

УДК 338:92  
ББК 65.9(2Р)23  
С 409

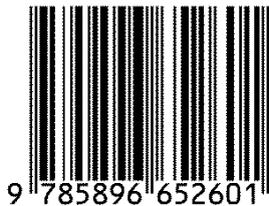
С 409 **Системное моделирование и анализ мезо- и микроэкономических объектов** / отв. ред. В.В. Кулешов и Н.И. Суслов. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2014. – 488 с.

*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. Глушенко 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. Харитонов 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.

## 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 общепромышленного 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 угледобывающих 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, отсева), бурый уголь (рядовой, сортовой, отсева), 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 долгосрочных 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 отсеvy 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<sup>1</sup>, 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;

---

<sup>1</sup> 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, характеризующих 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.<sup>1</sup>

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;

---

<sup>1</sup> 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<sup>1</sup>. Конечные потребители топлива и энергии так же, как и в модели ТЭК региона, могут быть представлены по классификации ОКОНХ или ОКВЭД<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> 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.

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

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 <sup>3</sup>	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 насосов 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; отошающие 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 обновлению 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
<b>Блок производства</b>					
Действующие предприятия					
Подземная добыча, млн т					
Открытая добыча, млн т					
Новые предприятия					
Объемы выпуска концентрата, млн т					
<b>Блок реализации продукции</b>					
Поставка товарной продукции, млн т (экспорт и внутренние поставки)					
Реализация продукции, млн руб (экспорт и внутренние поставки)					
<b>Финансово-экономические показатели</b>					
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					
<b>Инвестиционный блок</b>					
Капитальные затраты					
На поддержание добычи					
Новые предприятия					
Затраты на инфраструктуру					
<b>Блок регионального бюджета</b>					
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 *ОМММ-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 *ОМММ-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 отсеять 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 разрезе 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 [Плаkitкин, 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 размещения 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. Алексеев; 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.
- Плактин 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. Ягольничева, 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.