За сутки на участок могут прийти новые партии деталей, сменно-суточный отчет зафиксирует продвижение работ по деталеоперациям. На основании этой информации вновь строится план работ на следующие сутки (смену).

Наиболее успешно подобный подход оперативного управления производством на участке может быть осуществлен с помощью ЭВМ. Практические расчеты показали эффективность рассмотренного подхода. Использование ЭВМ позволяет не только автоматизировать все расчеты, но и реализовать оперативный учет, осуществить статистическую обработку информации, обосновать календарно-плановые нормативы. Благодаря использованию ЭВМ оперативное управление производством действительно может стать эффективным элементом системы управления предприятием, корпорацией.

ЛИТЕРАТУРА

Ансофф И. Новая корпоративная стратегия. – СПб.: Питер, 1999. – 416 с.

Багриновский К.А. Основы согласования плановых решений. – М.: Наука, 1977. – 304 с.

Беренс В., Хавранек П.М. Руководство по подготовке промышленных технико-экономических исследований. – М.: АОЗТ «Интерэксперт», 1995. – 343 с.

Валдайцев С.В. Оценка бизнеса и управление стоимостью предприятия. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 720 с.

Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика. – М.: Дело, 2001. – 832 с.

Глухов В.В., Коробко С.Б., Маринина Т.В. Экономика знаний. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.

Гончаров В.В. Руководство для высшего управленческого персонала: В 3 т. – М.: МНИИПУ, 2002.

Данилин В.И. Операционное и финансовое планирование в корпорации (методы и модели). – М.: Наука, 2006. – 334 с.

Денисов А.Ю., Жданов С.А. Экономическое управление предприятием и корпорацией. – М.: Дело и сервис, 2002. – 416 с.

Забиняко Г.И. Пакет программ целочисленного программирования // Дискретный анализ и исследование операций. – 1999. – Серия 2. Т. 6. № 2. – С. 32–41.

Календарное планирование. – М.: Прогресс, 1968. – 466 с.

Канторович Л.В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 347 с.

Каплан Р., Нортон Д. Награда за блестящую реализацию стратегии. Связь стратегии и операционной деятельности – гарантия конкурентного преимущества. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2010. – 368 с.

Клейнер Г.Б. Стратегия предприятия. – М.: Дело, 2008. – 568 с.

Климов А.Н., Оленев И.Д., Соколицын С.А. Организация и планирование производства на машиностроительном заводе. Изд. 3. – Л.: Машиностроение, 1979. – 463 с.

Козловский В.А., Маркина Т.В., Макаров В.М. Производственный и операционный менеджмент. – СПб.: Специальная литература, 1998. – 366 с.

Коласс Б. Управление финансовой деятельностью предприятия. – М.: Финансы, ЮНИТИ, 1997. – 576 с.

Комаров В.Ф., Дугельный А.П. Бюджетное управление предприятием. – М.: Дело, 2003. – 432 с.

Коробкин К.Г., Мироносецкий Н.Б. Оптимизация производственного планирования на предприятии. – Новосибирск: Наука, 1978. –331 с.

Кравченко Н.А. Инвестиционный анализ. – М.: Дело, 2007. – 264 с.

Кэмпбелл Э., Саммерс Лачс К. Стратегический синергизм. – СПб.: Питер, 2004. – 416 с.

Лычагин М.В., Мироносецкий Н.Б. Моделирование финансовой деятельности предприятия. – Новосибирск: Наука, 1986. – 295 с.

Майминас Е.З. Процессы планирования в экономике: информационный аспект. – М.: Экономика, 1971. – 390 с.

Макаров В.Л., Клейнер Г.Б. Микроэкономика знаний. – М.: Экономика, 2007. – 204 с.

Маркова В.Д., Кузнецова С.А. Стратегический менеджмент. – М.: ИНФА-М; Новосибирск: Сибирское соглашение, 2000. – 288 с.

Плещинский А.С. Оптимизация межфирменных взаимодействий и внутрифирменных управленческих решений. – М.: Наука, 2004. – 252 с.

Плещинский А.С., Титов В.В., Межов И.С. Механизмы вертикальных взаимодействий предприятий (вопросы методологии и моделирования). – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2005. – 336 с.

Соболев В.Ф. Моделирование и оптимизация в управлении развитием крупных экономических систем (полный жизненный цикл продукции). – Новосибирск: НГАЭиУ, 2000. – 356 с.

Титов В.В. Об одной модели оптимизации оперативно-производственного планирования // Оптимизация. Вып. 18. – Новосибирск: Ин-т мат. СО АН СССР, 1976. – С. 134–145.

Титов В.В. О построении согласованной системы показателей внутрифирменного управления // Проблемы теории и практики управления. – 2006. – № 6. – С. 106–111.

Титов В.В. Оптимизация управления промышленной корпорацией: вопросы методологии и моделирования. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2007. – 256 с.

Титов В.В. Оптимизация функционирования промышленного предприятия. – Новосибирск: Наука, 1987. – 250 с.

Титов В.В. Производственный менеджмент. – Новосибирск: НГУ, 2008. – 106 с.

Титов В.В. Современные проблемы менеджмента. – Новосибирск: НГУ, 2011. – 220 с.

Титов В.В. Экономико-математические модели в управлении предприятием. – Новосибирск: НГУ, 2008. – 249 с.

Управление современной компанией / под ред. Б. Мильнера и Ф. Лииса. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 586 с.

Финансовый менеджмент: теория и практика / под ред. Е.С. Стояновой. – М.: Перспектива, 2002. – 656 с.

Хорн Дж.К.Ван. Основы управления финансами. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 800 с.

Чейз Р.Б., Джейкобс Р.Ф., Аквилано Н.Дж. Производственный и операционный менеджмент, 10-е изд.; пер. с англ. – М.: Изд-й дом «Вильямс», 2007. – 1184 с.

Экономическая стратегия фирмы / под ред. А.П. Градова. – СПб.: Специальная литература, 1999. – 590 с.

Эшби У.Р. Введение в кибернетику. – М.: Мысль, 1969. – 432 с.

Goldratt E.M. The general theory of constraints. – New Heaven, CT: Abraham Y. Goldratt institute, 1989. – 155 с.

Kaplan R.S., Norton D.P. The Balanced Scorecard – Measures then drive Performance // Harvard Business Review. – 1992. – Vol. 70. N 1. – P. 71–79.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проводимые в ИЭОПП СО РАН разработки показывают как методологическую состоятельность, так и практическую эффективность обсуждаемых подходов к моделированию мезо- и микроэкономических систем. Представленная монография в определенном смысле суммирует разработки в данной организации в области системного моделирования многоотраслевых комплексов, отраслевых систем национальной экономики и отдельных территорий, так же как оценки последствий реализации крупных производственных и инфраструктурных проектов.

Важную роль в общей структуре играют также модели функционирования и развития отдельных компаний и предприятий, замыкающие систему, построенную на основе идеологии проекта СОНАР. Данная идеология предполагает отказ от жесткой комплементарности создаваемых модулей проектируемой системы моделей. Она также имеет в виду согласование между решениями в области отдельных крупных национальных отраслевых систем (многоотраслевых комплексов) в рамках группы народнохозяйственных моделей, каждая из которых «специализирована» на анализе проблем одной из них, но включает агрегированное представление экономики в целом. Каждая из таких моделей дает основу своей особой «ветви» проекта СОНАР. Таким образом, удается вести согласованные разработки в рамках разных систем экономики, учитывая специфику каждой из них. Другое преимущество – возможность использования и увязки разнородных моделей, например, структурных и регрессионных, а также сетевых.

Как представляется авторам, большое достоинство представленных разработок состоит в том, что они, будучи весьма разнородными по своей проблематике и свойствам моделируемых объектов, что часто требует специальных модельно-методических подходов, тем не менее, являются интегрированными как идейно, так и методологически. Возможно, еще важнее, что они согласованы с позиций сценариев развития национальной экономики, регионов и отраслей. Это и достигается за счет реализации проекта СОНАР. Вместе с тем каждая ветвь данного проекта имеет и собственные, специфические достижения в виде специальных приемов моделирования, взаимодействия модельных конструкций, содержательных результатов применения.

Дальнейшее развитие системы моделей ИЭОПП, проектируемой и реализуемой как взаимодействие достаточно автономных программно-модельных комплексов, предназначенных для анализа проблем отдельных подсистем экономики, увязывается с имеющимися вызовами моделируемой среды и расширением технологических и математических возможностей.

Так, назрело формирование общего банка данных для выстраиваемых модельных модулей и системы в целом. При этом очень важно попытаться обеспечить методологическое единство показателей с увязкой их на макроэкономическом уровне к статистике национальных счетов, на мезоуровне – межотраслевых и материально-финансовых балансов, на уровне отдельных компаний и предприятий – к системам статистической отчетности. Важно также обеспечить соответствие массивов финансовых и производственных показателей. Такая система должна включать как региональную статистику, пусть и по укрупненным регионам и зонам, так и секторальную. Особенности подходов, основанных на применении экономико-математических моделей, состоят и в том, что зачастую они требуют привлечения информации, которая не предоставляется статистическими органами. Следовательно, указанные подходы выдвигают особые требования к развитию эмпирической базы, что предполагает активный поиск информации по всем доступным источникам, а также приобретение сторонних баз данных. Но многие модели, входящие в состав системы СОНАР, даже и в этих случаях не могут полностью быть обеспечены требуемой информацией. Это неизбежно влечет за собой высокую роль экспертного анализа уже на стадии построения моделей.

Другой аспект – унификация программного обеспечения. Оно должно строиться на основе единых принципов для всех уровней. Программные модули должны функционировать в едином комплексе Банка данных, обеспечивая оперативную сборку моделей и «доставку» решений в общий упорядоченный банк решений.

Думается, что в дальнейшем сохранится принцип совместного использования модельных конструкций различного типа: структурных, эконометрических, сетевых – с различной техникой постановки и реализации. Важно поэтому проектировать переходные модули, которые позволяли бы «переводить» входные и выходные потоки статистических показателей с «языков» одних моделей на языки «других», включая учет методологических, ценовых различий и более общих – различий в измерителях.

В дальнейшем, весьма возможно, будет возрастать роль эконометрических моделей как в анализе сложившихся проблем, так и при прогнозировании и сценарном анализе. Однако при этом роль традиционных конструкций структурного характера также сохранится. Эконометрические модели, помимо их самостоятельной аналитической функции, способны генерировать входные показатели для моделей первого типа, которые не могут быть полу-

чены из имеющейся статистики напрямую. Они способны дать численные оценки взаимодействия между реальными переменными и ценовыми показателями, что критически важно для некоторых прогнозных моделей. В настоящее время использование эконометрических моделей в единых связках с балансовыми или оптимизационными конструкциями становится все более распространенным во многих модулях проекта СОНАР.

В институте параллельно развиваются еще два проекта системного моделирования. Один из них, проект СИРЕНА, принципиально похож на обсуждаемый в нашей монографии проект СОНАР, но делает акцент на анализе и прогнозировании не отраслевых систем, а территориальных. Вместе с тем разработки обоих проектов идейно, методологически и информационно совместимы и в перспективе могут образовать единое поле. Другой проект, КАМИН, включает комплекс макроэкономических и структурных динамических моделей национальной экономики и нацелен на анализ экономической динамики на уровне народного хозяйства с обоснованием инвестиционных стратегий развития. Он также может быть инкорпорирован в общую систему моделей ИЭОПП СО РАН.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АБТН – абсорбционные бромистолитиевые тепловые насосы
АИТ – автономный источник теплоснабжения
АПП – активная промышленная политика
АЭС – атомная электростанция
БКПТ – баланс котельно-печного топлива
БНХ – баланс народного хозяйства
ВВСТ – вооружение, военная и специальная техника
ВНД – внутренняя норма доходности
ВРП – валовой региональный продукт
ВС – Вооруженные силы (РФ)
ВСНГК – Восточно-Сибирский нефтегазовый комплекс
ВСТО – нефтепровод «Восточная Сибирь – Тихий океан»
ВФП – внутрифирменное планирование
ВЭД – внешнеэкономическая деятельность
ГКНТ – Государственный комитет по науке и технике СССР
ГЛОНАСС – Глобальная навигационная спутниковая система
ГОЗ – государственный оборонный заказ
ГРР – геологоразведочные работы
ДВП – древесно-волокнистая плита
ДММБ – динамическая модель межотраслевого баланса
ДПЦ – длительность производственного цикла
ДСП – древесно-стружечная плита
ЕС – Европейский союз
ЕСГ – Единая система газоснабжения
ИД – индекс доходности
ИМАЛ – имитационный алгоритм прямого счета
ИПМК – информационно-программно-модельный комплекс
ИЭОПП – Институт экономики и организации промышленного производства
КАМИН – Комплексный Анализ Межотраслевой ИНформации
КБ – конструкторское бюро
КИП – крупномасштабный инвестиционный проект
КОВ – коэффициент относительной важности
КОДОР – Комплекс Отраслей Детализированный Отраслевой Разрез (система моделей)
КОДРА – Комплекс Отраслей Детализированный Региональный Аспект (система моделей)
КПНТП – Комплексная программа научно-технического прогресса СССР
КЭС – комплексные энергетические системы
НДТ – наилучшая доступная технология (принцип НДТ)
НИИ – научно-исследовательский институт
НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
ЛПК – лесопромышленный комплекс
ЛПР – лицо, принимающее решение

МДФ	–	древесно-волокнистая плита средней плотности (*англ*. Medium Density Fibre board)
МПК	–	модельно-программный комплекс
МОБ	–	межотраслевой баланс
МОБУС	–	Модель оптимизации углеводородного сырья
МОДИКУС	–	Модель оптимизации добычи и использования коксующихся углей
МПР	–	Министерство природных ресурсов
НИР	–	научно-исследовательские работы
НСО	–	Новосибирская область
НПС	–	нефтеперерабатывающая станция
ОВБиСХ	–	Обычные вооружения, боеприпасы и спецхимия
ОБКП	–	объемно-календарное планирование
ОКВЭД	–	Общероссийский классификатор видов экономической деятельности
ОКОНХ	–	Общесоюзный классификатор отраслей народного хозяйства
ОКП	–	оперативно-календарное планирование
ОМММ	–	Оптимизационная Межрайонная Межотраслевая Модель
ОПК	–	оборонно-промышленный комплекс
ОТМ	–	организационно-экономические и технические мероприятия
ОУП	–	оперативное управление производством
ОЭЗ	–	особая экономическая зона
ПВО	–	противовоздушная оборона
ПКТН	–	парокомпрессорный тепловой насос
ПМК	–	программно-модельный комплекс
ППЭП	–	план повышения эффективности производства
ПС	–	производственная система
ПФО	–	Приволжский федеральный округ
ПЭР	–	первичные энергетические ресурсы
РИПСА	–	разработка индексов попарного сравнения альтернатив
РС	–	решающее событие
РТЭБ	–	региональный топливно-энергетический баланс
РТЭК	–	региональный топливно-энергетический комплекс
РЖД	–	Российские железные дороги
СЗФО	–	Северо-Западный федеральный округ
СИБАРП	–	Система балансовых расчетов на перспективу
СИРЕНА	–	СИнтез РЕгиональных и НАроднохозяйственных моделей
СМР	–	строительно-монтажные работы
СНС	–	Система национальных счетов
СО	–	статистическая отчетность
СОНАР	–	Согласование Отраслевых и НАроднохозяйственных решений
СОФЭ	–	система оптимального функционирования экономики
ССП	–	система сбалансированных показателей
СТЭБ	–	стоимостной топливно-энергетический баланс
СФО	–	Сибирский федеральный округ
СЭИ	–	Сибирский энергетический институт
ТЗ	–	техническое задание
ТН	–	тепловой насос
ТН ВЭД	–	товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности

ТУУ	–	теплоутилизационные установки
ТЭК	–	топливно-энергетический комплекс
ТЭО	–	технико-экономическое обоснование
ТЭР	–	топливно-энергетические ресурсы
ТЭЦ	–	теплоэлектроцентраль
УММ	–	укрупненная многоотраслевая модель
ФЦП	–	федеральная целевая программа
ФО	–	федеральный округ
ФНП	–	фонд непроизводственного потребления
ФПГ	–	финансово-промышленная группа
ЦБП	–	целлюлозно-бумажная промышленность
ЦСУ	–	Центральное статистическое управление
ЦФО	–	Центральный федеральный округ
ЦЭМИ	–	Центральный экономико-математический институт
ЧДД	–	чистый дисконтированный доход
ЭВМ	–	электронно-вычислительная машина
ЭММ	–	экономико-математическая модель

Тематический план изданий СО РАН, 2014 г.

Научное издание

СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ МЕЗО- И МИКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Ответственные редакторы:
Валерий Владимирович КУЛЕШОВ
Никита Иванович СУСЛОВ

Художник обложки *А.В. Саваровский*
Редактор *В.Ю. Юхлина*
Компьютерная верстка *В.В. Лысенко и А.П. Угрюмов*

Подписано в печать 5 августа 2013 г.
Формат бумаги 60×84 $^{1}/_{8}$.Гарнитура «Таймс». Объем 61 п.л.
Уч.-изд.л 58. Тираж 300 экз. Заказ № 60.

Издательство ИЭОПП СО РАН.
Участок оперативной полиграфии ИЭОПП СО РАН.
630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 17.