



Д.В. Шапот, В.А. Малахов

**ОПЫТ РАЗВИТИЯ
МЕТОДОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА**



Москва Издательский дом МЭИ 2018

УДК 620.9:338.45
ББК 31:65.23
Ш 941

Рецензенты:

д.э.н., заведующий отделом взаимосвязей энергетики и экономики
Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского
отделения Российской академии наук *Ю.Д. Кононов*;

д.т.н., главный научный сотрудник Института системного анализа
Российской академии наук *Э.И. Позамантур*

Шапот Д.В.

Ш 941 Опыт развития методологии и разработки управленче-
ских моделей межотраслевого баланса / Д.В. Шапот,
В.А. Малахов. — М.: Издательский дом МЭИ, 2018. —
176 с.: ил.

ISBN 978-5-383-01283-3

Описывается двадцатилетний опыт межотраслевого моделирова-
ния развития экономики, накопленный в Институте энергетических
исследований Российской академии наук (ИНЭИ РАН) в рамках ис-
следований взаимосвязей отраслей ТЭК и экономики России. Первые
две главы монографии посвящены изложению точки зрения авторов
на роль информационного обеспечения в макроэкономических иссле-
дованиях и классификацию межотраслевых моделей. Далее следует
последовательное описание оригинальных прикладных межотрасле-
вых моделей, разработанных в ИНЭИ РАН, представленное как эво-
люция взглядов авторов монографии относительно целей, методов,
структуры и математических алгоритмов межотраслевого моделиро-
вания в ответ на изменения условий и направлений развития отече-
ственной экономики.

Для научных работников, аспирантов, специалистов, занимаю-
щихся стратегическим планированием, экономико-математическим
моделированием, а также прогнозированием экономики страны в це-
лом и ее отраслевых комплексов.

УДК 620.9:338.45
ББК 31:65.23

ISBN 978-5-383-01283-3

© Шапот Д.В., Малахов В.А., 2018
© ИНЭИ РАН, 2018
© АО «Издательский дом МЭИ», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Оглавление	3
Предисловие	5
Введение	8
Глава 1. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ МОДЕЛЕЙ	12
1.1. Роль ретроспективной отчетной информации	12
1.2. Сценарный подход к прогнозному моделированию развития экономики	20
1.3. Система показателей, описывающая состояние экономики	23
1.4. Некоторые подходы к формированию параметров межотраслевых моделей	25
Глава 2. КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА	29
2.1. Структура моделей межотраслевого баланса	29
2.2. Оптимизационные модели межотраслевого баланса	32
2.3. Рефлективные модели	36
Глава 3. ОПТИМИЗАЦИОННАЯ «МОДЕЛЬ ЭНЕРГЕТИКИ В ЭКОНОМИКЕ» (МЭНЭК)	42
3.1. Решаемые задачи модели МЭНЭК	42
3.2. Структура и основные особенности модели МЭНЭК	45
3.3. Режимы использования и алгоритмы проведения расчетов на модели МЭНЭК	60
3.4. Технология информационного обеспечения модели МЭНЭК	65
3.5. Программное обеспечение автоматизированной разработки, модификации и эксплуатации межотраслевых моделей	72
3.6. Опыт исследований взаимосвязей экономики и ТЭК на модели МЭНЭК	77
Глава 4. ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ МЕР ПО ОГРАНИЧЕНИЮ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В СТРАНЕ (МЭНЭК-ЭКО)	82
4.1. Цели разработки и основные особенности модели МЭНЭК-ЭКО ..	82
4.2. Экологический блок модели МЭНЭК-ЭКО	86
4.3. Исследования возможных макроэкономических последствий ограничений на эмиссию парниковых газов в России, проведенные на модели МЭНЭК-ЭКО	94

Глава 5. АГРЕГИРОВАННЫЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ	104
5.1. Исследовательская модель для оценки влияния инвестиций на динамику развития экономики (модель «ИМЭК»)	104
5.2. Оптимизационная разностная модель для оценки зависимости экономики России от цен на экспортируемые продукты	113
Глава 6. МНОГОАГЕНТНАЯ МЕЖОТРАСЛЕВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ СРЕДНЕСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКИ (МЕММАС)	120
6.1. Проблемы использования традиционных макроэкономических моделей в условиях экономических кризисов	120
6.2. Решаемые задачи и структура модели МЕММАС	125
6.3. Поведенческие алгоритмы модели МЕММАС	129
6.4. Границы использования модели	151
6.5. Результаты расчетов на модели МЕММАС	154
Заключение	167
Список использованных источников	172

ПРЕДИСЛОВИЕ

С развитием рыночной экономики, изменением в технологиях и условиях энергоснабжения увеличивается важность оценки и учета прогнозных взаимосвязей энергетики и экономики. За рубежом для оценки макроэкономических последствий ценовых и других изменений в условиях развития энергетики с давних пор широко используются модели, базирующиеся на неоклассических принципах общего равновесия. Оптимизационные модели межотраслевого баланса не получили там широкого практического распространения. Напротив, в СССР с конца 70-х годов они стали использоваться даже в Госплане. В «Методических положениях оптимизации развития топливно-энергетического комплекса», подготовленных в 1975 году сотрудниками Сибирского энергетического Института АН СССР, ГВЦ Госплана СССР, НИИ «Энергосетьпроект» и рядом других институтов, предусматривалось использование системы моделей, включая оптимизационную модель межотраслевых связей.

Новые условия развития экономики и энергетики России вызвали значительное развитие как методологии, так и методов прогнозирования систем энергетики. При этом возникло два направления. Одно ориентировано на использование многоуровневой системы итеративно увязываемых моделей (с поэтапным сужением области неопределенности), другое — на построение комплексных моделей, охватывающих все новые аспекты функционирования и развития экономики и энергетики на территории страны или отдельных регионов. Первое развивается в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, а второе, рассчитанное на использование мощной вычислительной техники, в Институте энергетических исследований РАН (ИНЭИ РАН).

В предлагаемой читателю монографии достаточно подробно отражен двадцатилетний опыт исследования межотраслевых макроэкономических взаимосвязей ТЭК, проводимых в ИНЭИ РАН под руководством и при самом активном участии авторов. В шести главах монографии представлены не только методы и результаты собственных исследований, но и отражен зарубежный и отечественный опыт.

В монографии сделан акцент на так называемые управленческие модели, способные регулярно и в оперативном режиме формировать рекомендации для управляющих экономических органов. При этом

в рассмотренных моделях межотраслевые балансы представлены согласно международным стандартам, т.е. в Системе национальных счетов, которая игнорирует ряд существенных особенностей развития экономики, в частности качество продукции, возрастной состав основных фондов, взаимозаменяемость некоторых продуктов, наличие постоянной составляющей в зависимости производственных затрат от выпуска продукции и т.д. Авторы считают необходимым проводить прогнозные расчеты прежде всего на основе государственной отчетности, однако показано, что эта отчетность способна давать лишь приблизительное представление о реальных результатах экономической деятельности.

Важное место в монографии занимает принципиально новая полилинейная оптимизационная «Модель Энергетики в Экономике» (МЭНЭК), которая на протяжении многих лет успешно эксплуатируется и модернизируется в ИНЭИ РАН. Ее важной особенностью является одновременная оптимизация материальных и финансовых балансов. Оригинальный алгоритм полилинейного программирования позволяет описывать связи между переменными не только линейными, но и нелинейными функциями. Эта модель, а точнее модельно-информационный комплекс, не имеет зарубежных аналогов.

Большой теоретический и практический интерес представляет и другая описанная в монографии модель — многоагентная межотраслевая модель для среднесрочного прогнозирования экономики (MEMMAS). В ней синтезирована концепция поведенческого многоагентного моделирования и методика межотраслевого баланса. Помимо производственных отраслей, в качестве экономических агентов в модели выступают домашние хозяйства и совокупность госучреждений. Это одно из принципиальных отличий MEMMAS от традиционных межотраслевых моделей. Другие особенности модели — включение в нее кроме продуктовых и финансовых балансов также баланса совокупной добавленной стоимости, платежного баланса страны и других балансов и факторов. Оригинальным является и математическое описание модели, а также алгоритмы ее расчетов.

Внимания исследователей и практиков заслуживают и другие разработанные авторами и представленные в монографии модели. Следует отметить, что все они носят прикладной характер и являются частью работ, ведущихся в ИНЭИ РАН по разработке и обоснованию программных документов, находящих отражение в Энергетической стратегии России, генеральных схемах развития отраслей ТЭК и других государственных программах.

Важное достоинство монографии — достаточно большое количество представленных результатов практического использования описанного в ней методического инструментария. Эти результаты не только демонстрируют работоспособность разработанных моделей, но и представляют значительный научный интерес.

Представленная книга, несомненно, привлечет внимание, будет интересной и полезной для научных работников, аспирантов и специалистов, занимающихся стратегическим планированием, экономико-математическим моделированием не только ТЭК, но и экономики страны.

*Ю.Д. Кононов,
профессор,
доктор экономических наук*

ВВЕДЕНИЕ

Экономика — фундамент существования любого государства — совокупность процессов, связанных с производством, распределением и потреблением продуктов на текущие нужды и развитие. Управление экономикой строится на количественной оценке экономических результатов. Только анализ этих результатов позволяет ставить и решать задачу формирования оценок возможных ближайших и долгосрочных последствий проектируемых вариантов решений по управлению экономикой страны и крупных корпораций. Уже давно сложилось понимание, что одним из наиболее эффективных инструментов анализа последствий принимаемых управленческих решений является экономико-математическое моделирование развития экономики страны и крупных межотраслевых комплексов. При этом речь идет не о многочисленных моделях, предназначенных для изучения особенностей наблюдаемых экономических процессов в рыночной экономике, которые следует называть исследовательскими. Мы имеем в виду прикладные экономико-математические модели, с помощью которых регулярно в оперативном режиме формируются рекомендации для органов государственного управления. Подобные модели будем называть управленческими.

Среди управленческих моделей можно выделить две группы. К первой группе относятся модели, функционирующие в составе группы взаимодействующих и взаимосогласованных специализированных моделей (например, [1]). Ко второй группе относятся комплексные модели, охватывающие все основные аспекты функционирования экономики некоторой территориальной или производственной единицы (региона, межотраслевого комплекса, страны и пр.). Подобные модели для экономики России будут предметом нашего дальнейшего обсуждения.

Работы В. Леонтьева стали методической основой для построения межотраслевых моделей во всем мире [2, 3]. Проводить ретроспективные и прогнозные количественные исследования на этих моделях стало возможным благодаря новым вычислительным методам прикладной математики, появившимся в первой половине XX века. В частности, разработка универсальных методов решения задач математического программирования (в основном задач линейного программирования [4, 5]) и алгоритмов решения систем эконометрических уравнений

регрессии позволила проводить макроструктурные исследования в экономике. Этому способствовало использование принципов микроэкономической теории в макроэкономическом моделировании [6] и внедрение стандартов унифицированной системы национальных счетов. В конце XX века развитие вычислительных техники и соответствующих прикладных компьютерных программных продуктов привело к появлению комплексных межотраслевых эконометрических и оптимизационных моделей большой размерности со значительно расширенным количеством рассматриваемых отраслей и регионов [7, 8].

В 70—80-х годах в Госплане СССР в составе иерархического комплекса моделей «АСПР Госплана» при разработке основных направлений пятилетнего плана использовалась межотраслевая оптимизационная модель «Сводный народнохозяйственный план» (СНП), которая в разных модификациях охватывала несколько десятков «чистых отраслей». С помощью этой модели на основе минимизации суммарных приведенных затрат формировалось оптимальное распределение материальных потоков при возможно полном использовании производственных мощностей и экзогенном задании объемов потребления материальных ресурсов [9]. В условиях распределительной системы не было необходимости оптимизировать финансовые потоки в стране, поэтому все финансовые показатели в модели задавались и рассчитывались на основе экзогенно задаваемых данных. Это определило использование только линейной оптимизационной модели межотраслевого баланса. Однако вопреки рекомендациям Центрального экономико-математического института (ЦЭМИ) [10], модель СНП приходилось использовать в основном не в оптимизационном режиме, а в режиме поиска допустимого решения, поскольку, как правило, провозглашаемые целевые установки пятилетних планов превосходили соответствующие производственные возможности.

Начиная с 60-х годов прошлого века академик Л.А. Мелентьев инициировал и возглавил разработку оптимизационной модели топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в составе электроэнергетики, нефтяной, газовой и угольной промышленности [11]. Эта линейная динамическая модель (СТРАТЭК) была создана в Сибирском энергетическом институте (СЭИ СО РАН) и в дальнейшем получила серьезное развитие в Институте энергетических исследований (ИНЭИ РАН) [12]. Она позволяет определять оптимальное распределение объемов и направлений использования всех видов энергетических потоков, используя критерий минимизации суммарных приведенных затрат при вариантном задании потребности в топливе

и энергии. Рекомендации, сформированные этой моделью лежат в основе версий утверждаемой Правительством РФ Энергетической Стратегии страны. Однако, как и СНП, СТРАТЭК, будучи линейной моделью, не позволяет оптимизировать финансовые балансы энергетических отраслей.

Одним из наиболее интересных примеров комплексной межотраслевой модели является модель, созданная в Институте системного анализа (ИСА РАН), предназначенная для анализа проблем взаимодействия экономики и транспортного комплекса страны [13], При помощи этой модели проводятся углубленные (по сравнению с Системой национальных счетов) исследования межотраслевых связей на макроэкономическом уровне. Однако весьма трудоемкие исследования на модели ИСА РАН в значительной мере опираются на информацию, отсутствующую в государственной отчетности.

Как уже упоминалось, в рамках плановой экономики финансовые показатели и финансовые балансы экономических субъектов играли вспомогательную роль, т.е. слабо влияли на объемы и распределение материальных потоков. Поэтому они могли не входить в состав искомым переменных управленческих оптимизационных моделей. Однако после перехода страны к рыночной экономике в 90-х годах, когда со всей остротой встал вопрос о финансовом выживании всех субъектов экономики, актуальность использования линейных управленческих межотраслевых моделей резко изменилась. В новых условиях такие показатели, как цены на продукты, ставки налогов, уровни зарплат, всех видов социальных пособий и многих других финансовых показателей приобрели доминирующее значение. А состояние финансовых балансов предприятий определяло саму возможность их существования.

В частности, одной из актуальнейших проблем для российской экономики в переходный период был вопрос о целесообразности повышения внутренних относительно низких цен на основные энергоресурсы в сравнении с ценами, принятыми в развитых странах. Будучи крупнейшим экспортером углеводородов, за счет продажи которых формировалась значительная часть бюджетных поступлений, Россия сохраняла относительно высокий технологический уровень их внутреннего потребления. Этот вопрос был предметом острых дискуссий в стране на многих уровнях.

Богатый опыт использования системного подхода комплексного моделирования развития ТЭК, накопленный в ИНЭИ РАН, стимулировал стремление найти не «экспертный», а объективный ответ

на вопрос о целесообразной динамике изменения внутренних цен на основные энергоресурсы и энергоносители с помощью комплексных экономико-математических исследований. Для решения задач подобной тематики нами была разработана принципиально новая *полилинейная оптимизационная* «Модель Энергетики в Экономике» (МЭНЭК) [14], которая на протяжении многих лет успешно эксплуатируется и модернизируется. С 1999 года модель МЭНЭК стала основным инструментом для комплексных исследований ИНЭИ РАН взаимосвязей отраслей ТЭК и экономики России. Анализ влияния различной динамики внутренних цен энергоносителей на темпы макроэкономических показателей и на развитие и финансовое состояние отраслей экономики (особенно энергоемких) стало одним из основных направлений исследований на модели МЭНЭК вплоть до 2008 года. Начиная с 2008 года, результаты расчетов на МЭНЭК стали регулярно использоваться при формировании сценариев взаимосогласованного социально-экономического развития регионов страны (как в разрезе федеральных округов, так и в разрезе субъектов РФ). Для этого в ИНЭИ РАН была специально разработана оригинальная методика по региональному дезагрегированию результатов, получаемых на модели МЭНЭК. Однако прежде чем обсуждать конкретные модели, целесообразно подробно рассмотреть сначала основные особенности «классических» моделей межотраслевого баланса, а затем различные виды их реализации.

В работе над монографией активно помогали сотрудники лаборатории «Исследований взаимосвязей энергетики с экономикой» ИНЭИ РАН. В частности, разделы 3.3 и 5.2 были написаны совместно с ведущим научным сотрудником ИНЭИ РАН Лукацким А.М., разд. 3.4 написан совместно с научным сотрудником ИНЭИ РАН Федоровой Г.В., разд. 4.2 — совместно с младшим научным сотрудником ИНЭИ РАН Дубыниной Т.Г., разд. 6.5 — совместно с инженером-исследователем ИНЭИ РАН Несытых К.В.

ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

1.1. Роль ретроспективной отчетной информации

Возможность моделирования развития экономики страны жестко привязана к способам формирования официальной государственной отчетности о результатах социально-экономической деятельности. Поэтому прежде чем обсуждать технологию экономико-математического моделирования, необходимо ознакомиться с основными чертами государственной статистики.

В современном мире используются сотни тысяч конкретных видов продуктов. Их количественный учет возможен только на основе использования многоуровневой иерархии разных видов однородных продуктов. В результате почти каждый член этой иерархии является агрегированным продуктом, включающим в себя несколько видов менее агрегированных продуктов (например, продовольственные товары \Rightarrow мясомолочные продукты \Rightarrow мясные продукты \Rightarrow колбаса \Rightarrow сервелат). Для количественной оценки объема любого агрегированного продукта следует сопоставлять объемы составляющих его менее агрегированных продуктов (например, машины: энергетические, транспортные, строительно-дорожные, сельскохозяйственные и т.д.).

Для подобного сопоставления необходимо использовать какую-либо ключевую аддитивную характеристику, свойственную каждому продукту. В качестве такой характеристики могли бы выступать затраты энергии, необходимой для производства любых продуктов в составе иерархии. Однако уже очень давно повсеместное использование получила другая характеристика — денежные затраты на приобретение единичного объема продуктов, т. е. их цена. Поэтому экономический учет объема продуктов основан на осредненной стоимостной оценке их объемов.

Само понятие цена применимо только к продуктам нижнего уровня агрегирования, т.е. к конкретным (*первичным*) продуктам. Иначе говоря, оно применимо к тем продуктам, которые может купить потребитель (например, электроэнергия, нефть, трактор, консультация специалиста и т.д.). Цена любого продукта меняется во времени.

Поэтому фиксируются *средние цены* за некоторый интервал (месяц, квартал, год). Для любого продукта *цена покупателя* зависит не только от его качества. Она содержит несколько составляющих: *цену производителя*, а также транспортную, сбытовую и налоговые надбавки. Поэтому средние за некоторый период составляющие цены *одноименных продуктов* имеют значительное разнообразие. В результате стоимостные оценки любой совокупности конкретных продуктов *формируются с использованием не средних, а средневзвешенных цен, определяемых с практически неконтролируемой статистической погрешностью.*

Стоимостная оценка любого агрегированного продукта является суммой стоимостных оценок входящих в его состав менее агрегированных продуктов. Таким образом, количественная оценка экономических результатов (агрегированных показателей), в основе которой всегда лежит некоторая совокупность («корзина») конкретных продуктов, не может быть сделана с контролируемой точностью. Подобно решению проблем юриспруденции и организации спортивных игр положение спасает строгая регламентация методики формирования агрегированных стоимостных показателей. Прежде всего, она должна касаться иерархии продуктов и процедур осреднения и взвешивания цен и объемов продуктов нижнего уровня. Только при наличии такой регламентации возможно эффективное использование стоимостных оценок для управления экономикой страны. Поэтому неуместны попытки получить «объективную оценку» подавляющего большинства объемных значений агрегированных продуктов.

Однако для успешного управления нельзя ограничиться отчетной фиксацией экономических результатов. Существует острая необходимость в сопоставлении отчетных и (или) прогнозных результатов, как для разных интервалов времени, так и для разных экономических субъектов. В международной практике для сопоставления оценок одноименных агрегированных показателей в разных странах используется концепция *паритета покупательной способности местной валюты* (ППС). Однако в дальнейшем мы будем рассматривать сопоставление стоимостных оценок одноименных показателей для разных интервалов времени в рамках одной страны, поэтому опустим обсуждение методики ППС.

Итак, стоимостные оценки агрегированных отчетных показателей определяются суммарным объемом и ценами соответствующей «продуктовой корзины». При этом самая полная корзина соответствует макропоказателю «валовой выпуск продукции». Но *цены меняются*

с разным темпом для разных конкретных продуктов. Поэтому в экономической отчетности используется термин «объемное значение показателя в ценах такого-то года», в частности текущего года. Именно в ценах текущего года приводятся стоимостные оценки значений основного массива отчетных данных всеми органами государственной статистики. Однако при этом предполагается, что при сопоставлении значений одноименных агрегированных показателей разных лет должны рассматриваться только суммарные объемы соответствующей «продуктовой корзины». Поэтому сравнение экономических результатов разных лет в ценах текущего года не является корректным.

Для решения этой проблемы в повсеместной практике используется такой подход: для всего рассматриваемого временного интервала стоимостные оценки всех агрегированных показателей рассчитываются «в сопоставимых ценах», т.е. в ценах одного и того же года, который называется *базовым*. А для сравнения объемов одноименных агрегированных показателей разных лет служит соответствующее отношение их значений в сопоставимых ценах, именуемое как индекс физического объема (ИФО). При этом рассматриваются два вида индексов: годовой — отношение значений показателей к предыдущему году и базовый — отношение к базовому году. Иногда базовые индексы называют цепными, поскольку они являются произведением соответствующих годовых индексов. В последнее время Росстат публикует отчетные значения годовых ИФО для весьма ограниченного набора макропоказателей. Это позволяет легко найти соответствующие значения показателей в ценах базового года методом экстраполяции, воспользовавшись соотношением $P_t^s = P_s^s \cdot \text{ИФО}_t^s$, где P_t^s — значение показателя P в году t в ценах базового года s .

Для расчета отчетных значений макропоказателей в ценах базового года чаще всего используется *метод дефлирования*. При этом основные вычисления проводятся с помощью соотношения $P_t^s = P_t^t / \text{ДЕФ}_t^s$, где ДЕФ_t^s — дефлятор продуктовой корзины, на основе которой проводится стоимостная оценка показателя P . При этом сам ДЕФ_t^s является базовым индексом средневзвешенной стоимости данной продуктовой корзины в структуре и ценах базового года s . Наиболее известным является дефлятор «Индекс потребительских цен», с которым часто ассоциируется уровень инфляции в стране. Средняя цена каждого продукта любой корзины (по всем учитываемым его разно-

видностям) определяется с помощью разных конкурирующих друг с другом формализмов. Наибольшее распространение получила формула Лайсперса [6], соответствующая алгоритму вычисления математического ожидания.

Следует отметить, что не существует строгих общепринятых процедур пересчета динамических рядов стоимостных показателей, представленных в текущих ценах, в сопоставимые цены. Поэтому подобные пересчеты не свободны от субъективного выбора и зависят от целей исследования.

В начале 90-х годов ООН и международные финансовые организации узаконили [15, 16] единую систему годовой макроэкономической отчетности в виде **системы национальных счетов** (СНС) в составе 7 счетов: товаров и услуг, производства, образования доходов, распределения первичных доходов, вторичного распределения доходов, использования располагаемого дохода, операций с капиталом. Эти счета включают три уровня агрегирования финансовых результатов в ценах текущего года:

- консолидированные счета (для всей экономики);
- счета институциональных секторов (финансовые и нефинансовые корпорации, государственное управление, домашние хозяйства);
- отраслевые счета (производство и потребление первичных продуктов и видов экономической деятельности).

Основной информационной базой для управления экономикой и содержательных прогнозных исследований являются отраслевые счета. Наиболее важной частью этих счетов являются счета производства, товаров и услуг, а также образования доходов. Совокупность этих отраслевых счетов принято называть межотраслевым балансом (МОБ). В свою очередь, основой МОБ являются счет производства и счет товаров и услуг. Эта совокупность в литературе именуется как таблицы «Затраты — выпуск». Уровень агрегирования этих таблиц может варьироваться в широких пределах. Он определяется количеством и номенклатурой продуктов, которые условно считаются первичными.

За рубежом указанные таблицы формируются на регулярной основе, наибольшим опытом в построении матриц «Затраты — выпуск» обладают США, где эти таблицы находятся в открытом доступе на сайте Бюро экономического анализа. Разработка таблиц «Затраты — выпуск» — обязательный элемент статистической базы для стран-членов ЕС, а для стран-кандидатов носит рекомендательный характер. Таблицы «Затраты — выпуск» формируют также в Япо-

нии, Китае, Канаде, ряде других стран. Как правило, за рубежом эти таблицы по агрегированному набору товаров и услуг (порядка 20—70 видов продуктов) формируются ежегодно, а по более широкой номенклатуре продуктов — раз в пять лет. В указанных странах ретроспективные таблицы «Затраты — выпуск» и в целом МОБ являются основой для исследований перспектив развития экономики.

Первый и единственный в постсоветской России полный МОБ, сформированный по методологии СНС, относится к 1995 году. В период 1998—2003 годы регулярно публиковалась система таблиц «затраты—выпуск» в стандартной номенклатуре продуктов на основе существовавшего со времен СССР «Общероссийского Классификатора отраслей народного хозяйства» (ОКОНХ). В связи с переходом в 2004 году от ОКОНХ к международному стандарту видов экономической деятельности (ОКВЭД) в отечественной статистике вплоть до 2014 года отсутствовала всякая информация о МОБ. Последние базовые таблицы «затраты—выпуск» за 2011 и таблицы ресурсов и использования за 2014 опубликованы в марте 2017. Чуть позднее (в мае 2017 г.) были опубликованы таблицы ресурсов и использования за 2013 и 2012 гг.

Очевидно, что не только для непосредственного управления, но и для серьезных макроэкономических исследований особенностей и возможностей отечественной экономики, а также для прогнозных исследований необходимо иметь общедоступную и официально утвержденную ретроспективную базу данных, отражающих в явном виде динамику значений основных макроэкономических показателей. Только в этом случае аналитические материалы могут иметь практическую ценность, поскольку регулярно публикуемая информация о методике формирования значений показателей отечественной СНС позволяет однозначно интерпретировать всеми исследователями содержательный смысл отчетных данных. Следовательно, официальная ретроспективная база данных должна содержать траектории показателей, взаимно увязанные для каждого года продуктовыми и финансовыми межотраслевыми балансами, *не только в текущих, но и в сопоставимых ценах*. Между тем, отечественная статистика регулярно представляет обширный набор данных в текущих ценах, а также для отдельных показателей годовые дефляторы и годовые индексы физического объема. Однако при отсутствии в отчетных публикациях полной информации о МОБ даже в ценах текущего года ограниченный набор и неполное взаимное соответствие динамических индексов определяют невозможность непосредственного восстановления необ-

ходимого набора взаимосогласованных макроэкономических показателей в постоянных ценах.

Поэтому в 2013—2014 годах нами был разработан алгоритм, который на основе отчетных данных с помощью модели МЭНЭЖ позволяет строить с контролируемой точностью последовательность ретроспективных МОБ в текущих и сопоставимых ценах.

Следует подчеркнуть, что жесткая регламентация макроэкономических годовых результатов развития экономики в виде балансовых соотношений с весьма ограниченным набором показателей порождает значительные проблемы в интерпретации отчетных данных по отношению к реально протекающим экономическим процессам. В частности, в СНС некоторые основные счета представлены в виде следующих слагаемых:

- Приходная часть *счета товаров и услуг*: выпуск в основных ценах, импорт товаров и услуг, налоги на продукты, субсидии на продукты, всего.

- Расходная часть *счета товаров и услуг*: промежуточное потребление, расходы на конечное потребление, валовое накопление, экспорт товаров и услуг, статистическое расхождение, всего.

- Приходная часть *счета производства*: выпуск в основных ценах, налоги на продукты, субсидии на продукты, всего.

- Расходная часть *счета производства*: промежуточное потребление, валовой внутренний продукт в рыночных ценах.

- Приходная часть *счета образования доходов*: валовой внутренний продукт в рыночных ценах, всего.

- Расходная часть *счета образования доходов*: оплата труда наемных работников (в том числе скрытая оплата труда и смешанные доходы), налоги на производство и импорт (в том числе налоги на продукты, другие налоги на производство), субсидии на продукты и импорт (в том числе субсидии на продукты, другие субсидии на производство), валовая прибыль экономики и валовые смешанные доходы, всего.

- Приходная часть *счета операций с капиталом*: валовое сбережение, капитальные трансферты, полученные от «остального мира», капитальные трансферты, переданные «остальному миру», всего.

- Расходная часть *счета операций с капиталом*: валовое накопление основного капитала, изменение запасов и материальных оборотных средств, приобретение за вычетом выбытия непроектированных нефинансовых активов, чистое кредитование или чистое заимствование, статистическое расхождение, всего.

Таким образом, в счетах СНС фиксируются сбалансированные результаты, в которых расходная часть любого счета равна его приходной части. А относительно небольшие «статистические расхождения» в счетах товаров и услуг и операций с капиталом играют роль «замыкающих статей». Эти статьи должны отражать лишь ошибки, возникающие при агрегировании значительно более подробной *первичной информации*, которая содержится в бухгалтерской отчетности всех видов предприятий.

Принципиальное значение имеет следующее утверждение. Весьма ограниченный состав балансовых статей счетов товаров и услуг и операций с капиталом не может обеспечить выполнение требования сбалансированности в реальной экономике при формально закрепленных правилах вычисления значений составляющих этих счетов. Эти правила используют показатели бухгалтерской отчетности, причем часть таких показателей дополняет макроэкономическую информацию, связанную со счетами отраслей. Например, рентабельность продаж продукции и рентабельность активов, нераспределенная и чистая прибыль, собственные финансовые ресурсы и поток свободных финансовых ресурсов и многие другие.

Бухгалтерская отчетность должна отражать реальные результаты во всех многообразных направлениях деятельности предприятий. Строгая регламентация этих направлений невозможна, поскольку она должна отражать и последствия часто принимаемых не всегда легальных решений. Поэтому в бухгалтерской отчетности присутствуют свои замыкающие статьи типа «прочие затраты», а правила соотношения направлений реальных расходов с формально заданными статьями далеко не всегда однозначны и могут допускать субъективную интерпретацию.

Следует отметить, что при самостоятельном построении ретроспективных межотраслевых балансов важную роль играет качество официальной статистической информации, публикуемой Росстатом. Несмотря на постоянное совершенствование структуры организации системы статистических служб, методологических положений, методов и организации сбора информации, форм статистической отчетности и т.д., у публикуемой в открытой печати статистической отчетности есть ряд недостатков (см., например, [17]). Эти недостатки условно можно определить как *неполнота, недостоверность и недостаточная согласованность отчетной информации*. Для целей межотраслевого моделирования основным изъяном статистической отчетности следует считать отсутствие в ней таблиц «Затраты — выпуск»

в номенклатуре ОКВЭД в сопоставимых ценах. Кроме того, в качестве типичных частных примеров неполноты отчетной информации можно отметить:

- отсутствие опубликованных индексов физического объема и дефляторов по многим показателям (в частности, по валовому накоплению основного капитала и промежуточному потреблению в разрезе секторов экономики);
- отсутствие информации по разделению отдельных продуктовых групп импорта по способу использования в экономике РФ (промежуточное и конечное потребление, капитальные вложения);
- отсутствие информации по таким важным показателям, как цены на металлы и продукты машиностроения.

Примером недостоверности отчетных данных может служить показатель «денежные доходы населения», в которых значительную роль играют «теневые доходы», в частности скрытая зарплата (согласно данным Росстата 39,78 % официальной оплаты труда наемным работникам в 2011 году). Показатель «Скрытая оплата труда и смешанные доходы» считается как разница между расходами и официальными доходами. Из этого следует, что суммарные доходы населения в российской статистике оцениваются по зарегистрированным расходам домашних хозяйств, а не денежным потокам, поступающим в бюджет домашних хозяйств. Кроме того, можно отметить показатель динамики роста сбережений населения, в котором учитываются исключительно рублевые денежные потоки. Таким образом, при активном переводе населением сбережений в иностранную валюту прирост сбережений уменьшается, хотя в реальности этого не происходит. Следствие этого — искажение индекса роста реально располагаемых доходов населения. В частности, по данным Росстата рост реально располагаемых денежных доходов населения в 2008 году составил 102,4 %, в то время как рост реально начисленной заработной платы (основного компонента располагаемых денежных доходов) значительно выше и составил 111,5 %. Кроме того, вызывает серьезные сомнения достоверность стоимостных оценок для некоторых существенно агрегированных продуктов, например пищевые продукты, продукция машиностроения и химической промышленности и т.д.

Несогласованность различных показателей между собой также является существенным недостатком отечественной статистической информации. Яркий пример такой несогласованности — несоответствие публикуемых годовых индексов цен на продукты с аналогичными значениями, полученными с помощью ИФО.

Более полный анализ недостатков государственной отчетной информации и способов их преодоления представлен в разд. 3.4.

Таким образом, можно утверждать, что жестко регламентированная государственная статистическая отчетность способна давать лишь приблизительное (с неконтролируемой погрешностью) представление о реальных результатах экономической деятельности.

1.2. Сценарный подход к прогнозному моделированию развития экономики

Наличие регулярной статистической отчетности о результатах экономической деятельности является необходимым, но далеко не достаточным условием для оценки возможных последствий проектируемых управленческих решений и оценок вероятного будущего состояния экономики страны. Очевидно, что непрерывное и успешное управление сложными объектами или исследование сложных процессов при отсутствии достоверных знаний о будущих условиях возможно лишь при наличии информации хотя бы об образе этих условий. Существуют два подхода к созданию подобной информации: *предсказания* (я уверен, я думаю, я считаю, мне кажется, что...) и *формирование гипотез*, так называемых *сценариев* (если реализуется то-то, то можно ожидать того-то или следует поступать так-то). Первый из этих подходов не может служить основой ни для научных исследований, ни для успешного управления. А сценарный подход является единственным средством как для научных исследований, так и для формирования разумных управленческих решений в условиях неопределенности. Именно этот подход является предметом дальнейшего обсуждения.

Горизонт прогнозирования — год, для которого желательно оценивать состояние условий развития, определяется целью и объектом управления. Тогда *прогнозный период* — интервал времени между датой прогноза и этим годом. Если речь идет о непрерывном управлении заданным объектом (например, экономикой страны, производственной отраслью, предприятием), то регулярно возникает необходимость принятия решений о масштабных и структурных изменениях этого объекта. При этом целесообразность выбора тех или иных решений зависит от характера условий функционирования после их реализации. Предполагается, что известна технология реализации каждого варианта решения, необходимые затраты, а также продолжительность сооружения объектов и их эксплуатации. Тогда целесообразный гори-

зонт прогнозирования является *среднесрочным*. Его верхняя граница определяется сроками эксплуатации вновь вводимых объектов.

Когда речь идет об управлении научно-техническим прогрессом в какой-либо области, то актуальным является анализ направлений и последовательности структурных технологических изменений. В этом случае горизонт прогнозирования является *долгосрочным*. Он определяется ожидаемыми темпами внедрения плодов прикладных научных и конструкторских разработок во всем мире.

В том случае, когда речь идет о финансовых и материальных потоках, формируемых в результате текущей деятельности, горизонт прогнозирования должен быть *краткосрочным* (*не более одного года*).

Содержание прогнозного сценария существенно зависит от характера прогноза. Если прогноз представляет собой эвристический логический анализ, то сценарий содержит перечень важных событий, которые предположительно должны совершиться в прогнозном периоде. Такой сценарий будем называть *эвристическим*.

Если же сценарий должен обеспечить исходную информацию для количественного прогнозного анализа, который обычно опирается на комплексные модельные расчеты, то при любом горизонте прогнозирования сценарий должен содержать для каждого прогнозного года численные значения большого количества показателей, характеризующих *условия развития экономики*. Среди них обычно выделяют небольшую группу неуправляемых и/или невычисляемых показателей, оказывающих существенное влияние на результаты экономического развития. Число таких самых влиятельных показателей, которые будем называть сценарными, как правило, не превосходит одного-двух десятков. В дальнейшем будут рассматриваться именно такие наборы сценарных показателей, которые мы будем называть *сценариями для расчетов*.

При проведении прогнозных исследований нецелесообразно ограничиваться единственным сценарием. Более строгий подход к формированию информации о будущих условиях развития подразумевает использование не единственной точки, а *области в пространстве сценарных показателей*. Эта область задается *эвристической оценкой* возможного диапазона значений, которые может принимать каждый сценарный показатель в конце прогнозного периода. Будем называть ее *областью неопределенности*.

Тогда прогнозные исследования будущих условий развития заключаются в проведении модельных расчетов для *совокупности прогнозных сценариев*, каждый из которых для каждого прогнозного года

представлен конкретной точкой в области неопределенности. Однако представительное покрытие непрерывной области достаточно большой размерности совокупностью точек является весьма сложной задачей, в рамках которой необходимо выбрать как количество представительных точек, так и сочетания значений сценарных показателей в каждой из них. И если проведение модельного прогнозного расчета для каждого сценария является трудоемким процессом, то целесообразно минимизировать количество представительных сценариев.

При формировании представительных сценариев часто используется следующий подход. В заданном диапазоне значений каждого сценарного показателя для каждого прогнозного года выделяются три *ключевые точки*, соответствующие наиболее благоприятному, наименее благоприятному и «инерционному» значениям с точки зрения цели исследования.

Однако полный перебор сочетаний из трех выделенных ключевых точек для каждого из сценарных показателей, как правило, не представляется возможным. Действительно, если количество сценарных показателей равно 10, то полный перебор возможных сочетаний, т.е. вариантов сценариев, составит 120. Поэтому возникает необходимость выбирать *представительный набор сценариев* исходя из содержательных соображений. Наибольшее распространение получил простейший подход: область неопределенности задается тремя модельными сценариями, в каждом из которых одна часть основных сценарных показателей представлена ключевыми точками рассматриваемого показателя, а другая часть — «инерционными точками». Однако вероятность реализации любого из таких сценариев весьма мала. Гораздо более интересным является эвристический подход к формированию совокупности модельных сценариев. Это значит, что выбор представительного набора сочетаний ключевых точек ориентирован на реализацию в прогнозном периоде некоторых предсказуемых важных событий. Подобные сценарии будем называть *смешанными*.

Таким образом, при наличии модели (или алгоритма) прогнозных расчетов формирование структуры модельных сценариев, ключевых точек их сценарных показателей, а главное, представительного набора модельных сценариев является во многом эвристическим процессом. Он доступен лишь квалифицированным специалистам. Несмотря на это, формирование сценариев будущих условий развития экономики является единственным, хотя далеко не идеальным подходом для получения обоснованных оценок возможных последствий проектируемых управленческих решений.

1.3. Система показателей, описывающая состояние экономики

Как отмечалось выше, существуют два принципиально разных подхода к формированию прогнозной экономической информации — эвристический и расчетный. *Эвристический прогноз* является интуитивной оценкой эксперта последствий принятия конкретных экономических решений или значений интересующих экономических показателей к некоторому будущему моменту времени. Такой прогноз, не будучи трудоемким, не требует больших затрат времени. Однако он может содержать субъективную количественную оценку весьма малого числа экономических показателей без анализа их взаимосвязей и поэтому не может иметь убедительных обоснований. Осреднение однородных прогнозных оценок, сделанных группой экспертов, не позволяет заметно увеличить достоверность и убедительность этих оценок.

Расчетный прогноз реализуется с помощью определенного алгоритма (экономико-математической модели) и характеризуется своей целевой направленностью, т.е. широтой рассматриваемых аспектов экономической деятельности и подробностью (глубиной) их описания. Согласно СНС степень глубины *единой комплексной модели межотраслевого баланса* (МОМОБ) задается уровнем «отраслевых счетов», в разных моделях может использоваться разный уровень агрегирования отраслей и продуктов.

Здесь уместно отметить одну из не самых больших трудностей, возникающих при отображении реальной экономики в виде модели межотраслевого баланса. Речь идет о представлении большого количества взаимно независимых однопрофильных предприятий в виде единого отраслевого субъекта со своими интересами. При этом приходится отказаться от моделирования внутриотраслевой конкуренции, что более или менее допустимо для высокомонополизированной российской экономики, но не мешает сосредоточить внимание на конкуренции между отечественными и импортными продуктами. Кроме того, приходится допускать обстоятельства, не оправданные для производственных субъектов с централизованным управлением. Например, принимать одновременное наличие прибыли и убытков, привлечение кредитов и образование свободных финансовых ресурсов и т.д.

Для формирования отраслевых счетов модели межотраслевого баланса должны располагать большим объемом исходных данных (включая сценарные данные), характеризующих *экономические усло-*

вия развития. Следует отметить наличие внутренних и внешних экономических условий. *Внутренние экономические условия* включают в себя следующие группы показателей:

- характеристики всех видов природных ресурсов;
- количество населения и его структурный состав;
- технологический уровень развития экономики, определяемый значениями разнообразных удельных показателей;
- предельные возможности производства продуктов;
- структура налоговых платежей и, возможно, их ставки.

Для экономики России перечисленная совокупность условий задается многими сотнями (а возможно, и тысячами) показателей в зависимости от степени агрегирования продуктов и отраслей.

Существенную роль в задании внутренних условий развития экономики играет предполагаемая социально-экономическая политика государства, которая включает в себя следующие аспекты:

- объемы социальной поддержки населения и поддержки производственных отраслей;
- объемы и направления использования государственных закупок продуктов;
- валютная и денежно-кредитная политика Центрального Банка;
- государственная инвестиционная политика и соответствующий инвестиционный климат в стране (в частности, дополнительные отраслевые издержки, связанные с преодолением административных барьеров).

При этом модельное отражение государственной политики проявляется не только в численных значениях соответствующих показателей, но и в выборе вида зависимостей между некоторыми показателями.

Как правило, *внешние экономические условия* характеризуются следующими показателями:

- цены на экспортируемые и импортируемые страной продукты;
- возможные объемы экспорта продуктов;
- условия долгосрочного кредитования отечественных резидентов (максимальные объемы кредитов, процентные ставки и сроки кредитов).

Обычно в моделях все задаваемые исходные данные, в частности показатели, определяющие состояние экономики, называются *параметрами*. В моделях класса МОМОБ формирование численных значений параметров для каждого прогнозного года является одной из самых сложных и трудоемких проблем. В целом для формирования

комплексных прогнозных оценок состояния экономики с помощью экономико-математических моделей необходимо привлечение весьма значительного количества исходных данных, подготовка которых всегда является сложной и трудоемкой задачей.

1.4. Некоторые подходы к формированию параметров межотраслевых моделей

Основным источником при формировании перспективных значений параметров для моделей класса МОМОБ являются *ретроспективные траектории одноименных параметров*, построенные на основе официальной государственной отчетности. Существует два разных подхода к выбору прогнозных значений статических параметров для МОМОБ — инерционный и сценарный. Инерционный подход связан с оценкой объективно существующей *инерционности многих экономических процессов*. Это значит, что одноименные значения большинства экономических показателей, относящиеся к близким моментам времени, связаны между собой. Наличие подобной связи позволяет прогнозировать значения этих показателей, используя их значения в предыдущие моменты времени. Именно поэтому связность можно рассматривать как *инерционность*. Ее смысл можно трактовать как слабую изменчивость во времени значения показателя или характера его изменения во времени, или его связи с другими показателями. Поэтому, говоря об инерционности, следует конкретизировать *инерционный фактор*: значение показателя, зависимость его изменения от времени или характер его связи с одним или несколькими другими показателями. Назовем *инерционным* подход к прогнозированию значений параметров МОМОБ, основанный на использовании связности между значениями показателей. Чаще всего такой подход применяется, во-первых, к определению параметров, характеризующих технологический уровень экономики, а во-вторых — к заданию структуры некоторых показателей, определяющих их долевое разбиение по заданным направлениям использования (например, доля начисленной зарплаты в добавленной стоимости отрасли).

При использовании инерционного подхода анализировать степень связности *разномоментных* значений экономических показателей существенно помогает исследование их представительных (порядка 10 лет) ретроспективных рядов, основанных на отчетных данных. Прежде всего следует попытаться аппроксимировать подобный ряд с помощью одной из простых функций. Если ошибки аппроксима-

ции являются приемлемыми, то инерционным фактором является эта функция, и ее можно использовать для прогноза значений показателя на перспективу 2—3 года. В противном случае следует изменить процедуру, проводя аппроксимацию ретроспективного ряда лишь для последних 4—5 лет. Для стоимостных показателей такой прием можно применять только к траекториям, представленным в сопоставимых ценах. Если индексы физического объема (ИФО) стоимостного показателя слабо меняются в ретроспективном периоде, то зависимость физического объема этого показателя от времени является линейной. В этом случае для прогноза физического объема показателя (его объема в сопоставимых ценах) удобно использовать величину ИФО.

Кроме исследования связности значений одного и того же показателя в разные моменты времени достаточно конструктивным подходом могут являться оценки связности *одномоментных* значений разных экономических показателей. Расчетные модели, основанные на широком использовании связей между разноименными показателями, принято называть *регрессионными или эконометрическими*.

Рассмотрим возможный подход к оценке связности некоторой пары экономических показателей. При наличии подобной связности оценка значения показателя A может быть сделана по оценке другого показателя B . Для анализа степени согласованности в рамках российской практики последнего десятилетия выбираются такие пары макроэкономических показателей, взаимозависимость которых имеет экономическое обоснование. Чаще всего для анализа взаимосвязи двух показателей A и B (точней, их траекторий) используется *коэффициент корреляции* $R(A, B)$ — нормированный центральный смешанный момент второго порядка. Однако для модельного прогнозирования значения показателя B по значению показателя A гораздо более конструктивным является использование в явном виде характера зависимости между этими показателями. Простейшими видами подобной зависимости являются $B/A = k$ и гораздо реже, $B \cdot A = k$. Интересно отметить, что при наличии линейной связи между A и B , например, когда A является частью B , $R(A, B) = \pm 1$.

Довольно часто для прогнозирования удобно использовать годовые индексы связанных показателей (инд). В частности, если в ретроспективном периоде $B/A = k$, то $\text{инд}(B/A) = 1$. Тогда $(B/A)_t = (B/A)_{t-1}$, поэтому

$$B_t = A_t (B/A)_{t-1}.$$

Если $B \cdot A = k$, то легко показать, что

$$\text{инд} B \cdot \text{инд} A = 1,$$

т.е.

$$B_t / B_{t-1} \cdot A_t / A_{t-1} = 1.$$

Тогда

$$B_t = B_{t-1} \cdot A_t / A_{t-1}.$$

Любой из этих видов связи является *достоверным*, если для всех лет ретроспективного интервала коэффициент k является строго постоянным. Будем говорить, что связь между B и A достаточно *устойчива*, если величина k слабо меняется на ретроспективном интервале. Это лучшее, на что можно надеяться при анализе реальной отчетной информации. Определим понятие « k_t меняется слабо» условием $k_{\min} / k_{\max} \Rightarrow 0,9$. Эту величину обозначим как силу связи (СС) между B и A на интервале 2004—2016 гг., а при $СС \Rightarrow 0,9$ будем говорить о сильной связи между B и A .

Однако чаще всего сила связи между B и A оказывается меньше, чем 0,9. В то же время в подобной ситуации нередко встречаются случаи, когда на протяжении периодов быстрого роста экономики России (2004—2008 гг.) и замедляющегося роста (2010—2015 гг.) коэффициент k достаточно хорошо может аппроксимироваться разными значениями. Тогда в процессе прогнозирования связь между соответствующими переменными может определяться экстремальными значениями k только на последнем ретроспективном интервале 2012—2016 гг.

При ретроспективном анализе силы связей используются отчетные значения показателей в ценах текущего года или в ценах выбранного базового года. Поэтому с помощью индексов формируются значения показателей в ценах соответствующего года. Показатели, отчетные значения которых зафиксированы на конец года, в моделях обычно представляются своими среднегодовыми значениями.

Однако инерционный подход и, в частности, регрессионные модели можно успешно применять лишь при стационарном развитии экономики. При этом описанию модели должен предшествовать тщательный анализ «свежих» ретроспективных рядов и связности показателей используемых при расчетах показателей. При отсутствии такого анализа достоверность соответствующих прогнозных расчетов не может вызывать доверия. Поэтому в кризисных условиях при быстрых изменениях экономической ситуации выбор значений многих параметров для очередного шага может осуществляться только эвристически.

В то же время хорошо известно, что некоторые показатели, важные для макроэкономического моделирования, обладают высокой волатильностью (изменчивостью) даже в стационарных условиях. Поэтому при годовом шаге модельных расчетов их нельзя считать инерционными. К их числу, например, относится большинство показателей, связанных с трансграничными продуктовыми и финансовыми потоками. Для задания основных волатильных параметров используется не инерционный, а *сценарный* подход, т.е. с помощью принимаемых гипотез.

Однако в балансовых моделях большое число параметров приходится задавать, используя упрощающие допущения. Так исследователи вынуждены поступать в тех случаях, когда оценки значения показателя или объективно существующей связи между показателями невозможно выявить с помощью отчетной информации. Характерным примером подобной ситуации является отсутствие отчетных данных об отраслевых мощностях (максимально возможном объеме выпуска при существующих производственных фондах) или о количественном влиянии капитальных вложений на каждое из трех направлений — рост мощности отраслей, рост производительности труда и сокращение удельных затрат промежуточного потребления. В этих условиях обычно используют допущение о влиянии инвестиций лишь на отраслевые мощности и отсутствии влияния на отраслевые затраты промежуточного потребления и на производительность труда. Однако, как правило, подобные допущения вызывают необходимость сокращения горизонта прогнозирования.

Таким образом, одной из главных (но не единственной) проблем, ограничивающих достоверность результатов прогнозных расчетов на моделях межотраслевого баланса, является *субъективный характер принимаемых значений весьма большого количества параметров*, определяемый «образом ожидаемого решения», т.е. сценария, который задает исследователь. Тем не менее, в настоящее время модели класса МОМОБ принято считать наиболее комплексным инструментом для прогнозных исследований развития экономики страны.

КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА

2.1. Структура моделей межотраслевого баланса

Общепринятое модельное отображение взаимодействующих субъектов экономики (агентов) в МОМОБ обычно задается перечнем производителей товаров и услуг (отрасли экономики), а также государственными учреждениями (ГУ) и домашними хозяйствами (ДХ). Моделируемые субъекты экономики производят агрегированные продукты, которые представляются матрицей продуктов, производимых каждым субъектом экономики (матрицей выпусков).

Обычно рассматриваются два аспекта деятельности каждого агента: материально-продуктовый и финансовый.

В моделях принимается дискретное представление во времени процесса функционирования экономики, чаще всего временной шаг — календарный год.

При этом происходит следующая фиксация результатов годовой деятельности: для экономики — перечень основных макроэкономических показателей, для агентов — финансовые балансы, для продуктов — материальные балансы. Система показателей, описывающих эти результаты, задается СНС, а именно консолидированными счетами, счетами институциональных секторов и отраслевых счетов.

Если в МОМОБ описываются интересы экономических субъектов, то они чаще всего отождествляются с максимизацией их доходов (прибыли).

Основные решения (управления), принимаемые всеми агентами на каждом годовом цикле включают в себя определение

- объемов производства продуктов,
- объемов закупок отечественных и импортных продуктов,
- объемов инвестиций.

Специфические решения (управления) производственных отраслей включают в себя определение:

- отпускных текущих цен на продукты,
- уровня зарплаты работников,
- объемов привлекаемых займов,
- дивидендных выплат и др.

Для домашних хозяйств (ДХ) специфические решения ограничиваются выбором объемов покупок товаров и услуг (ПТУ). Для госучреждений (ГУ) — это определение налоговых ставок, объемов и структуры бюджетных расходов, параметров денежно-кредитной политики. При этом перечисленные решения для ГУ могут быть заданы и в виде постоянных значений, т.е. параметров модели.

Другие структурные особенности моделей определяются целями макроэкономического моделирования. По нашему мнению, могут быть два различных вида этих целей. В самом общем виде их можно сформулировать как попытку ответа на следующие вопросы.

А. Можно ли в году t получить желаемый макроэкономический результат при заданных внешних и внутренних условиях. Если можно, то каков соответствующий оптимальный результат?

Однако, как правило, на сформулированный таким образом вопрос межотраслевая модель дает отрицательный ответ, т.е. поставленная задача не имеет решения. В этом случае начинается основная работа исследователя — эвристический поиск такого минимального смягчения желаемых требований, при котором возможно получение решения. Тогда проблема сводится к получению не оптимального, а допустимого решения. Строго говоря, оптимальное или допустимое решение задачи А нельзя считать прогнозным решением. Оно позволяет лишь оценить разумные требования (цели), которые можно предъявить к результатам развития экономики. Безусловно, такой результат является полезным для прогнозных исследований.

Б. Каков будет макроэкономический результат в будущем году t при заданных внешних и внутренних условиях и при эгоистическом поведении экономических субъектов (агентов)?

При такой постановке задачи рассматривается результат «естественного» протекания процесса развития, обусловленного модельно заданным поведением субъектов экономики и при отсутствии требований к качеству решения. Поэтому решение задачи Б вполне допустимо считать результатом сценарного прогнозного исследования.

Однако специфика организации государственной отчетности и недостаточно формализованное влияние государственных органов управления на производственных агентов заставляет рассматривать и «промежуточную» (смешанную) постановку задачи в виде вопроса:

В. Каков будет макроэкономический результат в будущем году t при заданных внешних и внутренних условиях, при эгоистическом поведении агентов, но при задаваемых СНС требованиях к сбалансированной форме представления экономических результатов?

Дело в том, что государство обладает некоторыми рычагами для коррекции распределения продуктов по направлениям использования. Поэтому, имитируя подобные действия со стороны государства, постановку задачи типа Б можно дополнить требованиями сбалансированности распределения продуктов в экономике, переходя тем самым к задаче типа В.

Отступая от общепринятой терминологии, считаем целесообразным в дальнейшем модели, ориентированные на решения задач типа А, т.е. формирующие директивные управленческие решения, будем называть **директивными**, а модели, ориентированные на решения задач типа Б или В, т.е. формирующие управленческие решения самими экономическими субъектами, будем называть **рефлексивными**.

Наконец, результаты прогнозных модельных расчетов существенно зависят от модельного задания реакции экономики на изменения условий ее развития. Как будет показано ниже, в директивных моделях он определяется выбором критерия оптимизации, отражающего интересы какого-либо сектора экономики, как правило, государственных учреждений. При этом отклик всех субъектов экономики на изменение условий определяется выбранным критерием. В рефлексивных моделях отклик на эти изменения диктуется собственными интересами субъектов экономики, которые задаются модельным описанием соответствующих логических функций. При этом в обоих типах моделей отклик на изменение внешних условий задается зависимостями, представляющими собой *правдоподобные гипотезы*, основанные на содержательном анализе соответствующих ретроспективных рядов. Конкретный выбор этих зависимостей отражает экономические взгляды и уровень квалификации разработчиков моделей.

Безусловно, комплексный характер прогнозных расчетов развития экономики, реализуемый с помощью межотраслевых моделей, весьма существенно объективизирует представления о последствиях намечаемых управляющих решений по сравнению с эвристическими прогнозами. Однако следует подчеркнуть, что эти результаты серьезно зависят как от экономических взглядов и квалификации разработчика модели, так и от эвристического задания численных значений огромного количества показателей, характеризующих будущие условия развития экономики. Таким образом, результаты сценарных прогнозных модельных расчетов развития экономики нельзя трактовать как достоверные, поскольку для формирования прогнозных модельных расчетов объектом моделирования является не реальная экономика, а весьма упрощенный агрегированный ее образ.

2.2. Оптимизационные модели межотраслевого баланса

Остановимся сначала на специфике *директивных моделей межотраслевого баланса*. Еще раз отметим, что показатели балансовых моделей всегда делятся на две группы. Показатели одной из них, *исходные данные*, которые обсуждались в разделах 1.3 и 1.4, должны вноситься в модель априорно. В состав исходных данных всегда входят и сценарные показатели. Вторая группа включает в себя так называемые *расчетные показатели*, которые определяются по заданным формулам или более сложным алгоритмам, аргументами которых являются исходные данные, а возможно, и ранее вычисленные расчетные показатели. Если получение численных значений расчетных показателей являются целью моделирования, то подобные модели можно назвать *расчетными*. *Простые* расчетные модели имеют единственную формулу (алгоритм) для определения любого расчетного показателя. Весьма удобным программным инструментом для реализации простых расчетных моделей является система Excel. Поведенческие модели удобно задавать в виде *сложных* расчетных моделей, которые могут содержать «кусочно-непрерывные» формулы для вычисления значений некоторых расчетных показателей.

Однако при постановке задачи типа А к результатам расчетов, т.е. к совокупности значений всех расчетных показателей, предъявляются некоторые требования, совокупность которых и определяет «*желаемый макроэкономический результат*». Эти требования называются *ограничениями*. Формально они задаются обязательными для выполнения неравенствами и равенствами (уравнениями). Решение, формируемое межотраслевой моделью (МОМОБ), считается *допустимым*, если оно удовлетворяет всем ограничениям. Часто получение допустимого решения является целью использования МОМОБ. Однако иногда перед моделью ставится более сложная задача: среди всех допустимых найти наилучшее (оптимальное) решение. Оптимальным считается решение, которому соответствует наибольшее или наименьшее допустимое значение одного из расчетных показателей. Тогда определяющая этот показатель формула называется *целевой функцией или критерием оптимальности*. Поиск допустимых и оптимальных решений является *задачей математического программирования*, а модели, способные решать такие задачи, называются *оптимизационными*.

Очевидно, что при однозначно заданных исходных данных выполнять какие-либо ограничения невозможно. Поэтому в оптимизаци-

онных моделях значениям части исходных показателей разрешают варьироваться в априорно задаваемых пределах с помощью тех или иных поисковых алгоритмов. Естественно, что тогда граничные значения варьируемых показателей входят в состав исходных данных.

В оптимизационных моделях принято другое наименование типов показателей по сравнению с расчетными моделями. В частности, все задаваемые априорно исходные данные называются *параметрами* модели, варьируемые показатели называются ее *переменными* (иногда *независимыми* переменными), а расчетные показатели — *зависимыми переменными*, которые мы далее будем называть *индикаторами*. Полезно различать две группы параметров. В частности, значения параметров априорно задаваемых для каждого года расчетного периода (шага) называются *статическими* параметрами. А параметры, значения которых вычисляются с помощью специальных формул по результатам расчета предыдущего шага, называются *динамическими* параметрами. Эти специальные формулы называются динамическими связями. Статические параметры удобно представлять также двумя группами. К первой группе будем относить коэффициенты в формулах, определяющих индикаторы, а ко второй группе будем относить граничные значения переменных и индикаторов.

В оптимизационных моделях *управленческие решения агентов* представлены в виде значений переменных, ограниченных заданными диапазонами. Принципиальное значение имеет то обстоятельство, что при поиске оптимального решения в задачах типа А интересы агентов могут совсем не учитываться, если их соблюдение не оговорено в системе ограничений. Более того, совсем не рассматриваются причины, побуждающие агентов принимать решения, формируемые моделью. Поэтому результаты подобных исследования полезны лишь для выявления потенциально достижимых целей экономического развития.

В прикладных макроэкономических исследованиях могут использоваться две постановки оптимизационных макроэкономических задач. Первая предусматривает, что для заданных условий развития экономики страны (в рамках системы ограничений модели) для каждого расчетного года поисковыми алгоритмами формируется полный набор прогнозных взаимосогласованных значений предусмотренных в модели показателей, т.е. формируется самостоятельный сценарий развития экономики. При другой постановке задачи («разностной») в основе расчета лежит ранее сформированный базовый сценарий развития экономики. При этом целью расчета является анализ реакции

экономики на задаваемые возмущения некоторых сценарных параметров относительно их уровней, полученных в рамках расчета базового сценария.

В настоящее время оптимизационные модели принято считать наиболее комплексным инструментом для формирования полезной информации в рамках прогнозных исследований развития экономики страны. Однако кроме ограниченной постановки решаемой задачи и рассмотренных выше информационных проблем, характерных для всех типов МОМОБ, оптимизационные модели обладают и специфическими недостатками. Рассмотрим эти недостатки.

Расчеты по всем оптимизационным моделям основаны на использовании тех или иных видов поисковых алгоритмов. Известно множество алгоритмов поиска оптимальных решений при наличии или отсутствии ограничений для выпуклых и даже невыпуклых задач. Однако в настоящее время единственным надежным инструментом решения оптимизационных задач высокой размерности считается *алгоритм линейного программирования* (ЛП). В прикладных исследованиях используется множество модификаций этого алгоритма. Но все они предполагают, что связь расчетных показателей с исходной информацией описывается линейными функциями. Это означает, что в линейных моделях невозможно использовать многие общепринятые в экономике зависимости. В частности, переменными в модели не могут быть одновременно объемные и удельные показатели. Примерами объемных показателей являются: выпуск продукции, потребление продуктов, налоговые сборы и т.д., а примерами удельных (относительных) показателей являются: цены продуктов или их индексы, ставки налогов и кредитов, доли показателей в составе соответствующих сумм и т.д. Совместное использование в качестве переменных объемных и удельных показателей приводит к появлению в модели полилинейных зависимостей между показателями, в которых будут присутствовать произведения первых степеней переменных. Поэтому комплексные макроэкономические оптимизационные линейные модели в качестве переменных могут использовать либо объемные показатели с экзогенными удельными показателями, либо удельные показатели с экзогенными объемными показателями.

Одним из наиболее известных примеров межотраслевой оптимизационной модели является модель «Pilot», созданная в 1970-х годах под руководством Дж. Данцига [18], которая ориентирована на анализ развития экономики при различных параметрах развития энергетики. Она описывает экономику в разрезе 23 отраслей, включая энергетику

ческие. В модели присутствует ограничение по трудовым ресурсам, уравнения, описывающие потребности отраслей в оборудовании и материалах. В модели решается задача линейного программирования (ЛП), а целевой функцией является максимум ВВП за 30-летний период.

Во Введении отмечалось, что в качестве основного инструмента макроэкономических исследований в ИНЭИ РАН была разработана межотраслевая «Модель Энергетики в Экономике» (МЭНЭК), описанию которой посвящена глава 3. При расчетах по этой модели одновременно оптимизировались материальные балансы продуктов и финансовые балансы всех агентов. Такое решение оказалось возможным потому, что в качестве существенного шага на пути совершенствования методики построения МОМОБ нами был предложен [19] и реализован в составе программного комплекса [20, 21] алгоритм полилинейного программирования (ПП), в котором связи между индикаторами и переменными могут описываться не только линейными, но и полилинейными функциями.

В рамках алгоритма ПП все множество объемных и удельных переменных разбивается на минимально возможное (n) количество подмножеств (фаз), удовлетворяющих следующему условию: при фиксации значений переменных во всех фазах, кроме любой одной выделенной фазы, полилинейная задача превращается в линейную задачу. Полученная задача ЛП решается симплекс-методом. Решение задачи ПП выполняется итеративно для напередзаданного количества итераций, либо до тех пор, пока следующая итерация не даст практически то же самое решение, что и предыдущая итерация. Одна большая итерация алгоритма ПП представляет собой последовательность из n задач ЛП, автоматически формируемых при последовательном выделении каждой из n фаз. Необходимость последовательного автоматического формирования большого количества матриц задач ЛП высокой размерности приводит к накоплению ошибок округления. Поэтому нами была разработана специальная модификация симплекс-алгоритма, в которой предусмотрена совокупность мер, компенсирующих ошибки округления [22]. Следует отметить, что поскольку алгоритм ПП решает невыпуклую задачу, то в точке его остановки экстремум целевой функции может не достигаться, однако результат его использования обязательно улучшит решение по сравнению с решением в исходной точке. Более подробно алгоритм решения задачи ПП описан в разд. 3.3.

К сожалению, возможность использования алгоритмов ПП в МОМОБ не снимает проблему невозможности включения в модель некоторых актуальных видов зависимостей. В частности, при резком изменении ключевых факторов развития экономики, например внешнеторговых условий, экономические процессы в стране приобретают ярко выраженный нелинейный характер, вызванный тем обстоятельством, что агенты вынуждены менять свое поведение. А это приводит к необходимости использовать «кусочные» представления некоторых связей между макропоказателями.

2.3. Рефлексивные модели

Моделирование принятия управленческих решений самими экономическими субъектами позволяет решать задачи в постановке Б и В. При этом потенциально могут использоваться экономико-математические модели двух классов: *эконометрические (регрессионные)* модели и *имитационные поведенческие (агентные)* модели.

В эконометрических моделях инерционный подход к прогнозированию значений показателей используется для получения не только исходных, но и выходных данных. Однако следует различать два разных подхода к использованию ретроспективной информации для формирования прогнозных значений показателей. В рамках регрессионного анализа выполняется формальная аппроксимация с помощью некоторой математической функции либо временной последовательности значений одного показателя, либо связи между одномоментными значениями нескольких показателей. Простейшей подобной моделью является широко известная функция Кобба—Дугласа, устанавливающая мультипликативную связь между объемом производства и создающих его факторов производства — затрат труда и капитала.

Другой подход к использованию ретроспективной информации связан с эвристическим построением правдоподобных гипотез о характере связи между показателями, основанный на содержательном анализе ретроспективных рядов без привлечения доказательных формализмов. В частности, он весьма полезен для описания эгоистического поведения агентов в ответ на изменения экономической ситуации.

Примером межотраслевой модели, в которой решается система эконометрических уравнений регрессии, служит модель, созданная К. Алмоном в рамках проекта INFORUM (Мэрилендский университет, США [23]), в ней используются зависимости первичных факторов производства (труд, капитал, энергия) от объема конечного потребления.

В России самой известной межотраслевой эконометрической моделью является разработанная в Институте народнохозяйственного прогнозирования (ИНП РАН) межотраслевая равновесная модель российской экономики RIM (Russian Interindustry Model) [24], построенная с использованием упомянутых выше программных средств INFORUM [23]. Эта модель широко использует совокупность межотраслевых и эконометрических соотношений, в состав которых входит и ряд поведенческих уравнений [25], т.е. она опирается на оба упомянутых выше подхода. Формирование решений в модели RIM осуществляется с помощью решения системы полилинейных регрессионных уравнений. Этот метод аналогичен алгоритму ПП, который работает с полилинейными неравенствами. Очевидно, что доминирование регрессионных соотношений в нестационарной российской экономике возможно лишь при коротком горизонте прогнозирования, поскольку оно требует регулярной и весьма тщательной работы с отчетными данными.

Формализация экономических и социальных процессов на основе традиционного эконометрического моделирования подразумевает поиск устойчивых зависимостей между различными экономическими показателями для использования в регрессионных уравнениях. При этом стандартные процедуры оценивания параметров этих зависимостей базируются на предположении надежности и монотонности длинных ретроспективных рядов. Тем самым использование регрессионных уравнений при макроэкономическом прогнозировании подразумевает сохранение в обозримой перспективе тенденций в характере взаимозависимостей экономических показателей, выявленных в ретроспективе. Однако в результате экономических кризисов и немотонных изменений ключевых факторов функционирования экономики неизбежно нарушается устойчивость ретроспективных тенденций. В этих условиях прогнозные оценки, полученные при помощи эконометрических уравнений регрессии, вряд ли можно считать приемлемыми. Чтобы нивелировать указанный недостаток эконометрических моделей делаются попытки внедрить поведенческие алгоритмы в регрессионные уравнения [26], однако это не оказывает заметного влияния на обоснованность количественных оценок при прогнозировании экономического кризиса.

В последнее время все больший интерес вызывают агентные модели. Однако до сих пор они не использовались для проведения макроэкономических исследований. В экономико-математическом моделировании они применялись только на микроэкономическом уровне, т.е. для описания функционирования и прогнозирования раз-

вития предприятий, компаний или отдельных локальных рынков товаров и услуг.

В отличие от оптимизационных моделей агентные модели, описывающие экономические процессы, должны отвечать на вопрос Б: «каков будет экономический результат в будущем году t при заданных условиях и при эгоистическом поведении агентов»? В агентных моделях имитируется процесс функционирования некоторой совокупности экономических субъектов, обусловленный их индивидуальным поведением. Поэтому формируемые этими моделями события можно интерпретировать как «видеофильм экономического процесса». Основной эффект от использования агентных моделей может быть получен при исследовании поведения объектов, обладающих собственными интересами, которые не совпадают с целевыми установками исследователя или с провозглашаемыми системными целями. Подобные активные объекты принято считать *субъектами или агентами* с адаптивным поведением, которые, в отличие от объектов оптимизационных и регрессионных моделей, наделены правом принятия самостоятельных решений. Таким образом, в агентных моделях рассматриваются *механизмы изменения состояния экономического процесса в моделируемом объекте, обусловленные характером поведения ее агентов*.

Агентные модели следует отнести к классу *сложных расчетных* или *поисковых* моделей. Иногда их называют поведенческими. В них связь между исходными и расчетными показателями может задаваться не только *любыми* аналитическими функциями, но также может прибегать к использованию логических функций, которые позволяют менять поведение агентов. Это значит, что характер зависимости между некоторыми показателями будет изменен при выполнении наперед заданного «граничного условия». Такая возможность освобождает от необходимости субъективного назначения граничных значений переменных. Типичный простой пример «граничного условия»: если выполняется условие $A: (U \geq V)$, то $B = F1(C)$, в противном случае $B = F2(C)$.

На первых этапах использования подобных моделей основное их назначение было связано с решением такой задачи: выявить такие правила взаимодействия агентов, чтобы результат их эгоистического поведения отвечал интересам регулирующего органа. Такая возможность определяется способностью агентных моделей с помощью вычислительных экспериментов сравнивать различные варианты механизмов управления, т.е. правил взаимодействия агентов, чего не могут обеспечить оптимизационные модели. Поэтому основной

эффект от использования агентных моделей мог бы быть связан не столько с выявлением оптимального набора значений директивных показателей производства, сбыта и распределения продуктов, сколько с поиском и анализом эффективного набора правил, стимулирующих желаемый для государственных управляющих органов характер поведения экономических субъектов, действующих в собственных интересах. С этой точки зрения результаты моделирования экономических процессов с помощью агентных моделей можно рассматривать в качестве оценки степени приближения к оптимальному, по мнению центрального органа, решению, которое формируется оптимизационными моделями при сопоставимых условиях моделирования. Наконец, с другой стороны, для реальных субъектов экономической среды специализированная агентная модель может рассматриваться как своеобразный тренажер, который позволяет выявить рациональный характер поведения конкретных агентов.

Примером подобной специализированной агентной модели является представленная в [27] модель, в которой рассматривается механизм взаимодействия агентов, стимулирующий снижение производителями цен на продукты производственного потребления на локальных товарных рынках. Содержательные результаты, полученные с помощью этой модели, не связаны с построением межотраслевых балансов. Поэтому в данной работе они не рассматриваются. Однако принципиальное значение имеет описание одного из двух возможных подходов к заданию «эгоистического поведения агентов». Как упоминалось выше, один из этих подходов связан с априорным использованием правдоподобных гипотез о правилах реагирования агентов на изменение экономической ситуации. Достаточно подробно этот подход будет рассматриваться далее. Другой подход, подробно изложенный в [27], представляет собой универсальный механизм самообучения агентов в условиях неопределенности, т.е. при частичном отсутствии необходимой информации.

По нашему мнению, полезно ознакомиться хотя бы с весьма кратким описанием этого механизма. Предварительно напомним, что во многих известных агентных моделях моделируемый процесс протекает при дискретном представлении времени, т.е. рассматривается в рамках последовательности временных шагов (тактов), в каждом из которых каждый агент однократно принимает управляющие решения.

Пусть в модели для каждого агента определен состав его измеримых управляющих решений. Для каждой управляемой агентом

величины задается конечное упорядоченное множество возможных (допустимых) назначений, которым присваиваются номера от 0 до некоторого максимального значения N в соответствии с их смысловым упорядочиванием. Обычно номеру n соответствует решение $R_n = n \cdot M/N$, но возможны и иные интерпретации номеров решений.

Для каждой управляемой величины вводится *двузначная функция успеха* (ФУ) со значениями +1 (успех) и -1 (неуспех). Параметрами ФУ могут быть параметры текущего моделируемого состояния и регистрируемые параметры истории процесса. Например, для назначения ценовой уступки на свою продукцию успех может оцениваться положительным приростом прибыли, а для назначения объема выпуска продукции возможна некоторая функция от объема продажи продукта, ранее выставленного на продажу. Значения функции успеха агент определяет, наблюдая и анализируя результаты своей деятельности в каждом такте моделируемого процесса.

Для каждой управляемой величины по результатам t -го такта субъект устанавливает значения адаптационных переменных, в качестве которых определены: 1) номер последнего принятого решения n_t ; 2) направление последнего изменения решения Dir_t (+1, -1); 3) разность между количеством успехов и неудач (D_t) после последнего изменения решения. В качестве параметров, определяющих стиль поведения субъекта по данному виду решений, принимается количество допустимых решений ($N + 1$) и порог (Th) модуля величины D . Решение и направление изменения решения могут изменяться только тогда, когда $|D| = Th$. Эволюция адаптационных переменных на t -м такте определяется следующим алгоритмом:

$$\begin{aligned}
 D_t &= D_{t-1} + \Phi Y_t; \\
 \text{если } |D_t| < Th, & \text{ то } n_t = n_{t-1}, Dir_t = Dir_{t-1}; \\
 \text{если } D_t = Th, & \text{ то } D_t = 0, n_t = \max(0, \min(n_{t-1} + Dir_{t-1}, N)), Dir_t = \\
 = Dir_{t-1}; \\
 \text{если } D_t = -Th, & \text{ то } D_t = 0, n_t = \min(\max(n_{t-1} - Dir_{t-1}, 0), N), Dir_t = \\
 = -Dir_{t-1}.
 \end{aligned}$$

Эти выражения отображают естественное накопление «жизненного опыта» в изменчивой среде: превалирование успехов подтверждает агенту правильность ранее избранного направления изменения решения и стимулирует дальнейшее продвижение в том же направлении, а превалирование неудач заставляет признать, что выбранное направление в создавшихся условиях является ошибочным. Содержательно Th характеризует степень консерватизма субъекта, а величина

$1/N$ характеризует его реактивность. Действительно, при увеличении порога увеличивается длительность интервала, в течение которого субъект «изучает» последствия ранее принятого решения при различных чередованиях успехов и неудач, а при увеличении N изменения решений происходят более мелкими шагами.

Подобная организация процесса формирования управленческих решений даже в стационарных условиях в принципе не может приводить к равновесным условиям, как это наблюдается и в реальной жизни. Поэтому выводы о степени успешности агентов при однократном принятии ими управляющих решений на каждом такте можно делать лишь по осредненным результатам их деятельности, например по среднегодовым результатам при квартальном такте. Но и в таком случае для получения четких выводов может потребоваться несколько сотен квартальных шагов. В частности, сформулированные в [27] содержательные выводы сделаны по результатам, полученным на 400 тактах. Очевидно, что подобная продолжительность наблюдений не может быть сопоставлена с реальными календарными сроками. Поэтому алгоритмы самообучения агентов безусловно полезны лишь при использовании в специализированных агентных моделях в качестве тренажеров для управленческих кадров.

Принципиальной трудностью использования агентных моделей для исследования макроэкономических процессов является отсутствие в реальной рыночной экономике управленческих механизмов, обеспечивающих более или менее строгое выполнение *условий экономического равновесия*. Эти условия предполагают, что с учетом весьма ограниченных емкостей товарных складов почти все необходимые потребителям продукты покупаются, а почти все производимые продукты продаются при платежеспособности потребителей. Протекание реальных экономических процессов происходит в условиях сложного многообразия экономических субъектов и правил их взаимодействия при высокой волатильности (изменчивости) многообразных финансовых и продуктовых потоков. При этом все экономические субъекты в течение года многократно принимают новые и корректируют предыдущие управленческие решения, реагируя на часто меняющуюся экономическую ситуацию. Но макроэкономические модели имеют дело с весьма агрегированным описанием экономики с годовыми интервалами фиксации экономических результатов. По существу, трудности агентного макроэкономического моделирования определяются проблемами приемлемого (если неадекватного) агрегирования субъектов и их поведения.

ОПТИМИЗАЦИОННАЯ «МОДЕЛЬ ЭНЕРГЕТИКИ В ЭКОНОМИКЕ» (МЭНЭК)

Эта и последующие главы монографии посвящены описанию межотраслевых моделей, разработанных в лаборатории «Исследования взаимосвязей энергетики с экономикой» Института энергетических исследований Российской академии наук (ИНЭИ РАН).

3.1. Решаемые задачи модели МЭНЭК

В рамках плановой социалистической экономики финансовые показатели и финансовые балансы экономических субъектов играли вспомогательную роль, т.е. слабо влияли на объемы и распределение материальных потоков. В условиях распределительной системы не было потребности оптимизировать финансовые потоки в стране, поэтому основные показатели, влияющие на финансовое состояние субъектов экономики (цены продуктов, отраслевые зарплаты, ставки налогов и т.д.), при моделировании задавались в качестве экзогенных данных и не входили в состав искомым переменных управленческих оптимизационных моделей. Именно это обстоятельство позволяло ограничиваться только линейной постановкой оптимизационных задач, в которых в качестве искомым (независимых) переменных рассматриваются лишь показатели межотраслевого баланса.

Однако после перехода страны к рыночной экономике в 90-х годах, когда со всей остротой встал вопрос о финансовом выживании всех субъектов экономики, ситуация с актуальностью использования линейных управленческих межотраслевых моделей резко изменилась. В новых условиях комплексные количественные оценки влияния на экономику таких показателей, как цены на продукты, ставки налогов, уровни зарплат, и многих других финансовых показателей приобрели доминирующее значение. Поэтому указанные показатели, в отличие от традиционной практики макроэкономического моделирования, необходимо было рассматривать в качестве независимых переменных моделей наряду с «обычными переменными», определяющими состояние межотраслевых продуктовых балансов. Удовлетворение подобного требования заставило отказаться от решения хорошо освоен-

ных задач линейного программирования и привело к необходимости решать многоэкстремальные задачи невыпуклого программирования высокой размерности и с большим числом ограничений.

В ответ на эти вызовы в ИНЭИ РАН была разработана межотраслевая нелинейная оптимизационная модель МЭНЭК (Модель Энергетики в Экономике), которая на протяжении более 20 лет является нашим основным инструментом исследований взаимосвязей экономики и ТЭК. Эта модель позволяет проводить как ретроспективный анализ, так и прогнозирование развития экономики на перспективу от 5 до 20 лет.

Говоря более конкретно, МЭНЭК представляет собой модельный инструмент для решения следующих групп задач, актуальных для оценки перспектив развития отечественной экономики и энергетики:

1. Выявление динамических и статических связей между объемами конечного потребления, технологическим уровнем материального производства и параметрами налоговой системы в стране, с одной стороны, и экономически рациональными уровнями объемов производства отраслей, цен продуктов, зарплаты и социальных пособий, общими масштабами инвестиций, с другой стороны.

2. Разработка развернутых прогнозных сценариев развития экономики страны на основе сценарных параметров, формируемых Министерством экономического развития Российской Федерации (МЭР). Целями разработки прогнозного сценария развития экономики являются:

- анализ совместности (взаимной непротиворечивости) прогнозных значений макроэкономических показателей развития нашей страны, регулярно разрабатываемых МЭР, а при необходимости — их минимальная корректировка;

- определение объемов производства различных товаров и услуг в стране, необходимых для обеспечения правительственных параметров развития экономики с учетом требований финансовой устойчивости производственных отраслей;

- согласование сценарных макроэкономических параметров Минэкономразвития РФ с прогнозными (целевыми) показателями развития отраслей ТЭК, отраженными в соответствующих отраслевых стратегических программных документах.

3. Изучение влияния ценовой, налоговой, внешнеторговой и инвестиционной политики государства в энергетическом секторе экономики:

- на объемы спроса на топливо и энергию в различных секторах экономики и достаточность энергоснабжения страны;

- динамику жизненного уровня населения;
- динамику и структуру экономики России, динамику макроэкономических показателей;
- эффективность энергопотребления в экономике;
- динамику доходов и расходов консолидированного бюджета РФ, состояние платежного баланса РФ;
- динамику производства, инвестиций и финансовое состояние отраслей ТЭК и отраслей — потребителей топлива и энергии.

4. Оценка мультипликативного народнохозяйственного эффекта от реализации инвестиционных программ в отраслях ТЭК и других секторах экономики. Исследование перспектив развития отраслей энергетического машиностроения и смежных с ними отраслей экономики. Определение необходимых условий развития отечественных производителей энергетического оборудования (и роста их конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках), при которых достигается максимальный мультипликативный народнохозяйственный эффект от инвестиционных программ отраслей ТЭК.

Ниже описаны требования к модели МЭНЭК, которые обусловлены решаемыми задачами.

- Поскольку МЭНЭК ориентирована на участие в процедурах принятия государственных решений, модель в максимально доступной степени адекватна реальной экономике. Поэтому понятийно-информационная структура модели соответствует действующей в стране статистике, и все расчеты максимально опираются на статистические данные.

- Поскольку речь идет об анализе взаимовлияния экономики в целом и его капиталоемкого и инерционного энергетического сектора, в прогнозных расчетах необходимо отражать результаты инвестирования (в том числе недостаточного). Поэтому модель описывает нестационарные траектории развития, т.е. траектории с изменяющимися во времени коэффициентами матрицы удельного промежуточного потребления (матрицы затраты — выпуск). При этом прогнозные сценарии формируются на основе решения последовательности взаимосвязанных статических оптимизационных задач. Впрочем, в МЭНЭК существует возможность использования полнодинамической оптимизации.

- Одной из задач использования МЭНЭК является выявление таких траекторий цен на продукты (в том числе энергетических) и уровней зарплаты в отраслях экономики, которые не противоречат целевым параметрам развития экономики и ТЭК и технологическому уровню материальной базы отечественного реального сектора. Поэтому пере-

численные показатели, в отличие от традиционной практики макроэкономического моделирования, входят в состав независимых переменных модели наряду с «обычными переменными», определяющими объемы производства и внешней торговли различных продуктов. Удовлетворение подобного требования приводит к необходимости решать многоэкстремальные задачи невыпуклого программирования высокой размерности и с большим числом ограничений.

– В рыночных условиях макроэкономические решения должны балансировать на всегда совпадающие интересы всех субъектов экономики: коммерческих предприятий разных отраслей, государственных организаций и домашних хозяйств. Поэтому в МЭНЭК введены ограничения на значения расчетных показателей, отражающих интересы соответствующих макроэкономических субъектов, т.е. формирование модельных решений базируется на компромиссе их интересов.

3.2. Структура и основные особенности модели МЭНЭК

МЭНЭК является межотраслевой моделью, в которой экономические субъекты и производимые ими продукты не отождествляются друг с другом. Экономическими субъектами в ней являются государственные учреждения, совокупность домашних хозяйств и производственные отрасли экономики, представленные видами экономической деятельности согласно общероссийскому классификатору видов экономической деятельности (ОКВЭД). Состав рассматриваемых отраслей и производимых ими продуктов в модели может варьироваться в достаточно широких пределах (15—40 ВЭД) в зависимости от решаемых задач. В текущей версии модели в качестве отраслей представлены следующие 27 видов экономической деятельности:

1. Сельское и лесное хозяйство, охота.
2. Добыча сырой нефти.
3. Газовая промышленность.
4. Добыча твердых топлив.
5. Добыча полезных нетопливных ископаемых.
6. Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака.
7. Текстильное и швейное производство.
8. Производство кожи, изделий из кожи и производство обуви.
9. Обработка древесины и производство изделий из дерева.
10. Целлюлозно-бумажное производство, издательская и полиграфическая деятельность.

11. Производство кокса и нефтепродуктов.
12. Химическое производство.
13. Производство резиновых и пластмассовых изделий.
14. Производство прочих неметаллических минеральных продуктов.
15. Черная металлургия.
16. Цветная металлургия.
17. Производство готовых металлических изделий.
18. Производство машин и оборудования.
19. Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования.
20. Производство транспортных средств и оборудования.
21. Прочие обрабатывающие производства.
22. Производство и распределение электроэнергии, газа и воды (раздел Е по ОКВЭД).
23. Строительство.
24. Железнодорожный транспорт.
25. Прочие виды транспорта.
26. Связь.
27. Прочие коммерческие услуги.

Каждая моделируемая отрасль производит в модели один продукт с соответствующим названием. Исключения:

- нефтепереработка осуществляет производство автомобильного бензина, дизельного топлива, мазута и прочих нефтепродуктов (включая кокс);
- раздел Е по ОКВЭД осуществляет производство электроэнергии, тепла и прочих коммунальных услуг,
- а также железнодорожный транспорт, который осуществляет отдельно грузовые и пассажирские перевозки.

В описываемой модели домашние хозяйства помимо того, что являются конечными потребителями, участвуют в производстве некоторых видов продуктов. В частности, они производят продукты сельского и лесного хозяйства, пищевые продукты, текстильную и швейную продукцию, осуществляют строительно-монтажные работы, оказывают транспортные услуги (за исключением услуг железнодорожного транспорта) и прочие коммерческие услуги. В МЭНЭК госучреждения являются производителями нерыночных услуг.

Таким образом, в модели представлены балансы производства и распределения 34 продуктов (т.е. материальные балансы продуктов).

Как отмечалось выше, понятийно-информационная структура модели МЭНЭК в максимальной степени соответствует действующей

в стране официальной статистике, однако цели построения и использования модели определяют уровень рационального агрегирования при выборе состава продуктов и субъектов, а также учитываемые составляющие элементов продуктовых и финансовых балансов. Этот выбор приводит к необходимости принять некоторые отступления (допущения) как от состава, так и от содержания некоторых показателей по сравнению со статистической отчетностью. Рассмотрим основные допущения:

– В МЭНЭК магистральные газопроводы изъяты из вида экономической деятельности «прочие виды транспорта» и включены в состав производственных объектов газовой промышленности, поскольку внутренние оптовые цены газа формируются в стране на выходе из «трубы». Поэтому инвестиционные ресурсы для капиталовложений в добычу и транспорт газа накапливаются и распределяются в одном субъекте — газовой промышленности.

– В МЭНЭК отсутствует такой субъект экономики, как «некоммерческие организации, обслуживающие домашние хозяйства». Их выпуск, промежуточное и конечное потребление приписано государственным учреждениям. Тем самым делается допущение о том, что последние выполняют все некоммерческие услуги.

– В МЭНЭК не учитывается перекрестное субсидирование разных категорий потребителей, поэтому в модели используются единые (средние по стране) цены для всех покупателей по всем видам товаров и услуг. При этом предполагается, что субсидии на продукты направляются не производителям, а в доходы домашних хозяйств.

– В отчетности торгово-посредническая и транспортная наценки входят в цену потребителя. Но в модели стоимость товаров, торгово-посреднические и транспортные услуги оплачиваются отдельно, т.е. последние отнесены к услугам, оказываемых транспортными отраслями и отраслью «прочие коммерческие услуги» соответственно.

– В модели экспорт каждого продукта осуществляет единственная «профильная» отрасль.

– В МЭНЭК в финансовом балансе домашних хозяйств учитываются неденежные доходы и расходы, связанные с самообеспечением. В результате денежный объем самообеспечения включен как в «прибыль от личного бизнеса», так и в «покупку товаров и услуг».

Перечисленные особенности МЭНЭК приводят к тому, что в процессе идентификации и верификации модели на официальную статистическую отчетность необходимо проводить коррекцию численных значений соответствующего круга показателей.

Как указывалось выше, для каждого расчетного года структурной основой модели являются балансы производства и распределения 34 продуктов и финансовые балансы 27 производственных отраслей (ВЭД).

В рамках межотраслевого баланса все ресурсы и их использование сбалансированы и согласованы с показателями системы национальных счетов (СНС), описывающими общее состояние экономики. В табл. 3.1 представлены статьи баланса производства и распределения каждого описываемого в модели продукта. Естественно, что для некоторых продуктов часть составляющих баланса всегда равна нулю, например, сырая нефть не используется в конечном потреблении, отсутствует импорт тепловой энергии и т.п.

Таблица 3.1

Баланс производства и распределения каждого модельного продукта

Баланс	
Ресурсы (приходная часть)	Использование (расходная часть)
Выпуск Импорт	Промежуточное потребление Капитальные затраты (расходы на валовое накопление основного капитала) Конечное потребление Экспорт Изменений запасов готовой продукции

В модели аналогом натуральных единиц измерения являются основные цены отечественных производителей на внутреннем рынке в начальном базовом году, по которому проведена верификация модели (отчетном году, по которому опубликована полная информация Росстата). Поэтому все составляющие баланса производства и распределения каждого продукта представлены во внутренней цене базового года соответствующего продукта.

Промежуточное потребление каждого продукта в модели состоит из промежуточного потребления производственных отраслей, промежуточного потребления госучреждений и промежуточного потребления домашних хозяйств. Промежуточное потребление каждого модельного субъекта определяется произведением вектора удельного промежуточного потребления соответствующего субъекта на объем его производства. Объем производства в каждой производственной отрасли ограничен сверху величиной, которая является функцией от накопленных инвестиций в основной капитал отрасли.

В отличие от продуктовых балансов финансовые балансы всех отраслей в модели представлены в текущих ценах (в млрд руб. прогнозных лет). Финансовый баланс каждой отрасли обеспечивается выполнением условия сбалансированности расходов и доходов от ее операционной, инвестиционной и финансовой деятельности. В модели это условие определяется показателями укрупненного отчета о движении денежных средств каждой отрасли, в котором представлена сводная информация о результатах ее деятельности. Состав показателей отчета о движении средств представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Показатели отчета о движении денежных средств отрасли

Категории	Поступления	Расходы
Операционная деятельность	Чистая прибыль	
	Амортизационные отчисления	
Инвестиционная деятельность		Капиталовложения (инвестиции во внеоборотные активы и в прирост чистого оборотного капитала)
	Возврат предыдущих долгосрочных финансовых вложений (депозитов)	Долгосрочные финансовые вложения (депозиты)
Финансовая деятельность	Привлечение внешних средств (кредиты, облигации, эмиссия акций)	Возврат привлеченных заемных средств (кредитов и облигаций)
		Дивиденды
	Средства госбюджета	

Чистая прибыль каждой отрасли, в свою очередь, формируется на основе укрупненного отчета о прибылях и убытках (табл. 3.3).

Кроме того, в отрасли «Прочие коммерческие услуги» отдельно учитываются доходы от обязательных платежей населения (платежи по страхованию, взносы в общественные и кооперативные организации и др.) и денежные потоки от банковских операций (сальдо процентных доходов и расходов банковской системы, сальдо притока депозитов и выдаваемых кредитов) (табл. 3.4). Необходимо отметить, что в прогнозных расчетах банковские депозитные ставки и ставки по кредитам меняются пропорционально изменению годовых индексов инфляции (ИПЦ — индексов потребительских цен).

Таблица 3.3

Показатели отчета о прибылях и убытках отрасли

+ Выручка (нетто) от продажи продукции на внутреннем и внешнем рынках (за вычетом НДС, акцизов, экспортных таможенных пошлин)*
– Себестоимость продукции:
а) промежуточное потребление в ценах потребителя (материальные затраты + коммерческие и управленческие расходы)
б) затраты на оплату труда
в) скрытая оплата труда
г) отчисления на социальные нужды (в государственные внебюджетные фонды)
д) амортизационные отчисления
е) НДСП (для добычи нефти, газа и твердого топлива)
ж) прочие налоги в составе себестоимости
з) прочие затраты
Прибыль (убыток) от продаж (ЕВИТ)
+ Доход от финансовых вложений (проценты к получению)
– Проценты к уплате
Прибыль (убыток) до налогообложения
– Убытки прошлых периодов
– Налог на прибыль
Чистая прибыль (убыток) за период

* Примечание. В таблицах принято, что знак «+» означает приток средств, знак «–» — отток средств.

Кроме продуктовых балансов и финансовых балансов отраслей в модели в явном виде представлены (табл. 3.5—3.9):

– баланс доходов и расходов совокупности домашних хозяйств (как в сопоставимых, так и в текущих ценах),

– консолидированный государственный бюджет страны: баланс доходов и расходов совокупности госучреждений (как в сопоставимых, так и в текущих ценах),

– укрупненный платежный баланс страны (в текущих ценах),

– баланс инвестиционных (включая кредитные) средств экономики (в текущих ценах) (табл. 3.8),

– баланс совокупной добавленной стоимости в экономике: счет производства ВВП и его использование (как в сопоставимых, так и в текущих ценах).

Таблица 3.4

Денежные потоки от банковских операций

Поступления денежных средств
<i>Проценты к получению</i> по займам, выданным производственным отраслям по займам, выданным госучреждениям по займам, выданным населению процентный доход от инвестиций и займов за границу <i>Возврат выданных ранее кредитов</i> производственным отраслям госучреждениям населению за границу <i>Привлеченные депозиты</i> населения производственных отраслей госучреждений
Оттоки денежных средств
<i>Проценты к уплате</i> по депозитам населения по депозитам производственных отраслей по депозитам госучреждений <i>Возврат привлеченных ранее депозитов</i> депозитов производственных отраслей депозитов госучреждений депозитов населения <i>Выданные кредиты</i> производственным отраслям госучреждениям населению инвестиции и займы за границу
Денежный поток от банковских операций

Таблица 3.5

Баланс доходов и расходов совокупности домашних хозяйств

Доходы
начисленная зарплата скрытая оплата труда прибыль личного бизнеса (доходы от предпринимательской деятельности)

Окончание табл. 3.5

Доходы
доходы от собственности дивидендный доход возврат и проценты по депозитам социальные выплаты привлеченные займы
Расходы
на конечное потребление домашних хозяйств обязательные платежи и взносы налог на доходы физических лиц прочие обязательные платежи обслуживание привлеченных займов (погашение и выплата процентов) затраты на капиталовложения населения (затраты на строительство, покупку недвижимости)
Прирост финансовых активов
прирост депозитов прочие сбережения

Финансовый баланс совокупности госучреждений в МЭНЭК представлен сводным бюджетом страны (включая государственные внебюджетные фонды) (табл. 3.6)

Таблица 3.6

Баланс доходов и расходов сводного государственного бюджета страны

Доходы
Налоговые поступления: чистые налоги на продукты (косвенные налоги): + акцизы + налог на добавленную стоимость + таможенные сборы с экспорта и импорта товаров – субсидии на продукты налог на прибыль организаций налог на доходы физических лиц НДПИ прочие налоги
Неналоговые поступления: отчисления во внебюджетные фонды (фонды ОМС, ПФР, ПС) доходы от предпринимательской деятельности: дивиденды по госпакетам акций возврат и проценты по депозитам прочие доходы

3.2. Структура и основные особенности модели МЭНЭК

Окончание табл. 3.6

Расходы
расходы на потребление товаров и услуг госучреждений фонд оплаты труда (в т.ч. отчисления во внебюджетные фонды) социальные выплаты населению обслуживание внешнего госдолга (включая проценты) затраты на капиталовложения госучреждений дотации и субсидии отраслям экономики возврат и выплата процентов по внутренним госзаймам
Сальдо сводного бюджета
Средства резервного фонда РФ и Фонда национального благосостояния (ФНБ)
Прирост займов

Таблица 3.7

Показатели платежного баланса страны

Счет текущих операций
Чистый экспорт товаров и услуг + Экспорт товаров и услуг – Импорт товаров и услуг Сальдо доходов за границей и выплат за границу
Счет операций с капиталом и финансовыми инструментами
+ Инвестиции и кредиты за границу – Иностраннные займы и инвестиции
Изменение резервных активов

Таблица 3.8

Баланс инвестиционных средств экономики

Инвестиционные ресурсы экономики:
привлеченные депозиты населения профицит сводного государственного бюджета привлеченные депозиты (долгосрочные финансовые вложения) производственных отраслей иностраннные займы и инвестиции
Использование инвестиционных ресурсов экономики:
займы производственных отраслей займы домашних хозяйств займы госучреждений кредиты за границу

Таблица 3.9

**Баланс производства и использования добавленной
стоимости экономики**

Производство ВВП:
+ Суммарный валовой выпуск в основных ценах
– Суммарное промежуточное потребление в ценах потребителя
+ Налоги на продукты (косвенные налоги)
– Субсидии на продукты
Использование ВВП:
+ Валовое накопление
+ капиталовложения производственных отраслей
+ изменение запасов
+ капиталовложения домашних хозяйств
+ капиталовложения госучреждений
+ Расходы на конечное потребление
+ Чистый экспорт товаров и услуг
+ экспорт товаров и услуг
– импорт товаров и услуг

Помимо указанных балансов МЭНЭК содержит баланс трудовых ресурсов, который представлен ограничениями на уровень занятости. В частности, сверху он ограничен количеством трудоспособного населения, а снизу — максимально допустимым уровнем безработицы.

Помимо показателей, необходимых для определения составляющих всех указанных выше балансовых соотношений, в модели рассчитываются все взаимосвязанные макроэкономические показатели системы национальных счетов.

В МЭНЭК прогнозные значения показателей определяются последовательностью взаимосвязанных статических оптимизационных расчетов. Каждый статический расчет проводится для каждого года прогнозного периода. Для каждого расчетного года t состав искомым (независимых) переменных модели МЭНЭК определен следующими группами показателей:

- объемы производства продуктов (во внутренних ценах базового года);
- объемы экспорта каждого продукта (во внутренних ценах базового года — цвб);
- объемы импорта каждого продукта отдельно для целей промежуточного потребления, капитальных затрат и конечного потребления (в цвб);

- объемы изменения запасов готовой продукции (в цвб);
- индексы средних оптовых цен каждого модельного продукта;
- уровни среднемесячной зарплаты в отраслях (в рублях текущего года);
- объем скрытой зарплаты в отраслях (в рублях текущего года);
- объемы привлекаемых займов в отраслях (в рублях текущего года);
- отраслевые объемы дивидендных выплат (в рублях текущего года);
- уровень среднемесячной зарплаты в госучреждениях (в рублях текущего года);
- объем социальных выплат населению (в рублях текущего года);
- объемы бюджетных средств, привлекаемых отраслями экономики (дотации, субсидии) (в рублях текущего года).

В зависимости от количества рассматриваемых отраслей и продуктов в модели может насчитываться от 400 до 650 искомым переменных.

Кроме основных балансовых ограничений МЭНЭК содержит ряд специальных требований, часть из которых ограничивают значения расчетных показателей, для того чтобы отразить в процессе поиска решения интересы соответствующих макроэкономических субъектов. Далее перечисляются наиболее важные из специальных требований (ограничений).

- Серьезной проблемой внешнеторговой деятельности любого государства является ограниченность рынков сбыта экспортируемых товаров. Поэтому в модели объем экспорта каждого продукта ограничен сценарно задаваемой оценкой емкости внешних рынков соответствующего продукта.

- Одним из требований, учитывающих интересы производственных отраслей экономики, является ограничения на возможное снижение рентабельности продаж продукции отраслей. В прогнозных расчетах рентабельности продаж каждой отрасли в году t разрешается снижаться не более чем на 20 % уровня, достигнутого в расчетах предыдущего года (года $t - 1$).

- Доля заемных средств в совокупном капитале каждой отрасли, а также доля займов и государственного финансирования в структуре финансирования годовых капвложений отрасли в расчетах ограничены 50—60 % в зависимости от специфики отрасли.

- В прогнозных расчетах сальдо консолидированного бюджета РФ ограничено долей (процент) от ВВП, причем ограничен как дефицит бюджета, так и его возможный профицит.

– Абсолютная величина как прироста, так и накопленного объема запасов товаров в модели ограничена сверху заданной долей от валового выпуска соответствующих продуктов. Количественные значения этой доли для разных товаров различаются — например, для нефти и газа возможные запасы значительно превышают возможные объемы запасов для продукции пищевой промышленности. А для электроэнергии и тепловой энергии, как и для всех видов услуг, образование запасов вообще запрещено в модели.

– Процентный доход банковской системы и ее суммарный денежный поток в модели не может быть отрицательным.

– Объем дивидендных выплат каждой отрасли ограничен сверху долей от располагаемой чистой прибыли.

– Образующийся дефицит государственного бюджета покрывается в модели за счет средств государственных фондов (Резервного фонда РФ и Фонда национального благосостояния). При исчерпании средств этих фондов дефицит госбюджета покрывается за счет государственных займов.

Разработка развернутых прогнозных сценариев развития экономики страны на модели МЭНЭК часто осуществляется в рамках сценарных параметров развития экономики, регулярно разрабатываемых Министерством экономического развития Российской Федерации, а также ожидаемых значений показателей развития ТЭК, формируемых ИНЭИ РАН. Таким образом, проводится анализ совместности (взаимной непротиворечивости) и согласование сценарных макроэкономических параметров Минэкономразвития России с основными показателями развития отраслей ТЭК. Поэтому кроме структурных и балансовых ограничений модель содержит ряд так называемых целевых ограничений, которые определяют сценарно задаваемые требования к качеству решений. Чаще всего эти требования относятся к макроэкономическим расчетным показателям модели и расчетным показателям, описывающим развития отраслей ТЭК. Эти показатели обычно являются составляющими балансов всех видов, а также правыми частями указанных целевых ограничений. По сути при разработке развернутых прогнозных сценариев развития экономики страны необходимо проводить верификацию модели не только по ретроспективным данным, но и по прогнозным целевым параметрам. В частности, со стороны отраслей ТЭК целевые ограничения касаются объемов производства и внешней торговли топливно-энергетическими ресурсами, ожидаемых объемов инвестиций в каждой из отраслей ТЭК.

Целевые макроэкономические ограничения накладываются на следующие расчетные показатели или темпы их изменения:

- валовой внутренний продукт (ВВП);
- доходы населения;
- реальные располагаемые доходы и реальная заработная плата населения;
- суммарные инвестиции в основной капитал в экономике;
- суммарные объемы экспорта и импорта товаров (в долларом выражении);
- сальдо государственного бюджета (в % ВВП);
- государственные капиталовложения (% ВВП);
- индексы физических объемов производства некоторых отраслей экономики и промышленности в целом;
- число занятых и уровень безработицы в экономике;
- индексы инфляции;
- ожидаемые индексы цен производителей на основные товары и услуги, включая энергоносители.

Перечисленные ограничения используются в каждом статическом расчете. В зависимости от количества рассматриваемых отраслей и продуктов статический блок МЭНЭК может содержать от 40 000 до 80 000 ограничений.

Функциональная схема статического блока МЭНЭК приводится на рис. 3.1. На нем показаны основные связи различных групп ограничений во время каждого статического расчета на МЭНЭК.

Кроме статических ограничений, МЭНЭК содержит большую группу динамических связей, они обеспечивают аналитические связи между текущими и накопленными результатами расчетов для предыдущих лет с исходными данными для расчетов следующего года. Таким образом, обеспечивается согласованность решений на соседних временных интервалах. В рамках динамических связей после каждого расчетного года обновляются следующие показатели:

- основные фонды каждой производственной отрасли;
- накопленные обязательства (заемные средства) отраслей, государства и домашних хозяйств;
- накопленные депозиты отраслей и домашних хозяйств;
- совокупный капитал в каждой производственной отрасли;
- накопленные запасы готовой продукции в отраслях (в цвб);
- продуктовая структура корзины конечного потребления населения (в зависимости от доходов населения);
- объемы инвестиций моделируемых субъектов экономики (в сопоставимых ценах).

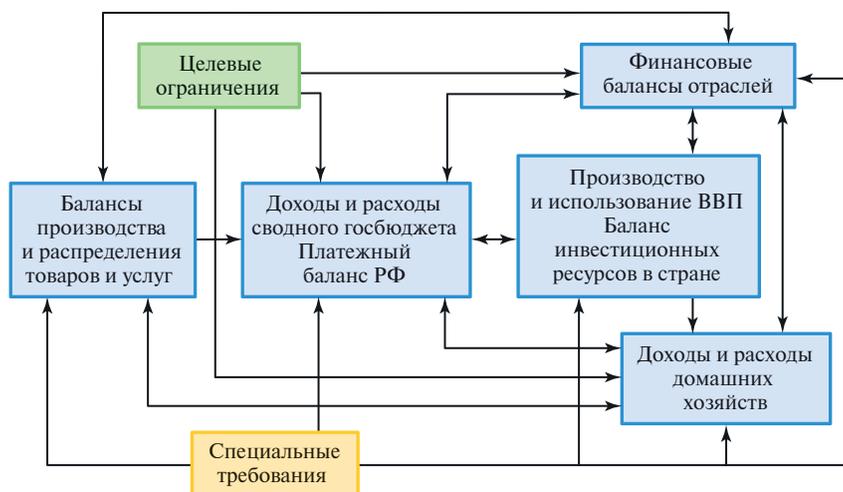


Рис. 3.1. Функциональная схема статического блока МЭНЭК

Динамические связи большинства перечисленных показателей носят тривиальный характер, в частности, накопленные запасы готовой продукции, накопленные депозиты и заемные средства субъектов экономики определяются очевидными выражениями, обуславливающими динамику этих показателей расчетными сальдо прироста их годовых объемов. Исключение составляют алгоритмы расчета рациональных объемов инвестиций в субъектах экономики в сопоставимых ценах. Для их определения была построена вспомогательная имитационная модель инвестиционного рейтинга (МодИР), которая нацелена на расчет цены капитала и доходности инвестиций в различных субъектах экономики, а также на распределение рассчитанных на МЭНЭК суммарных инвестиционных ресурсов страны на основе сравнительного анализа инвестиционной привлекательности всех рассматриваемых направлений инвестирования [28]. Модель МодИР построена на базе классической концепции оценки стоимости компаний, которая применяется для таких условных макроэкономических объектов, как отрасли экономики. В результате расчетов на модели определяются оценки совокупной фундаментальной стоимости каждой отрасли. Но главным результатом является вектор распределения инвестиционных ресурсов экономики между следующими инвестиционными направлениями: капиталовложения отраслей, госзаймы, займы населению, вывоз капитала за границу.

Множество искомых переменных и ограничений модели МЭНЭК обуславливают состав экзогенных параметров модели. Для каждого расчетного периода МЭНЭК содержит 7000—8000 экзогенных параметров, включая ставки и нормы всех основных налогов, полностью соответствующие действующему Налоговому кодексу РФ. Исходя из содержания решаемых задач наиболее важными экзогенными параметрами являются:

- Емкости внешних рынков для экспортируемых продуктов (верхняя граница на экспорт продуктов).
- Среднегодовые значения курса рубля к доллару.
- Экспортные цены продуктов.
- Цены импортных продуктов.
- Коэффициенты матрицы удельного промежуточного потребления производственных отраслей, госучреждений и домашних хозяйств.
- Удельные трудозатраты в производственных отраслях и госучреждениях.
- Капвложения госучреждений и домашних хозяйств (в цвб).
- Ставки депозитов и кредитов в базовом году для субъектов экономики.
- Сроки привлечения кредитов и депозитов субъектами экономики.
- Ставки налогов и таможенных пошлин.
- Суммарная величина конечного потребления населения.
- Продуктовая структура корзины конечного потребления населения в базовом (начальном году).
- Суммарная величина конечного потребления госучреждений.
- Продуктовая структура корзины конечного потребления госучреждений в базовом (начальном году).
- Максимальные доли заемных средств в совокупном капитале и годовых капиталовложениях отраслей.
- Доли секторов экономики в промежуточном потреблении импортных продуктов.
- Доли секторов экономики в капитальных затратах импортных продуктов.

Схема функционирования модельно-информационного комплекса представлена на рис. 3.2. На схеме наглядно показана технология проведения последовательности взаимосвязанных статических расчетов на МЭНЭК. Получаемая при верификации модели исходная информация после некоторых преобразований по алгоритмам динамических



Рис. 3.2. Схема организации прогнозных расчетов на МЭНЭК

связей обеспечивает возможность проведения расчетов для первого года прогнозного периода. Исходная информация, обеспечивающая расчеты каждого следующего года формируется на основе результатов расчетов предыдущего года с помощью алгоритмов динамических связей. Кроме того, роль исходной информации выполняют целевые показатели и экзогенные параметры.

3.3. Режимы использования и алгоритмы проведения расчетов на модели МЭНЭК

Использование в модели целевых ограничений на макроэкономические расчетные показатели и параметры развития ТЭК практически всегда приводит к отсутствию допустимых решений в начальной точке. *Допустимые решения* — это решения, в которых значения всех расчетных (зависимых) показателей и искомым (независимых) переменных входят в заданные границы. Поэтому работа над каждым прогнозируемым периодом начинается с формирования любого допустимого решения. На первом этапе его поиска в модели реализованы оптимизационные процедуры, которые осуществляют упорядоченное варьирование независимых переменных. Если в результате оптимизационного перебора независимых переменных не удалось найти допустимое решение, на втором этапе предусмотрена автоматическая процедура

упорядоченного расширения границ ограничений (в том числе и целевых установок). При этом на обоих этапах автоматические процедуры не варьируют значения экзогенных параметров (не являющихся границами ограничений) — их пересмотр может осуществляться только пользователем в «ручном режиме» из содержательных соображений в процессе поиска допустимого решения.

На первом этапе осуществляется поиск допустимого решения при помощи оптимизационного варьирования переменных. Используется следующий алгоритм. Пусть исходная система ограничений W , включающая ограничения равенства и неравенства (в т.ч. целевые ограничения), несовместна:

$$W = \{p_j(x) \geq 0, j = 1, \dots, k, q_s(x) = 0, s = 1, \dots, r\}.$$

Во все ограничения вводятся вспомогательные аддитивные неотрицательные переменные, которые неограниченны сверху, т.е. систему ограничений W преобразуем следующим образом:

$$W' = \{p_j(x) + u_j \geq 0, j = 1, \dots, k, q_s(x) + u_s \geq 0, \\ -q_s(x) + u_s \geq 0, s = 1, \dots, r, u_j \geq 0, u_s \geq 0\}.$$

С участием дополнительных переменных совместность системы ограничений гарантирована. Система W' заведомо совместна, поскольку всегда можно подобрать такие положительные значения дополнительных переменных u_j и u_s , чтобы удовлетворить все ограничения из W' . Далее решается задача математического программирования со специальным критерием оптимизации:

$$K = \left(\sum_{j=1}^k u_j + \sum_{s=1}^r u_s \right) \rightarrow \min.$$

Если $\text{ext } K = 0$, то допустимое решение исходной системы существует (система W совместна). Если же $\text{ext } K > 0$, то процесс поиска допустимого решения переходит ко второму этапу.

На втором этапе алгоритм поиска допустимого решения заключается в последовательном упорядоченном расширении границ исходной системы ограничений W . При этом все найденные на первом этапе оптимальные значения дополнительных переменных u_j в ограничениях типа $\{p_j(x) + u_j \geq 0, j = 1, \dots, k\}$ упорядочиваются по их величине от минимального до максимального. В первую очередь расширяются границы ограничения с минимальным значением дополнительной

переменной u_j , причем границы этого ограничения расширяются на величину u_j . Далее запускается задача математического программирования с тем же критерием $K \rightarrow \min$. Если полученное оптимальное решение по-прежнему больше нуля ($\text{ext } K > 0$), т.е. система ограничений с расширенными границами по-прежнему несовместна, то процедура расширения границ повторяется для следующего неравенства с наименьшим значением дополнительной переменной.

Если после расширения всех границ ограничений-неравенств исходной системы $W(\{p_j(x) \geq 0, j = 1, \dots, k\})$ система ограничений остается несовместной, то следует приступить к итеративному эвристическому пересмотру значений экзогенных параметров модели, в результате которого появится допустимое решение. Впрочем, после окончания работы первого этапа пользователь имеет возможность сразу приступить к итеративному эвристическому пересмотру значений не только экзогенных параметров модели, но границ ограничений-неравенств.

Использование оптимизационного режима приводит к необходимости решения задач математического программирования. Наиболее распространены и изучены прикладные задачи, сводящиеся к задачам линейного программирования (ЛП). Однако расчетные показатели МЭНЭК представлены полилинейными функциями, которые являются многочленами с мономами, содержащими произведения переменных в первой степени, т.е. эти функции являются линейными по каждой переменной при фиксации остальных переменных. В качестве примера полилинейной функции в МЭНЭК можно привести величину выручки отрасли при продаже продукта на внутреннем рынке, которая зависит от объема его производства отраслью и индекса соответствующей цены. Поэтому в МЭНЭК возникает необходимость решения задач математического программирования, в которых целевая функция и функции ограничений могут быть полилинейными. Для решения полилинейных задач в ИНЭИ РАН был специально разработан обобщенный метод решения *задач полилинейного программирования* (ПП), который прошел многолетнюю апробацию в исследованиях [19, 20].

Задачи ПП можно отнести к геометрическому программированию с бинарными степенями. Далеко продвинутые направления полиномиальной оптимизации практически не пересекаются с этим классом. Таким образом, задачи ПП можно выделить в самостоятельный, практически неизученный класс.

Будем называть задачей полилинейного программирования поиск экстремума (для определенности максимума) полилинейной функ-

ции $C(x)$ на непустом ограниченном множестве D с положительной размерностью, заданном совокупностью полилинейных неравенств и уравнений. Полилинейная функция есть многочлен, все члены которого имеют степень 0 или 1 по каждой из переменных.

$$D = \left\{ \sum_{j=1}^l a_{ij} \prod_{u=1}^n x_u^{h_{iju}} + b_i \geq 0 \right\}, i = 1, \dots, l;$$

$$\sum_{j=1}^l c_{0i} \prod_{u=1}^n x_u^{h_{j0u}} \rightarrow \max,$$

где i — номер ограничения; j — номер монома; $\{x_u\}$ — искомые (независимые) переменные; $h_{iju} \in (0; 1)$; $\{a_{ij}\}$, $\{b_i\}$, $\{c_{ij}\}$ — экзогенные параметры.

Ограниченность множества D можно гарантировать, задав из содержательных соображений конечные диапазоны изменения каждой переменной. Если n — общее число переменных задачи ПП, а s — число ее ограничений-равенств, то множество D для почти любой (т.е. кроме подмножества меры нуль в рассматриваемом множестве) задачи ПП обладает положительной размерностью при легко проверяемом условии $s \leq n - 1$. В общем же случае надо будет заменить число s на ранг (rank) функциональной системы из s полилинейных функций, задающих ограничения-равенства.

Алгоритм решения задачи ПП работает, если выполняются следующие условия:

1. Существует такое разбиение множества переменных задачи ПП $\{G_\lambda\}$:

$$G = \bigcup_1^k G_\lambda,$$

что при фиксации значений всех переменных из любых $k - 1$ подмножеств G_λ задача ПП почти всюду превращается в нетривиальную задачу линейного программирования (ЛП). Задачу ЛП назовем *нетривиальной*, если ее целевая функция не является константой, а область допустимых значений непуста, ограничена и обладает положительной размерностью.

2. Задана некоторая точка x^0 , удовлетворяющая всем ограничениям задачи ПП.

Алгоритм решения задачи ПП является итеративным, причем каждая итерация включает в себя k однотипных рабочих шагов. На каж-

дом λ -м шаге μ -й итерации из вектора $x^{\lambda-1, \mu}$ формируются вектор $x^{\lambda, \mu}$ и соответствующее ему значение целевой функции $C(x^{\lambda, \mu})$ следующим образом:

А) Положим

$$x_i^{\lambda, \mu} = x_i^{\lambda-1, \mu} \quad \forall i \notin G_\lambda.$$

Подставим полученный таким образом подвектор $x^{\lambda, \mu}$ во все условия задачи ПП. В силу принятых допущений получим нетривиальную задачу ЛП $^{\lambda, \mu}$ относительно переменных из G_λ .

В) В качестве подвектора $\{x_i^{\lambda, \mu}\} \forall i \in G_\lambda$ примем оптимальное решение задачи ЛП $^{\lambda, \mu}$, а оптимальное (для определенности — максимальное) значение ее целевой функции есть

$$C(x^{\lambda, \mu}) \geq C(x^{\lambda-1, \mu}).$$

Вектор $x^{\lambda, \mu}$ является допустимым для задачи ПП, поскольку оптимальное решение задачи ЛП $^{\lambda, \mu}$ является и допустимым ее решением. В алгоритме принято, что $x^{0,1} = x^0$, а $(k+1, \mu) = (1, \mu+1)$.

Из описания алгоритма следует, что при поиске максимума на последовательности рабочих шагов целевая функция $C(x)$ не может убывать. Вместе с тем ее возрастание не может быть бесконечным, поскольку функция $C(x)$ непрерывна, а множество D ограничено. Будем считать процесс вычислений законченным, когда на k последних шагах значение $C(x)$ окажется постоянным.

Необходимо отметить, что полилинейные функции вообще не обязательно выпуклы. Если функция f полилинейна, то критерий выпуклости

$$\forall x \forall y \quad \partial^2 f / \partial x \partial y \geq 0.$$

В общем случае допустимые области задачи полилинейного программирования невыпуклы, и локальные максимумы полилинейных функций при полилинейных ограничениях не обязательно являются глобальными. Разработанный метод решения задач ПП гарантирует для исходной допустимой задачи неубывание целевой функции (монотонность процесса сходимости) и принадлежность найденного решения границе допустимой области: точка остановки алгоритма (как и промежуточные оптимальные точки) лежит на гиперповерхности, являющейся границей множества допустимых решений D . В общем случае найденное решение задачи ПП, в отличие от задач выпуклого программирования, зависит от исходной точки.

Поскольку найденное решение невыпуклой задачи ПП не может гарантировать достижение не только глобального, но и локального экстремума, то нельзя исключить, что итерационный процесс закончился в паретовой точке. Решение является лишь неувлучшаемым при данном методе и данном составе фаз. При возникновении подобных ситуаций предусмотрено использование совместно с методом ПП широко известного метода градиентного поиска, который позволяет уходить из паретовых точек, получаемых методом ПП.

3.4. Технология информационного обеспечения модели МЭНЭК

Исследования на модели МЭНЭК, как и любые количественные макроэкономические исследования, опирающиеся на использование экономико-математических моделей, немислимы без соответствующего информационного обеспечения, как при ретроспективном анализе, так и в прогнозных расчетах. Формирование исходной информации для расчетов, т.е. начальной точки прогнозной траектории, является достаточно сложной задачей. Значения параметров и переменных должны адекватно отражать сложившуюся экономическую ситуацию в стране.

Основой информационного обеспечения модельных макроэкономических исследований служат официальные данные, публикуемые Федеральной службой государственной статистики (Росстат), поскольку государство принимает на себя ответственность за их достоверность. Издания Росстата регулярны, общедоступны; информация, отражаемая в них, охватывает различные аспекты экономической жизни; строгое определение содержания всех основных показателей и методика их расчета публикуется в отдельных сборниках. Тем не менее эти данные обладают серьезными недостатками: они неполны, недостаточно достоверны и сопоставимы [29].

Неполнота проявляется прежде всего в межотраслевом и «межпродуктовом» разрезе: отсутствуют данные о возрастной структуре производственного оборудования, отраслевой технологической структуре капитальных ремонтов и т.д. Наиболее остро ощущается недостаток в межотраслевом балансе производства и распределения товаров и услуг (МОБ), который является основным инструментом для анализа структуры производства, промежуточного использования и конечного потребления товаров и услуг в экономике. Во-первых, межотраслевые балансы имеют дело с так называемыми чистыми отраслями,

а во-вторых, в рамках межотраслевого баланса все ресурсы и их использование сбалансированы и согласованы с показателями системы национальных счетов (СНС), описывающими общее состояние экономики. Ключевая часть МОБ, описывающая промежуточное (производственное) потребление товаров и услуг в экономике — матрица «затраты — выпуск», на основе которой можно получить матрицу удельных затрат продуктов в основных отраслях экономики.

Недостоверность информации, представляемой Росстатом, объясняется рядом обстоятельств:

- неполным охватом хозяйствующих субъектов экономики при формировании отчетных значений широкого круга показателей (учитываются лишь крупные и средние предприятия);
- сознательным искажением информации субъектами с целью уменьшения налоговых платежей.

Росстат пытается компенсировать эти недостатки, но достоверность соответствующих оценок невысока. К потере достоверности приводят и чисто методические проблемы, связанные со сложностями при агрегировании неоднородных показателей, например при расчете среднего по стране индекса цен производителя в многопродуктовых отраслях, в частности в машиностроении, химии, пищевой и легкой промышленности.

Несопоставимость данных по двум причинам. Главной из них является постоянное стремление улучшить методическую базу исчисления различных показателей. Это стремление вызвано фундаментальными изменениями основ хозяйственной деятельности в стране и адаптацией российской статистики к принятой в международной практике системе учета и статистики. В результате методического совершенствования отчетности возникают либо разрывы в ретроспективных временных рядах, либо коррекция ранее опубликованных данных. Другая причина, вероятно, чисто организационная: в некоторых случаях наблюдается несопоставимость состава показателей, формируемых различными подразделениями Росстата. Например, номенклатура товаров, по которым публикуются объемы выпусков, не совпадает с номенклатурой, по которой представлены индексы цен. В свою очередь, ни та, ни другая не совпадают с набором товаров, по которым представлена загрузка мощностей и т.д.

Кроме Росстата, можно учитывать данные других источников информации: информация государственных органов исполнительной власти (ФТС, ФНС, различные министерства, органы исполнительной власти субъектов РФ), данные разнообразных аналитических цент-

ров и консалтинговых фирм, не имеющих статуса государственных органов, публикации специалистов-аналитиков, исследования и консультации научных и отраслевых институтов, а также предметных специалистов. Но в отличие от государственных, публикации других источников нерегулярны и некомплексны. Довольно часто они содержат взаимно противоречивые оценки.

Но даже при наличии «идеальной» государственной статистической отчетности решение задачи идентификации любой модели неизбежно сталкивалось бы с проблемами. Существует большое разнообразие возможных структур экономико-математических моделей, учитывающих разный набор экономических факторов с разной степенью подробности их описания, определяемой целями исследования. В результате практически каждая модель, используя в качестве информационной основы статистические источники, нуждается в доопределении одних показателей и дезагрегировании других. Предвидеть и удовлетворить подобные спонтанно возникающие потребности вряд ли возможно в рамках регламентированной статистической отчетности. При подготовке исходной информации, прежде чем работать с численными значениями показателей, следует обеспечить их понятийное согласование. Другими словами, необходимо сопоставить показатели, присутствующие в статистической отчетности, с показателями, фигурирующими в качестве исходных данных для модели. Здесь речь идет прежде всего о согласовании состава регионов, экономических субъектов и, в частности, производственных отраслей, состава товаров, услуг и видов налогов, разновидностей цен, в которых проводится измерение стоимостных объемов показателей, а также ряда других факторов. Методика подобных согласований определяется экономическим содержанием соответствующих аспектов исследований и совокупностью принимаемых допущений.

Чтобы минимизировать недостоверность информации Росстата, следует рассматривать не значения интересующих показателей, а интервалы вероятных значений этих показателей, т. е. следует приписать каждому из рассматриваемых показателей оценку точности. Для этого может быть использована информация, содержащаяся в различных источниках, либо собственные эвристические оценки. В качестве примера подобной информации можно привести статистическое расхождение в счете использования ВВП.

К поиску недостающих данных при помощи других источников информации прибегают и в случае невозможности получить значения некоторых исходных показателей из публикаций Росстата, т.е. в случае неполноты исходной информации.

Последний этап подготовки исходных данных — проверка взаимной согласованности всех полученных значений показателей модели — требует использования расчетных процедур и алгоритмов самой модели МЭНЭК для согласования исходных данных. Назначение процедур согласования связано с коррекцией существующей информации, в основе которой лежат очевидные соотношения, которые должны выполняться обязательно, например равенство целого сумме своих частей, т.е. разнообразные балансовые соотношения. Последние наиболее актуальны в тех случаях, когда совокупность однотипных балансов (продуктовых или отраслевых) должна удовлетворять определенным требованиям, вытекающим из статистической отчетности.

Охват всех показателей модели МЭНЭК должен обеспечить полную их взаимную согласованность. Однако в силу множества неизбежных погрешностей, каждая из которых не носит принципиального характера, возникает необходимость проверки результатов согласования. В качестве контрольного инструмента вполне естественно использовать расчетные алгоритмы самой модели МЭНЭК. Здесь ключевую роль играют так называемые целевые ограничения модели, описанные выше. Если каждое из проверяемых ограничений модели при проведении расчетов выполняется при найденных значениях экзогенных параметров и независимых переменных, то это является доказательством как полной взаимосогласованности всех параметров модели, так и соответствия идентифицированной модели отчетным данным базового года.

При нарушении некоторых ограничений следует уточнить значения переменных модели, варьируя их сначала в вероятных диапазонах, а по мере необходимости раздвигая эти диапазоны. При варьировании переменных следует использовать штатный для МЭНЭК алгоритм поиска допустимого (опорного) решения. Степень отклонения новых значений переменных от их ранее найденных уровней позволит дать оценку роли неконтролируемых факторов в процессе идентификации модели.

Подытоживая рассмотренные выше приемы формирования исходных данных для МЭНЭК, можно выделить основные этапы соответствующей процедуры.

1. Понятийное согласование показателей, используемых в статистической отчетности и в модели МЭНЭК.
2. Сбор первичной информации, сначала из изданий Росстата, а затем из всех прочих доступных источников.

3. Самостоятельное формирование ожидаемых значений тех показателей, которые не удалось найти на предыдущем этапе.

4. Экспертная оценка точности всех найденных значений показателей в форме диапазонов их возможных значений с доверительной вероятностью 0,7—0,9.

5. Контроль взаимосогласованности найденных значений показателей. Для этого необходимо прежде всего выбрать стратегию согласования с помощью последовательности расчетных алгоритмов МЭНЭК. На каждом этапе процедуры согласования необходимы:

5.1. проверка взаимосогласованности ожидаемых значений исходных показателей. В случае отрицательного решения:

5.2. проверка взаимной согласованности диапазонов возможных значений показателей и при необходимости их корректировка;

5.3. минимальная коррекция ранее найденных значений исходных показателей, обеспечивающая их взаимную согласованность.

Изложенную последовательность действий можно рассматривать в качестве унифицированной и достаточно формализованной процедуры формирования исходных данных для сложных межотраслевых макроэкономических моделей. Блок-схема технологии регулярной актуализации информационного обеспечения модели МЭНЭК представлена на рис. 3.3.

В ее основе лежит последовательное преобразование информационных массивов от первичной информации (информации из внешних источников), фиксируемой в секторе *A*, к косвенной (самостоятельно формируемой) в секторе *B*, и, наконец, к исходной (подаваемой на вход модели) в сектор *C*. Само преобразование выполняется с помощью понятийного согласования между терминами отчетности и модели (т.е. определяется алгоритм перехода от одних терминов к другим) и процедур согласования в рамках расчетных процедур МЭНЭК. Этот сектор поделен на четыре раздела: макроэкономические показатели (скаляры), продукты, отрасли (вектора) и матрицы. Данные из сектора *B* не могут подаваться на вход модели, поскольку они создавались на основе несогласованных данных, различных гипотез, поэтому и соответствующие результаты оказываются недостаточно сбалансированными. Для устранения этого недостатка используется процедура поиска допустимого решения в расчетных процедурах МЭНЭК. Результатом этой работы являются исходные данные для модели, которые фиксируются в секторе *C*.

Конкретная структура показанной на рис. 3.3 технологии основана на учете того факта, что взаимная обусловленность численных

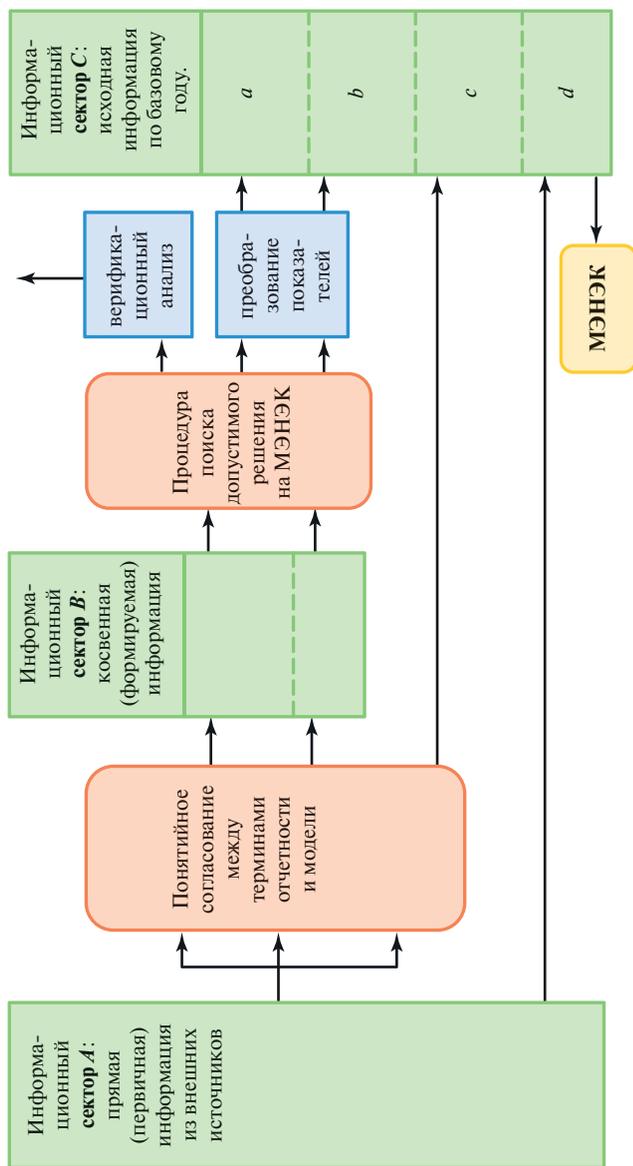


Рис. 3.3. Блок-схема технологии формирования исходных данных для МЭНЭК:
a, b, c, d — см. в тексте

значений показателей сектора C резко неравномерна. Одни группы показателей имеют достаточно сильные взаимные связи, а другие — относительно слабые. Для исходных данных МЭНЭК характерны две группы показателей с сильными связями: группа a , которая определяет состояние межпродуктового баланса, и группа b , которая определяет состояние финансовых балансов рассматриваемых в МЭНЭК экономических субъектов.

Остальные две группы показателей можно считать практически независимыми. При этом значения показателей группы c формируются на основе косвенной информации, значения показателей группы d заимствуются непосредственно из первичной информации. Тесная обусловленность показателей групп a и b определяет необходимость в использовании процедуры поиска допустимого решения.

Задача процедуры поиска допустимого решения на МЭНЭК — обеспечить согласованность полученных данных. Она требует, во-первых, выполнения всех балансовых соотношений: т.е. приход должен быть равен расходу, а, во-вторых, практически для всех столбцов межотраслевого баланса требуется равенство суммы его элементов соответствующему отчетному значению. Если подставить в эти соотношения найденные на предыдущем этапе значения параметров (сектор B), то с очень высокой вероятностью будут получены дисбалансы. Но с помощью соответствующей задачи линейного программирования в рамках заданных диапазонов каждого из показателей можно найти такие минимальные поправки к этим значениям, которые обеспечат выполнение заданных условий. Однако при неадекватном задании диапазонов задача ЛП может оказаться несовместной. Дальнейшая работа будет заключаться в том, чтобы пойти «навстречу требованиям решения» и, руководствуясь содержательным смыслом, расширять некоторые диапазоны, пока не будет найдено решение. Подобная постановка предполагает концентрацию внимания исследователя не столько на определении «истинного» значения параметра, что сделать весьма сложно, сколько на «адекватной» оценке диапазона вероятных его значений.

Результаты процедуры согласования после ряда простых дополнительных преобразований определяют значительную часть исходных данных для МЭНЭК: коэффициенты матриц удельных выпусков, промежуточного потребления, валового накопления основного капитала, ставки косвенных налогов и др.

Рассмотренная процедура формирования полного и согласованного набора исходных данных для МЭНЭК позволяет провести

верификационный анализ. В рамках процедуры согласования используется тот достаточно представительный набор отчетных значений макроэкономических показателей, с помощью которого проводится верификация модели, которая предназначена для оценки адекватности модели и ее информационного наполнения отчетным значениям основных показателей базового года. Однако достижение взаимной согласованности параметров и переменных модели может быть достигнуто только ценой некоторых отступлений этих макроэкономических характеристик от их отчетных значений. Подобные отступления могут быть вызваны совокупностью следующих причин:

- принятыми в модели алгоритмами расчета выходных показателей;
- влияние допущений, использованных при формировании косвенной информации;
- недостаточной взаимной согласованностью самих отчетных данных.

Оценка вынужденных отступлений от отчетных значений основных отраслевых и макроэкономических показателей и является одной из существенных составляющих верификационного анализа.

3.5. Программное обеспечение автоматизированной разработки, модификации и эксплуатации межотраслевых моделей

Балансовые межотраслевые модели и их различные расширения, широко применяемые в теоретических и практических макроэкономических исследованиях, при не слишком обременительных ограничениях могут быть описаны в рамках единой формальной схемы [30]. Эта схема позволяет в значительной мере автоматизировать как процессы разработки, развития, редактирования и архивирования моделей, так и процессы их эксплуатации.

Макроэкономическая межотраслевая модель МЭНЭК построена на оригинальном программно-вычислительном комплексе CREATOR-DIGGER, созданном И.Н. Карбовским в ИНЭИ РАН и включающим в себя математическое и программное обеспечение, которое позволяет предметному эксперту создавать, модифицировать и эксплуатировать расширенные балансовые модели, не прибегая к услугам программистов и располагая:

- при разработке модели — наглядным отображением состояния разработки, наглядными средствами редактирования и развития модели;

- для организации расчетов — автоматически создаваемыми размеченными и озаглавленными шаблонами ввода данных и отображения результатов расчетов;

- для проведения расчетов — средствами вызова процедур реализации динамических связей, процедур прямого счета и процедур оптимизации, средствами контроля допустимости их применения и наглядного отображения результатов.

При этом жесткий онлайн-контроль исключает возможности синтаксических ошибок и систематически подсказывает пользователю порядок следующих действий.

Для ввода и редактирования структуры модели предназначен программный комплекс CREATOR, обеспечивающий интерактивный ввод и редактирование структурных данных, состав которых описывается ниже.

Пользователю предоставляются интерфейсные средства — пункты меню, подсказки, шаблоны ввода, всплывающие операционные кнопки, панели отображения текущего состояния разрабатываемой модели.

При построении модели определяются предметные области (категории), и для каждой категории — перечни ее составляющих.

Примеры реализаций:

- категория отрасли:

составляющие — сельское и лесное хозяйство, добыча нефти, электроэнергетика и т.д.;

- категория продукты:

составляющие — нефть, электроэнергия и т.д.

Рассматривается эволюция моделируемой системы на последовательности временных тактов (обычно — лет). Определяются числовые объекты модели: экзогенные параметры (параметры), искомые независимые переменные (переменные), расчетные показатели (индикаторы). Определяющими атрибутами числовых объектов выступают их имена и идентификаторы. Имена используются в заглавиях шаблонов и в системных комментариях, идентификаторы — в формулах статической схемы и динамических связей. Числовые объекты могут быть индексированы по одной или двум категориям.

Примеры:

- объект *Цена* индексирован по категории *Продукты*;

- объект *Удельные затраты* индексирован по категориям *Отрасли* и *Продукты*.

Параметры — сценарно задаваемые величины, значения которых вводятся непосредственно как числовые данные (статические параметры) либо определяются формулами динамики, определяющими числовые значения параметров в текущем временном такте как функции от значений числовых объектов в прошлых тактах.

Переменные — величины, варьируемые в задачах оптимизации и поиска допустимых решений.

Индикаторы — величины, значения которых определяются формулами, операндами которых могут быть числа и ранее определенные объектные операнды: параметры, переменные и индикаторы. Для индикаторов предусмотрен интерфейс ввода формул, определяющих индикатор как арифметическое выражение, операндами которого являются ранее определенные объекты. Операторами формул являются обычные арифметические операторы и символы суммирования по категорийным индексам. Объектные операнды формулы индикатора относятся к текущему такту (статическая схема), тогда как объектные операнды формул динамических связей всегда относятся к прошлым тактам (динамическая схема).

Интерфейс ввода формул исключает возможность синтаксических ошибок и возвратных ссылок. Ввиду особого значения свойств полилинейности в системе CREATOR допускаются, но контролируются (на всю глубину ссылок) формулы, не являющиеся полилинейными. По требованию пользователя выдается список нарушений полилинейности.

Для реализации преемственности разработок предусматривается возможность сохранения модели под измененным именем с последующими изменениями состава и редактированием членов категорий и объектов. Ведется архив разработанных моделей.

Переменные и индикаторы могут иметь или не иметь верхние и нижние границы, определяющие допустимость решений. Границы имеют статус неявных параметров и также могут быть статическими либо динамическими.

Для организации ввода данных и выполнения расчетов и оптимизационных процедур используется интерактивная программная система DIGGER, предназначенная

- для ввода динамических связей,
- задания требований к расчетам,
- создания шаблонов входных и выходных данных,
- ввода численных значений и контроля полноты входных данных,
- проведения процедуры прямого счета и оптимизации,
- индикации результатов расчетов и их архивирования.

При входе в систему DIGGER пользователю предоставляется выбор модели, сформированной в системе CREATOR, выбор сценария и расчета, определяемых их именами. При создании нового расчета пользователь определяет его имя, начальный и конечный годы, а также заполняет паспортные данные и легенду данного расчета.

Для нового расчета автоматически формируется и предоставляется пользователю набор озаглавленных и размеченных табличных шаблонов на листах Excel. Последовательность листов соответствует последовательности годов, заданных при порождении расчета. При этом для переменных и индикаторов по умолчанию проставляются условно-бесконечные значения нижних и верхних границ. В указанных бланках пользователь (эксперт) проставляет числовые значения. Поля данных, требующие заполнения пользователем, и поля результатов, не требующие ручного заполнения, различаются цветовой маркировкой. После заполнения полей данных открывается доступ к вызову расчетных процедур. Предусмотрено архивирование разрабатываемых и проводимых расчетов. В системе DIGGER предусмотрены следующие виды расчетов:

- прямые статические расчеты — вычисляют значения индикаторов согласно введенным формульным зависимостям, если в размеченных бланках уже введены значения параметров и базовые значения переменных;
- расчеты динамических связей (для каждого года, кроме начального) — вычисляют значения тех параметров, для которых ранее введены формулы динамических связей;
- статическая оптимизация;
- динамическая оптимизация.

Для оптимизационных процедур пользователю предоставляется возможность выбрать критерий оптимизации (максимизируемый показатель) из числа скалярных полилинейных индикаторов, либо указать, что требуется найти лишь какое-либо допустимое решение. Оптимизация может выполняться для одного такта (статическая оптимизация) либо для нескольких тактов подряд (динамическая оптимизация). Для динамической оптимизации в качестве критерия подразумевается максимизация суммы значений выбранного показателя на указанной временной последовательности. Оптимизационные процедуры реализованы в рамках задачи полилинейного программирования (в частном случае задачи ЛП), для чего разработаны эффективные средства контроля свойств полилинейности (линейности) индикаторов, построения состава фаз полилинейного программирования и

циклической организации генерирования и решения линейных подзадач. Система DIGGER автоматически формирует некоторый исходный состав фаз, в каждую из которых включается состав переменных, образующих очередную линейную подзадачу. В исходном составе все фазы имеют максимальное заполнение, т. е. никакая фаза не может быть пополнена какой-либо переменной без нарушения линейности подзадачи, и каждая переменная участвует в одной или нескольких фазах. Пользователю предоставляется интерфейс для возможного редактирования состава фаз. При этом действия пользователя контролируются по критерию сохранения линейности и критерию полноты охвата переменных.

Прямые расчеты выполняются независимо от свойств полилинейности (линейности) индикаторов путем интерпретации формул статической и динамической схемы. При статической оптимизации (оптимизации одного такта) из задачи оптимизации исключаются неполилинейные индикаторы, а прямой расчет, выполняемый после завершения оптимизационной процедуры, показывает, удовлетворяют ли эти индикаторы оговоренным для них граничным условиям.

При запросе пользователя на проведение динамической оптимизации также исключаются неполилинейные индикаторы, но дополнительно выполняется проверка: не искажаются ли за счет динамических связей на указанном интервале времени свойства полилинейности индикаторов, которые статически полилинейны. При обнаружении таких искажений задача динамической оптимизации в рамках полилинейного программирования на данном интервале объявляется невозможной.

Завершение статической или динамической оптимизационной процедуры сопровождается сообщением о том, найдено ли допустимое решение, и о достигнутом значении критерия, если он был задан.

Описанный программный комплекс автоматизации разработки и эксплуатации расширенных балансовых моделей реализован в среде MS Visual Basic. Комплекс прошел 13-летний период эксплуатации и неоднократно дополнялся и совершенствовался в ответ на возрастающие требования и пожелания экспертов, проводивших исследования с использованием этого аппарата. Комплекс CREATOR-DIGGER позволил резко (в десятки раз) ускорить процессы разработки моделей, организации расчетов и анализа результатов, а главное, освободил специалистов-экспертов от большей части рутинной работы и дал возможность сосредоточиваться на принципиальной содержательной части макроэкономических исследований. Именно этот комплекс

использовался в качестве программного обеспечения всех макроэкономических исследований, проводимых в ИНЭИ РАН.

Однако специализация программного комплекса CREATOR-DIGGER на расширенных балансовых моделях, т.е. на директивных моделях, при попытке реализовать с его помощью рефлексивные модели вызывает весьма серьезные затруднения. В связи с этим возникла проблема создания более универсального программного комплекса на основе новейших программных технологий, способных развивать возможности CREATOR-DIGGER [31].

3.6. Опыт исследований взаимосвязей экономики и ТЭК на модели МЭНЭК

В разд. 2.2 мы говорили, что в расчетах на межотраслевых моделях могут использовать две постановки оптимизационных макроэкономических задач. В первой постановке формируется самостоятельный сценарий развития экономики в отраслевом разрезе. Вторая постановка (разностная) предусматривает количественную оценку последствий для экономики от возмущений сценарных параметров модели относительно их базовых уровней. Эти базовые уровни могут быть получены путем верификации модели либо на ретроспективные данные, либо на какой-либо базовый прогнозный сценарий развития экономики.

С 1999 года модель МЭНЭК является основным инструментом для наших комплексных исследований взаимосвязей отраслей ТЭК и экономики России. При этом для нее применимы две указанные выше постановки оптимизационных задач. Первое прикладное использование модели МЭНЭК было связано с исследованием влияния тарифно-инвестиционной политики в энергетических естественных монополиях на перспективы развития экономики России [32].

После кризиса 1998 года в стране впервые за 10 лет начался экономический рост, но цены на продукцию энергетических естественных монополий на внутреннем рынке были фактически заморожены. При этом слабое финансовое состояние РАО «ЕЭС России» и ОАО «Газпром» усугублялось разворачиванием кризиса неплатежей, т.е. быстрым наращиванием объемов просроченной задолженности за поставки товаров и услуг в стране, львиная доля которой приходилась на поставки электроэнергии и газа. В этих условиях возникли проблема недофинансирования инвестиций в электроэнергетике и газовой промышленности и угроза последующего нарушения надежности и бесперебойности энергоснабжения отечественной экономики.

В результате вопрос о целесообразности форсированного повышения регулируемых государством тарифов за поставки электроэнергии и газа на внутренний рынок приобрел предельную актуальность.

Для исследования этого вопроса на модели МЭНЭК использовались обе постановки оптимизационных задач. В рамках первой постановки был рассчитан сценарий развития экономики, нацеленный на поиск компромисса интересов производителей и потребителей энергоносителей при формировании тарифно-инвестиционной политики в электроэнергетике и газовой промышленности (рис. 3.4). Модельные расчеты должны были дать ответ на вопрос: возможен ли рост нашей экономики с достаточно высокими темпами в прогнозном интервале с 2001 по 2005 гг. при форсированном росте цен на энергоносители до уровня самофинансирования инвестиций в электроэнергетике и газовой промышленности. При этом в качестве целевых макроэкономических ориентиров, достижимость которых надлежало выяснить, были положены прогнозные показатели социально-экономического развития, разработанные МЭР в начале 2001 года (табл. 3.10).

Согласованные с указанными выше темпами роста экономики объемы производства электроэнергии и газа и необходимые для этого уровни отраслевых капиталовложений, а также соответствующие им темпы роста внутренних цен на электроэнергию и газ (до уровня само-



Рис. 3.4. Поиск компромиссной траектории развития экономики на модели МЭНЭК

Таблица 3.10

Прогнозные макроэкономические показатели, разработанные МЭР

Показатель	Год				
	2000	2001	2002	2003	2004
Рост ВВП, % к пред. году	8,3	4—6	4—6	4—5,5	4—5,5
Годовой индекс дефлятор ВВП, %	145,9	116,5	114,8	114,0	110,0
Рост инвестиций в основной капитал, % к пред. году	17,4	6,0	8,0	7,0	8,0
Экспорт товаров и услуг, индекс к пред. году		0,944	1,017	1,038	1,035
Импорт товаров и услуг, индекс к пред. году		1,077	1,079	1,062	1,138
Рост реальных располагаемых доходов населения, % к предыдущему году	9,1	5,5	7,0	6,0	7,0

финансирования инвестиций) были получены в результате соответствующих отраслевых расчетов в ИНЭИ РАН (табл. 3.11).

В результате расчетов на модели МЭНЭК было показано, что рост цен энергоносителей до уровня самофинансирования энергетических

Таблица 3.11

Основные параметры развития электроэнергетики и газовой промышленности, принятые в Энергетической стратегии России

Показатель	Единица	Год					
		2000	2001	2002	2003	2004	2005
Производство электроэнергии	ГВт·ч	878,3	902,3	927,0	954,0	982,0	1010,0
Добыча газа	млрд·м ³	584,0	580,1	582,0	582,0	592,2	600,2
Капвложения в электроэнергетике	млрд \$	1,9	2,5	3	3,5	4	4,5
Капвложения газовой промышленности	млрд \$	4,4	4,5	5,5	5,8	6,3	6,5
Цена электроэнергии индекс отн. 2000 года	цент/КВт·ч	1,19	1,51	1,71	1,89	2,16	2,46
		1,000	1,269	1,437	1,580	1,807	2,059
Цена газа* индекс отн. 2000 года	\$/тыс·м ³	15,57	19,29	29,14	36,70	44,59	50,07
		1,000	1,239	1,872	2,358	2,864	3,216

* С учетом нерегулируемой государством части внутреннего рынка газа.

компаний может не вступать в противоречия с целями развития экономики России, предусмотренными принятой на тот момент Правительством РФ Программой социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2010 года. В дальнейшем эти результаты были подтверждены фактическим развитием экономики и ТЭК в период 2001—2008 гг.

Методика проведения расчетов на МЭНЭК и соответствующие расчетные результаты были использованы при разработке «Энергетической стратегии России на период до 2020», принятой Правительством РФ в 2000 г.

Разработанный компромиссный вариант развития экономики страны позволил провести серию расчетов в рамках разностной постановки, целью которых являлся сравнительный анализ того, как изменятся основные параметры социально-экономического развития страны и финансовое состояние производственных отраслей экономики при возрастании цен на электроэнергию на внутреннем рынке выше уровня, предусмотренного в базовом компромиссном сценарии.

Анализ влияния различной динамики внутренних цен энергоносителей на темпы макроэкономических показателей и на развитие и финансовое состояние отраслей экономики (особенно энергоемких) стало одним из основных направлений исследований на модели МЭНЭК в последующие годы [33]. В частности, с 2002 г. по 2006 г. модель МЭНЭК являлась основным инструментом оценки последствий для экономики страны и ее отраслей (особенно энергоемких) реструктуризации внутреннего рынка газа [34, 35].

Начиная с 2008 года, результаты расчетов на МЭНЭК стали регулярно использоваться при формировании сценариев взаимосогласованного социально-экономического развития регионов страны (как в разрезе федеральных округов, так и в разрезе субъектов РФ). Для этого в ИНЭИ РАН была разработана оригинальная методика, основанная на сочетании трех принципов:

- согласование перспективных значений показателей, определяющих экономическое развитие как страны в целом, так и ее регионов;
- учет сложившихся в ретроспективе тенденций в динамике региональной структуры экономики страны, определяемых изменениями в отраслевой структуре экономики регионов;
- учет принятых к реализации крупных инвестиционных проектов в субъектах РФ, обуславливающих в прогнозном периоде качественные изменения в отраслевой структуре экономики отдельных регионов и региональной структуре экономики страны в целом.

Согласно этой методике расчеты на МЭНЭК необходимы для отраслевой детализации прогнозных показателей социально-экономического развития России, регулярно разрабатываемых МЭР РФ [36]. В результате этой детализации формируются развернутые прогнозные сценарии развития экономики, которые включают в себя показатели, необходимые для прогноза потребления ТЭР в стране в целом в отраслевом разрезе [37]. В частности, для каждого прогнозного года определяются объемы выпусков и инвестиций для 20—30 отраслей в сопоставимых ценах. Для их последующей территориальной детализации эти объемы агрегируются по 11 укрупненным видам экономической деятельности [38]. Методика территориальной детализации общероссийских показателей не предусматривает использования межотраслевых моделей регионов и построения соответствующих межотраслевых балансов. Поэтому в настоящей монографии описание этой методики и соответствующих модельно-информационных средств опускается.

Модель МЭНЭК начала активно эксплуатироваться сразу после кризиса 1998 года, после которого отечественная экономика в течение 10 лет развивалась поступательно. Все эти годы многочисленные оптимизационные расчеты на модели давали вполне адекватные и логически обоснованные результаты. Однако, начиная с 2009 года, в нашей стране начался период экономической (и не только экономической) турбулентности, за последние 8 лет экономика страны пережила два кризиса. В условиях макроэкономической волатильности результаты подробного количественного ретроспективного и прогнозного описания экономики, получаемые при помощи оптимизационных расчетов на межотраслевой модели, в значительной мере перестали соответствовать реальной экономической ситуации в стране (причины этого несоответствия описаны в последней главе монографии). Это заставило нас пересмотреть наши взгляды на цели, методические подходы и вычислительные алгоритмы макроэкономических исследований как в рамках формирования самостоятельных прогнозных сценариев развития экономики, так и для оценки ее чувствительности на возмущения различных ключевых параметров.

**ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ
ПОСЛЕДСТВИЙ МЕР ПО ОГРАНИЧЕНИЮ
ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ
В СТРАНЕ (МЭНЭК-ЭКО)**

**4.1. Цели разработки и основные особенности
модели МЭНЭК-ЭКО**

Со времени заключения Киотского соглашения и вплоть до глобальной финансово-экономической и геополитической турбулентности, переживаемой в последнее время, наблюдался нарастающий интерес к оценке экономических последствий различных мер по ограничению эмиссии парниковых газов, обусловленной антропогенной деятельностью. В России интерес к этому вопросу достиг своего пика к 2007—2008 гг. В эти годы выросло число экспертов, высказывавших мнение, согласно которому обязательства по сокращению эмиссии парниковых газов (ПГ) вполне приемлемы с макроэкономической точки зрения и даже могут способствовать ускорению роста экономики в долгосрочном периоде [39]. Основным доводом в подобных суждениях служит предполагаемая в отдаленной перспективе нехватка и высокая стоимость энергии в случае отказа от жесткой политики по сдерживанию эмиссии ПГ, что должно привести к торможению экономического роста [40]. Вдобавок к этому приводились оценки, в соответствии с которыми путь удовлетворения страны в энергии в случае низкоуглеродного развития экономики в долгосрочной перспективе будет в три раза менее капиталоемким по сравнению с вариантами развития экономики, не предусматривающими принятия на себя обязательств по значительному сокращению эмиссии ПГ.

Следует заметить, что переход на низкоуглеродный путь экономического развития тоже, скорее всего, потребует значительного удорожания энергоносителей, особенно электроэнергии. Для анализа влияния экологических ограничений на перспективы роста экономики следует сопоставлять все плюсы (связанные с уменьшением энергоемкости и увеличением эффективности производства) и минусы (обусловленные ростом инфляции и сокращением инвестиций в рас-

ширение производства в отраслях) от дополнительного удорожания энергоносителей. Однако для этого требуется учитывать все необходимые обратные связи, отражающие влияние развития отраслей ТЭК на экономику страны. В 2000-х годах во многих странах стали проводиться соответствующие исследования по формированию долгосрочных стратегий устойчивого развития экономики, ориентированные на обеспечение максимально возможного снижения экологической нагрузки при минимальном ущербе для темпов экономического роста [41, 42]. В частности, в США регулярно проводятся комплексные исследования, которые нацелены на оценку экономических ущербов (в терминах снижения темпов роста ВВП, уровня занятости), обусловленных замедлением динамики производства в стране (главным образом промышленного производства) и дополнительным ростом цен на топливо и энергию при введении различных мер по сдерживанию выбросов парниковых газов [43]. При этом в качестве одной из самых действенных мер по стимулированию снижения эмиссии парниковых газов рассматривается введение платы за выбросы этих газов. Одновременно рассматриваются различные стимулирующие механизмы для смягчения негативных экономических последствий от экологических ограничений (льготное кредитование предприятий, вознаграждения и дотации со стороны государства). В результате этих исследований выявились значительные расхождения в количественной оценке макроэкономических последствий реализации мер по ограничению эмиссии парниковых газов, что подчеркивает необходимость дальнейшего развития методологии и соответствующего модельного инструментария исследований на указанную тему.

В ответ на возросший интерес к подобным исследованиям в нашей стране в ИНЭИ РАН в 2008 году была разработана нелинейная оптимизационная межотраслевая модель МЭНЭК-ЭКО, которая ориентирована на исследования макроэкономических последствий различных мер по ограничению эмиссии парниковых газов в России [44]. Модель МЭНЭК-ЭКО была построена в рамках программы фундаментальных научных исследований ОЭММПУ РАН по разработке новых и совершенствованию действующих экономико-математических моделей для исследований различных аспектов взаимодействия экономики страны и ее топливно-энергетического комплекса.

Модель МЭНЭК-ЭКО нацелена на изучение влияния экономических и технологических мер по снижению эмиссии парниковых газов:

– на перспективную динамику и отраслевую структуру выбросов парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O и совокупности прочих парниковых газов) в России;

- перспективные объемы и эффективность энергопотребления в стране;
- динамику и структуру экономики России;
- основные показатели консолидированного бюджета РФ и динамику жизненного уровня населения;
- динамику производства и инвестиций, финансовое состояние производственных отраслей экономики.

МЭНЭК-ЭКО была построена на основе модификации и расширения базовой макроэкономической модели МЭНЭК путем добавления так называемого экологического блока и более подробного рассмотрения карбоноёмких производственных отраслей экономики. В экологическом блоке моделируются процессы эмиссии различных видов парниковых газов в производственных секторах экономики России. Подробное описание карбоноёмких отраслей (электроэнергетики, металлургии, химической промышленности и промышленности строительных материалов) заключается в том, что для каждого расчетного периода векторы удельного промежуточного потребления топлив в этих отраслях представлены в виде линейной комбинации нескольких опорных (реперных) векторов удельного потребления, каждый из которых соответствует определенной технологии производства в отрасли. Коэффициенты указанных линейных комбинаций являются переменными модели. Удельные капиталовложения в карбоноёмких отраслях также представлены в виде той же линейной комбинации опорных значений, каждое из которых соответствует одному из опорных векторов удельного потребления топлива в отрасли. В оптимизационных расчетах коэффициенты указанных линейных комбинаций во многом зависели от жесткости экологических ограничений и финансового состояния отраслей.

МЭНЭК-ЭКО является условно динамической моделью, в которой прогнозная траектория формируется при помощи последовательности взаимосвязанных статических оптимизационных расчетов. В частности, в модельных расчетах прогнозный период разбивается на несколько пятилеток. Структурной основой модели МЭНЭК-ЭКО являются балансы производства и распределения 30 продуктов (товаров и услуг) и финансовые балансы 23 отраслей экономики (видов экономической деятельности согласно ОКВЭД), из них 8 карбоноёмких. Состав ограничений модели МЭНЭК-ЭКО (в т.ч. числе балансовых) практически полностью совпадает с составом ограничений базовой модели МЭНЭК. Реструктуризации подверглись лишь финансовые балансы отраслей экономики и состав доходов консолидированного бюджета РФ, дабы предусмотреть в модели введение платы за эмиссию парниковых газов.

Размер платы за выбросы парниковых газов должен быть пропорционален объему эмиссии, который допускает хозяйствующий субъект (в модели производственная отрасль). Тем самым ужесточение бюджетных ограничений в отраслях экономики должно стимулировать снижение выбросов и влиять на динамику инвестиций, производства и удельных материальных затрат. Моделирование зависимости текущих и перспективных объемов инвестиций и производства в отраслях экономики от их финансового состояния и их связь с объемами эмиссии парниковых газов вызывает необходимость отказаться от хорошо освоенных задач линейного программирования и, как и в модели МЭНЭК, решать задачи *полилинейного программирования* [19, 20].

Изучение макроэкономических последствий экономических и технологических мер по снижению эмиссии парниковых газов на модели МЭНЭК-ЭКО опирается на развернутые сценарии экономического развития России, формируемые на базовой модели МЭНЭК. В процессе формирования указанных сценариев на базовой модели МЭНЭК осуществляется проверка реализуемости правительственных макроэкономических прогнозов с учетом требований со стороны отраслей ТЭК, которые в наших расчетах рассматриваются как ограничения. Эти ограничения в основном касаются объемов производства и внешней торговли топливно-энергетических ресурсов, объемов инвестиций каждой из отраслей ТЭК, соответствующих этим инвестициям динамик цен энергоносителей и др. Численные значения указанных ограничений — результат работы отраслевых лабораторий ИНЭИ РАН. Некоторые прогнозные параметры развития экономики страны, полученные на базовой модели, являются сценарными (экзогенными) параметрами в расчетах на модели МЭНЭК-ЭКО. Поэтому необходимо проводить верификацию модели МЭНЭК-ЭКО не только по ретроспективным данным, но и по прогнозным параметрам, полученным в результате расчетов на базовой модели МЭНЭК. Такими параметрами для МЭНЭК-ЭКО являются:

- коэффициенты зависимости производственных мощностей отраслей от объемов накопленных ими инвестиций,
- динамика отраслевых векторов удельных затрат товаров и услуг некарбонемких отраслей,
- распределение импорта каждого продукта по направлениям использования (промежуточное потребление, капиталовложения, конечное потребление),
- объемы конечного потребления продуктов населением.

В расчетах на модели МЭНЭК-ЭКО интересы производственных отраслей отождествляются с требованиями (ограничениями) по динамике уровня их рентабельности и динамике их производства. В качестве макроэкономических ограничений при поиске решений могут приниматься правительственные ожидания относительно темпов роста ВВП, реальных доходов населения, суммарного экспорта и импорта в экономике, динамики суммарных инвестиций в основной капитал в экономике. Экологические ограничения могут быть представлены ограничениями на эмиссию парниковых газов (ПГ) как в экономике в целом, так и в ее отдельных секторах. Все перечисленные требования к искомому решению и составляют группу так называемых целевых ограничений модели.

Использование в МЭНЭК-ЭКО целевых ограничений нередко приводило к отсутствию допустимых решений, т.е. решений, в которых значения всех зависимых показателей и независимых переменных входят в заданные границы. Поэтому, как и в базовой модели МЭНЭК, работа над каждым прогнозным периодом начиналась с формирования любого допустимого решения. Для его поиска использовались те же оптимизационные процедуры, что и в МЭНЭК, они обеспечивают упорядоченное варьирование переменных, но не параметров или целевых установок. После нахождения допустимого решения осуществлялся поиск оптимального решения. При этом чаще всего за критерий оптимизации принималась максимизация суммы ВВП, доходов населения и инвестиций в основной капитал в экономике в сопоставимых ценах.

Помимо непосредственно самой модели МЭНЭК-ЭКО была сформирована информационная база данных по выбросам парниковых газов в разрезе видов экономической деятельности [45, 46], которая построена на основе ретроспективных данных о динамике производства отраслей и потреблении различных топлив (газ, уголь, мазут, моторные топлива и прочие) в различных секторах экономики.

4.2. Экологический блок модели МЭНЭК-ЭКО

В экологическом блоке модели МЭНЭК-ЭКО описывается эмиссия различных парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O и совокупности прочих парниковых газов) в результате следующих процессов:

- использования топлив в различных секторах экономики;
- добычи и транспортировки угля, нефти и газа (включая сжигание в факелах);

- производственного использования нетопливных полезных ископаемых (промышленные процессы отдельно в промышленности строительных материалов, в химической промышленности и в металлургии);
- биология процессов в сельском хозяйстве (в зависимости от динамики производства в отрасли);
- накопление отходов в промышленности и в коммунально-бытовом секторе.

За основу моделирования процессов антропогенных выбросов парниковых газов была взята методика Межгосударственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК или *IPCC — англ.*).

Для моделирования выбросов парниковых газов, связанных с использованием топлива, в модель для каждого моделируемого субъекта экономики введена зависимость уровня выбросов парниковых газов от объемов промежуточного и конечного потребления различных энергоресурсов (газ, уголь, мазут, моторные топлива) и дров (в домашних хозяйствах и сельском хозяйстве). При этом используются как национальные коэффициенты эмиссии парниковых газов, так и коэффициенты, которые рекомендованы МГЭИК и используются при формировании национальных докладов о количестве выбросов парниковых газов в России.

Следует заметить, что существуют различия в трактовке понятия эмиссии парниковых газов от промышленных процессов между методикой МГЭИК и алгоритмами модели МЭНЭК-ЭКО. Согласно методике МГЭИК к эмиссии парниковых газов от промышленных процессов относятся не только выбросы, обусловленные потреблением углерода в нетопливных видах ископаемых (известняк, доломиты и др.), но и выбросы, обусловленные использованием ископаемого топлива в качестве сырья, восстановителей и для поддержания производства при помощи использования углеводородов в химических реакциях промышленных процессов. Остальная часть эмиссии от использования ТЭР относится к категории «Энергетика» и связана со сжиганием топлива с целью получения энергии, т.е. *«преднамеренным окислением материалов в аппаратах, предназначенных для производства тепла или механической работы для процесса либо для использования вне аппарата»**.

* Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006.

Однако такое разделение весьма неоднозначно, поскольку ископаемое топливо во многих процессах используется как в качестве исходного сырья, так и для поддержания процесса производства. Например, при производстве аммиака природный газ является и исходным сырьем, и топливом. В некоторых других промышленных процессах энергию для поддержания производства получают непрямым способом за счет использования побочного продукта переработки исходного топлива или использования восстановителя. Примером служат отходящие газы, получаемые при производстве этилена методом парового крекинга нефти или доменный газ из доменной печи. По этой причине в модели МЭНЭК-ЭКО к эмиссии парниковых газов от промышленных процессов относятся выбросы, обусловленные потреблением углерода только в нетопливных видах ископаемых (известняк, доломиты и др.). Вся эмиссия парниковых газов, связанная с использованием ТЭР как для технологических, так и для энергетических нужд, относится в модели к категории «Эмиссия от использования ТЭР».

В частности, в модели МЭНЭК-ЭКО к категории «Эмиссия от использования ТЭР», а в методике МГЭИК к категории «Промышленные процессы» отнесены объемы эмиссии CO_2 , связанные с потреблением ТЭР в следующих промышленных производствах:

1. Химическое производство:

- производство аммиака;
- производство карбида кремния и карбида калия;

2. Metallургическое производство:

- производства чугуна и стали;
- производство ферросплавов.

К категории «Эмиссия от использования ТЭР» в модели МЭНЭК-ЭКО (в отличие от методики МГЭИК) отнесены объемы эмиссии CH_4 , связанные с потреблением ТЭР в следующих промышленных производствах:

1. Химическое производство:

- производство карбида кремния и карбида калия,
- производство сажи,
- производство этилена,
- производство стирола,
- производство метанола;

2. Metallургическое производство:

- производства чугуна и стали.

В МЭНЭК-ЭКО к *эмиссии от промышленных процессов* отнесены объемы эмиссии парниковых газов в промышленности, обусловленные потреблением углерода в нетопливных видах ископаемых:

- эмиссия CO_2 в производстве неметаллических минеральных продуктов (производство цемента и извести, использование известняка, производство и использование кальцинированной соды);
- эмиссия N_2O в химическом производстве (производство азотной кислоты);
- эмиссия прочих парниковых газов (перфторуглеродов и гексафторида серы) в металлургическом производстве.

При моделировании эмиссии парниковых газов в этих производствах прогнозные объемы эмиссии определялись произведением объема выпуска соответствующей отрасли (во внутренних ценах базового года) на коэффициент эмиссии парниковых газов. Значения этих коэффициентов были определены на основе анализа ретроспективных данных об объемах эмиссии парниковых газов в указанных промышленных процессах при потреблении нетопливных ископаемых, приведенных в отчетах МГЭИК и Национальном докладе о кадастре антропогенных выбросов в России.

Некоторые парниковые газы (гидрофторуглероды и гексафторид серы), которые в модели относятся к прочим парниковым газам, эмитируются при производстве и потреблении галогенуглеродов. В МЭНЭК-ЭКО объемы эмиссии прочих парниковых газов, связанные с производством и потреблением галогенуглеродов, включены в эмиссию парниковых газов от промышленных процессов, поскольку более 99 % этих объемов эмиссии приходится на производство и менее 1 % на потребление (аэрозольные баллоны у населения, наркоз в медицинских услугах) галогенуглеродов. Так как практически весь объем галогенуглеродов производится для использования в электрооборудовании (холодильные установки, кондиционеры и др.), то эмиссия прочих парниковых газов, обусловленная производством и потреблением галогенуглеродов, в модели зависит от объема выпуска вида экономической деятельности «Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования» во внутренней цене базового года. При этом используется коэффициент эмиссии, значение которого было получено на основе анализа ретроспективной динамики производства в отрасли «Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования» и ретроспективных данных МГЭИК об эмиссии парниковых газов при производстве и потреблении галогенуглеродов в России.

При оценке летучих выбросов (Fugitive Emissions) парниковых газов в результате добычи, переработки угля и других твердых топлив в методике МГЭИК учитываются только выбросы метана (CH_4), поскольку он является основным парниковым газом, высвобождаемым из угля при добыче и обработке. В некоторых угольных пластах может присутствовать и углекислый газ (CO_2), однако выбросы CO_2 не включаются в кадастр выбросов, поскольку данные по ним не имелись в наличии.

При оценке летучих выбросов метана в угледобыче учитываются следующие процессы:

- выбросы при добыче — при этом используются разные коэффициенты эмиссии для открытой и подземной (шахтной) добычи угля;
- эмиссия сопутствующего метана после добычи (при хранении и транспортировке, т.к. уголь, как правило, продолжает высвобождать газ даже после его добычи, хотя и более медленно, чем на этапе добычи). В руководящих принципах МГЭИК объемы эмиссии метана после добычи угля определяются путем умножения соответствующего коэффициента эмиссии на объем добычи угля.

Необходимо отметить, что согласно данным МГЭИК ретроспективные значения коэффициентов эмиссии метана как при добыче, так и после добычи угля меняются из года в год. В модели значения коэффициентов эмиссии метана при добыче угля (как подземным, так и открытым способом) и после добычи угля определялись делением соответствующего среднего за ретроспективный период объема эмиссии метана на соответствующий ему объем добычи угля. В прогнозных расчетах объемы летучих выбросов метана в угледобыче определялись путем произведения соответствующего коэффициента эмиссии метана на стоимостной объем добычи угля подземным или открытым способом (во внутренних ценах производителей базового года), разделенный на внутреннюю цену производителей угля в базовом году.

Летучие выбросы на нефтяных и газовых объектах являются прямым источником парниковых газов вследствие высвобождения метана и формации углекислого газа из добытой нефти и газа, когда они покидают пласт, плюс некоторое количество CO_2 и закиси азота (N_2O) от деятельности по непродуктивному сжиганию (в первую очередь сжиганию попутного газа в факелах).

При оценке летучих выбросов парниковых газов в результате добычи и транспортировки нефти и природного газа в руководящих

принципах МГЭИК учитываются следующие процессы (отдельно для нефти и природного газа):

- Разведка: летучие выбросы от бурения нефтяных и газовых скважин, тестирования бурильных колонн и завершения работ скважин.

- Добыча: летучие выбросы парниковых газов при добыче нефти и газа (исключая удаление газа и сжигание в факелах).

- Транспортировка (передача): летучие выбросы парниковых газов в результате транспортировки сырой нефти и газа. В данных МГЭИК приводятся только объемы эмиссии парниковых газов в результате транспортировки нефти и газа по трубопроводным системам.

- Переработка: летучие выбросы на нефтеперерабатывающих заводах и от установок по переработке газа.

- Распределение природного газа и нефтепродуктов: сюда включаются летучие выбросы от транспортировки и распределения очищенных нефтепродуктов (включая конечные станции трубопроводов и распределительные станции), а также газа конечным потребителям.

- Вентиляция (удаление газов): выбросы парниковых газов при удалении природного газа и отходящего газа/испарений на нефтяных и газовых объектах.

- Сжигание в факелах: выбросы парниковых газов при сжигании в факелах природного газа и попутного газа/отходящих испарений на газовых и нефтяных объектах.

В МЭНЭК-ЭКО при моделировании летучих выбросов парниковых газов на нефтяных объектах рассматриваются выбросы только от трех процессов: добычи нефти, вентиляции и сжигания отходящих испарений в факелах на нефтяных объектах, поскольку на долю других процессов приходится менее 0,001 % эмиссии CO_2 , менее 1,5 % эмиссии CH_4 и 0 % эмиссии N_2O . Все эти небольшие объемы эмиссии парниковых газов при верификации модели были добавлены к объемам эмиссии при добыче нефти. Согласно методике МГЭИК в модели МЭНЭК-ЭКО летучие выбросы парниковых газов при добыче нефти, вентиляции и сжигания испарений в факелах на нефтяных объектах определялись путем умножения объемов добычи нефти на соответствующие коэффициенты эмиссии различных парниковых газов. Эти коэффициенты были получены путем обработки ретроспективной информации ИНЭИ РАН по объемам добычи нефти и информации МГЭИК о ретроспективных значениях объемов эмиссии летучих газов в различных процессах на нефтяных объектах. В прогнозных расчетах объемы летучих выбросов парниковых газов на нефтяных объектах определялись путем произведения указанных значений коэффициентов эмиссии на стоимостной объем добычи нефти (во внутренних

ценах производителей базового года), разделенный на внутреннюю цену производителей нефти в базовом году.

В МЭНЭК-ЭКО при моделировании летучих выбросов парниковых газов при добыче и транспортировке природного газа рассматриваются выбросы только от добычи природного и попутного газа, транспортировке природного газа, вентиляции и сжигания в факелах природного и попутного газа. Летучие выбросы от трех других процессов (разведка, переработка и хранение газа) ввиду их малой доли в общем объеме летучих выбросов рассматриваются в модели в качестве выбросов от добычи природного газа.

Объемы летучих выбросов от транспортировки природного газа включают в себя выбросы при передаче газа по магистральным газопроводам и выбросы при распределении газа конечным потребителям. Указанные объемы летучих выбросов различных парниковых газов в модели МЭНЭК-ЭКО (как и в руководящих принципах МГЭИК) зависят от общей длины газопроводной системы в России (160 тыс. км в 2008 году) и в прогнозных расчетах определяются произведением длины газопроводной системы на соответствующие коэффициенты эмиссии. Летучие выбросы парниковых газов от удаления природного газа (вентиляции) на газовых объектах также определяются произведением длины газопроводной системы на соответствующие коэффициенты эмиссии.

В модели МЭНЭК-ЭКО *летучие выбросы парниковых газов в результате процессов добычи и сжигания* в факелах природного и попутного газа определялись путем умножения объемов добычи природного и попутного газа в стране на соответствующий коэффициент эмиссии различных парниковых газов.

Принимавшиеся в модельных расчетах значения коэффициентов *летучих выбросов при добыче, транспортировке, вентиляции и сжигании в факелах природного и попутного газа* были получены путем обработки ретроспективной информации ИНЭИ РАН об объемах добычи природного и попутного газа в России и информации МГЭИК ретроспективных значениях объемов эмиссии летучих газов в процессах добычи, транспортировки, вентиляции и сжигания газа.

В 2008 году из всего спектра источников эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве в докладах МГЭИК и в национальных докладах о количестве выбросов парниковых газов в России были приведены данные только об объемах эмиссии по следующим источникам:

- выбросы N_2O из всех обрабатываемых почв;
- выбросы CH_4 при выращивании риса;
- выбросы CH_4 от домашних животных (энтеральная ферментация);

- выбросы CH_4 и N_2O от систем уборки, хранения и использования навоза;
- и изменения запасов углерода, связанные с заготовленными лесоматериалами.

В МЭНЭК-ЭКО объемы эмиссии метана и закиси азота в сельском хозяйстве определяются производением объемов выпуска вида экономической деятельности «Сельское и лесное хозяйство, охота» во внутренних ценах производителей базового года (последнего отчетного года) на коэффициенты эмиссии соответствующего парникового газа. Ретроспективные значения коэффициентов эмиссии метана и закиси азота в сельском хозяйстве были определены на основе данных МГЭИК о выбросах указанных газов в сельском хозяйстве и данных Росстата относительно динамики производства по виду деятельности «Сельское и лесное хозяйство, охота» в сопоставимых ценах.

Согласно методике МГЭИК эмиссия парниковых газов, связанная с отходами в промышленности и в коммунально-бытовом секторе и отнесенная к категории «Отходы», включает в себя:

- выбросы метана со свалок твердых отходов (как контролируемых, так и неконтролируемых свалок);
- выбросы метана и закиси азота при обработке (очистке) сточных вод (как промышленных, так и коммунально-бытовых сточных вод);
- выбросы парниковых газов при сжигании отходов.

При этом в отчетах МГЭИК и Национальном докладе о кадастре антропогенных выбросов в России, опубликованных в 2008 году, приводились отчетные данные только об объемах эмиссии метана со свалок твердых отходов и о выбросах метана и закиси азота при очистке сточных вод. В модели МЭНЭК-ЭКО указанные объемы выбросов парниковых газов поставлены в зависимость от динамики производства сектора «Прочие коммерческие услуги», включающего в себя услуги по удалению сточных вод, отходов и аналогичную деятельность (Раздел О. ОКВЭД). Таким образом, в прогнозных расчетах объемы эмиссии парниковых газов, связанные с отходами, определялись производением объемов производства отрасли «Прочие коммерческие услуги» во внутренних ценах производителей базового года (последнего отчетного 2006 года) на коэффициенты эмиссии соответствующего парникового газа. Значения этих коэффициентов были получены путем обработки ретроспективных данных Росстата России, касающихся динамики производства коммерческих услуг в стране, и информации МГЭИК относительно ретроспективной эмиссии парниковых газов, обусловленных отходами.

В МЭНЭК-ЭКО, помимо моделирования эмиссии парниковых газов в экологическом блоке модели, в финансовом балансе каждой моделируемой отрасли предусмотрена возможность введения выплаты государству за эмиссию парниковых газов. Размер выплаты за эмиссию определяется в модели произведением нормы выплаты (руб. за тонну CO₂ экв.) на объем эмиссии парниковых газов, который допускает производственная отрасль.

4.3. Исследования возможных макроэкономических последствий ограничений на эмиссию парниковых газов в России, проведенные на модели МЭНЭК-ЭКО

Приведем наиболее примечательные, на наш взгляд, результаты расчетов на модели МЭНЭК-ЭКО.

Во второй половине 2008 года на модели были проведены расчеты по трем сценариям развития экономики на период до 2030 года. *Первый сценарий* подразумевал верификацию МЭНЭК-ЭКО на прогнозные параметры, полученные в результате расчетов на базовой модели МЭНЭК по *инновационному* сценарию Энергетической стратегии России на период до 2030 года (ЭС-30), в котором не предусмотрены какие-либо ограничения на выбросы ПГ. Для этого на базовой модели МЭНЭК были проведены расчеты по уточнению и дополнению основных показателей социально-экономического развития страны до 2030 года, разработанного Министерством экономического развития РФ (МЭР) в августе 2008 года. Фактически целью расчетов по первому сценарию на модели МЭНЭК-ЭКО было определение динамики выбросов парниковых газов на период до 2030 г. как в целом по экономике России, так и по видам деятельности в рамках инновационного сценария Энергетической стратегии.

Во втором сценарии проводились оптимизационные расчеты по поиску варианта развития экономики при введении прямого ограничения на эмиссию парниковых газов, обусловленную использованием ископаемого топлива. При этом критерием в оптимизационных расчетах являлась сумма ВВП, доходов населения и инвестиций в экономике в сопоставимых ценах (т.е. осуществлялся поиск минимального снижения темпов роста критерия относительно значений инновационного сценария). Во втором сценарии (в таблицах этот сценарий обозначен как *LimitGHG*) эмиссия парниковых газов ограничивалась относительно соответствующих уровней первого сценария: в 2010 году 99 % объема эмиссии первого сценария, 92 % в 2015 году, 85 %

4.3. Исследования возможных макроэкономических последствий ограничений...

в 2020 году и 73 % в 2030 году. При этом не вводилась плата за эмиссию парниковых газов.

Целью модельных расчетов по третьему сценарию являлось определение размера платы за выбросы парниковых газов для каждого расчетного периода, при котором объемы эмиссии парниковых газов от использования ТЭР в экономике снижаются до соответствующих уровней второго сценария без введения прямого ограничения на выбросы (в таблицах третий сценарий обозначен как *ChargeGHG*). При этом плата взималась с производственных отраслей за общий объем эмиссии парниковых газов, а не только за эмиссию от использования ТЭР.

Динамика размера платы за выбросы парниковых газов в отраслях экономики, определенная в третьем сценарии, при которой прогнозные объемы эмиссии парниковых газов соответствуют ограничениям второго сценария, приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Основные макроэкономические результаты расчетов

Показатель	Сценарий	Среднегодовой темп роста			
		2010	2015—2010	2020—2015	2030—2020
ВВП	Инновационный	0,066	0,063	0,064	0,052
	LimitGHG	0,065	0,060	0,056	0,042
	ChargeGHG	0,066	0,063	0,058	0,045
Валовой выпуск	Инновационный	0,066	0,066	0,067	0,052
	LimitGHG	0,059	0,053	0,047	0,036
	ChargeGHG	0,059	0,056	0,046	0,040
Промежуточное потребление	Инновационный	0,065	0,064	0,065	0,049
	LimitGHG	0,054	0,039	0,033	0,026
	ChargeGHG	0,053	0,043	0,027	0,031
Инвестиции в основной капитал	Инновационный	0,133	0,103	0,100	0,061
	LimitGHG	0,108	0,085	0,083	0,056
	ChargeGHG	0,120	0,097	0,096	0,059
Доходы населения	Инновационный	0,091	0,071	0,067	0,056
	LimitGHG	0,091	0,071	0,067	0,050
	ChargeGHG	0,091	0,071	0,067	0,052
Промышленное производство	Инновационный	0,055	0,053	0,051	0,043
	LimitGHG	0,039	0,043	0,028	0,022
	ChargeGHG	0,044	0,042	0,030	0,032

Окончание табл. 4.1

Показатель	Сценарий	Среднегодовой темп роста			
		2010	2015—2010	2020—2015	2030—2020
Потребительские цены	Инновационный	0,075	0,064	0,028	0,026
	LimitGHG	0,074	0,080	0,038	0,016
	ChargeGHG	0,055	0,072	0,026	0,007
Экспорт товаров и услуг, млрд долл. США	Инновационный	562,7	742,1	1099,2	2388,3
	LimitGHG	564,1	696,7	1006,6	2219,4
	ChargeGHG	559,6	699,0	972,9	2335,3
Импорт товаров и услуг, млрд долл. США	Инновационный	528,9	820,6	1236,7	2312,2
	LimitGHG	525,8	747,3	1222,6	2663,9
	ChargeGHG	525,3	741,4	1179,5	2686,9
Количество занятых в экономике, млн чел.	Инновационный	68,3	66,1	63,7	62,6
	LimitGHG	67,9	60,4	53,1	43,3
	ChargeGHG	68,0	62,2	54,9	45,0
Эмиссия парниковых газов от использования ТЭР, млн т CO ₂ экв.	Инновационный	1773,8	1987,2	2189,8	2494,9
	LimitGHG	1756,3	1826,2	1829,9	1805,2
	ChargeGHG	1755,9	1827,1	1831,3	1805,9
Норма выплаты за выбросы парниковых газов, долл. США т CO ₂ экв	Инновационный	0	0	0	0
	LimitGHG	0	0	0	0
	ChargeGHG	10	30	42	71
Курс рубля к доллару США, рублей за долл. США	Инновационный	25,98	30,53	29,45	28,86
	LimitGHG	25,98	30,53	29,45	28,86
	ChargeGHG	25,98	30,53	29,45	28,86

Величина нормы выплат за эмиссию приведена в долларах прогнозных лет, при этом динамика курса рубля к доллару во всех трех сценариях принималась одинаковой и соответствовала значениям, разработанным МЭР в августе 2008 года.

В расчетах по двум экологическим сценариям (LimitGHG и ChargeGHG) принимались более высокие объемы технологического энергосбережения. В модельных расчетах это смягчило падение про-

изводства в отраслях экономики при достижении ограничений по эмиссии парниковых газов во втором сценарии и введении платы за эмиссию в третьем.

Сравнение результатов расчетов по второму и третьему сценарию показывает, что введение платы за выбросы для снижения эмиссии парниковых газов является более гибкой мерой и приводит к меньшему снижению темпов развития экономики, нежели прямое ограничение эмиссии парниковых газов от использования ТЭР. Введение прямого ограничения на эмиссию парниковых газов от использования ТЭР напрямую диктует снижение объемов производства практически во всех отраслях (пропорционально ужесточению ограничения), что непосредственно снижает темпы роста ВВП. Снижение производства, в свою очередь, неблагоприятно сказывается на финансовом состоянии отраслей, приводит к снижению динамики инвестиций и тормозит развитие производственных мощностей в экономике, что приводит к дополнительному падению темпов роста ВВП, как в текущем расчетном периоде, так и в последующих. Таким образом, во втором сценарии снижение темпов роста ВВП обусловлено двумя факторами: снижением динамики производства из-за ограничений на эмиссию парниковых газов и снижением производства в силу падения динамики доходов и инвестиций в отраслях экономики.

При введении платы за выбросы парниковых газов в третьем сценарии снижение динамики ВВП относительно инновационного сценария обусловлено только относительным ухудшением финансового состояния в производственных отраслях. Эта мера способствует более избирательному снижению динамики выпуска в отраслях. Сначала начинает замедляться развитие более карбоноемких отраслей с наименее устойчивым финансовым состоянием. Это приводит к снижению темпов роста инвестиций в экономике и падению спроса на машины и оборудование и строительно-монтажные работы. В результате в 2010 году, когда в третьем сценарии норма выплат за эмиссию парниковых газов стала ненулевой, в наибольшей степени снизились темпы роста производства в машиностроительных отраслях и строительстве, затем по цепочкам межотраслевых связей уменьшился рост выпусков и в некоторых других отраслях. Во втором сценарии рост объемов производства в экономике в 2010 году снизился больше, и это снижение носило иной характер: источником падения темпов роста производства стали практически все отрасли.

На всем прогнозном периоде в третьем сценарии в наибольшей мере снизились относительно значений первого сценария темпы роста

производства в карбоноёмких отраслях, а также в строительстве и машиностроительных видах деятельности. Во втором сценарии самое значительное падение темпов роста производства произошло в энергоёмких отраслях: в производстве кокса и нефтепродуктов, химическом производстве, производстве прочих неметаллических минеральных продуктов, металлургическом производстве и производстве готовых металлических изделий, в транспорте и связи.

В инновационном сценарии в 2030 году ВВП в реальном выражении возрос относительно уровня 2006 г. почти в 4,1 раза. Во втором сценарии за тот же период ВВП увеличился в 3,5 раза, а в третьем в 3,7 раза (рис. 4.1).

За период с 2010 г. по 2030 г. среднегодовые темпы роста ВВП в инновационном сценарии составили 5,8 % (рост ВВП в 3,3 раза за 21 год), во втором сценарии 5,1 %, а в третьем сценарии они составили 5,3 %. Это значит, что согласно модельным расчетам в указанный период динамика ВВП во втором сценарии запаздывает на 3 года относительно динамики первого сценария.

В 2030 году суммарные инвестиции в основной капитал в экономике выросли в сопоставимых ценах относительно уровня 2006 года в первом сценарии почти в 5,4 раза, во втором менее чем в 4,3 раза, а в третьем в 5 раз (рис. 4.2).

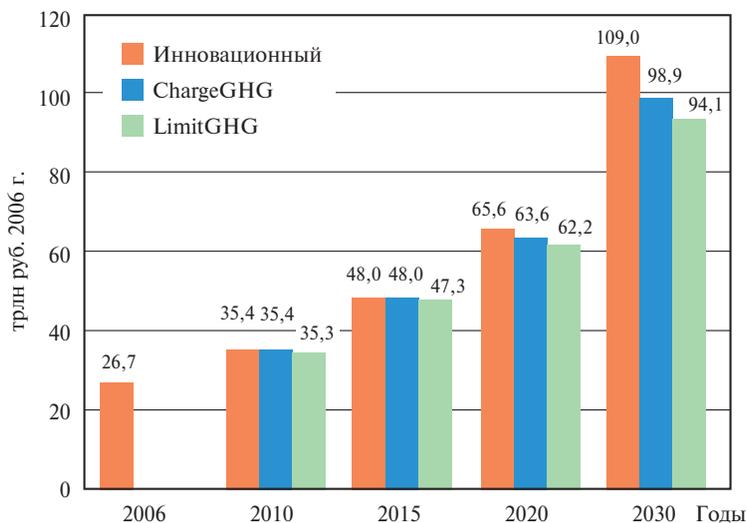


Рис. 4.1. Расчетная динамика ВВП

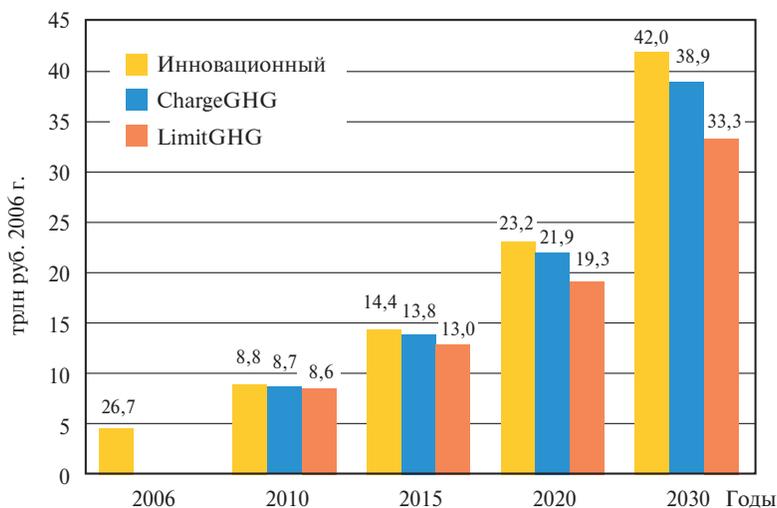


Рис. 4.2. Расчетная динамика инвестиций в экономике

Несмотря на относительное замедление инвестиций, меры по снижению эмиссии парниковых газов в расчетах по экологическим сценариям привели к снижению доли промежуточного (производственного) потребления в валовом выпуске страны (табл. 4.2). Немаловажную роль при этом сыграли принятые в этих сценариях более высокие объемы технологического энергосбережения.

Относительное замедление инвестиций в экологических сценариях сказываются только на динамике производственных мощностей в

Таблица 4.2

Динамика эффективности производства в экономике

Показатель	Сценарий	Год				
		2006	2010	2015	2020	2030
Доля промежуточного потребления в валовом выпуске страны	Иновационный	0,504	0,515	0,510	0,505	0,490
	LimitGHG		0,513	0,480	0,449	0,405
	ChargeGHG		0,512	0,481	0,439	0,403
Электроёмкость ВВП, % к 2006 г.	Иновационный	100,0	86,6	76,9	68,0	55,0
	LimitGHG	100,0	86,1	74,8	65,6	48,2
	ChargeGHG	100,0	86,0	73,9	64,6	46,9

отраслях экономики. В результате более быстрого увеличения эффективности производства в стране электроёмкость экономики в экологических сценариях снижается более высокими темпами.

Суммарный по экономике объем выплат за эмиссию парниковых газов приведен в табл. 4.3 (в рублях соответствующих прогнозных лет). Согласно расчетам, после 2015 г. сборы за эмиссию парниковых

Таблица 4.3

**Параметры консолидированного бюджета РФ,
млрд руб. в ценах прогнозных лет**

Статья бюджета	Сценарий	Год			
		2010	2015	2020	2030
Доходы, всего млрд руб. в т.ч.:	Инновационный	19 859	36 499	56 669	117 355
	LimitGHG	19 686	36 342	53 188	93 920
	ChargeGHG	20 331	38 577	56 308	106 900
Налоговые поступления, включая ЕСН, млрд руб.	Инновационный	17 471	31 843	49 129	96 035
	LimitGHG	17 373	31 501	45 955	81 510
	ChargeGHG	17 417	31 364	45 952	85 361
Выплата за эмиссию парниковых газов, млрд руб.	Инновационный	0,0	0,0	0,0	0,0
	LimitGHG	0,0	0,0	0,0	0,0
	ChargeGHG	548,7	2046,6	2943,9	4965,2
% доходов	ChargeGHG	2,7	5,3	5,2	4,6
Прочие доходы, млрд руб.	Инновационный	2388	4657	7540	21 320
	LimitGHG	2313	4841	7233	12 410
	ChargeGHG	2365	5166	7412	16 574
Расходы, всего, млрд руб.	Инновационный	17 035	35 020	57 156	117 354
	LimitGHG	17 068	34 880	55 861	96 406
	ChargeGHG	17 036	34 868	55 665	106 976
Сальдо бюджета % ВВП	Инновационный	4,8	1,3	-0,3	0,0
	LimitGHG	4,5	1,3	-1,5	-0,7
	ChargeGHG	5,7	3,3	0,3	0,0
Долгосрочные займы, млрд руб.	Инновационный	0,0	0,0	487,5	0,0
	LimitGHG	0,0	0,0	2672,2	2486,2
	ChargeGHG	0,0	0,0	0,0	76,3

газов в расчетах по третьему сценарию стабильно превышали 4,5 % величины суммарных доходов консолидированного бюджета, что, например, превосходит долю налога на добычу полезных ископаемых (НДПИ) в доходах госбюджета (которая неуклонно снижалась в расчетах с 5 % в 2015 г. до 3,5 % в 2030 г.). Модельные расчеты показали, что третий сценарий является более предпочтительным с точки зрения состояния консолидированного государственного бюджета по сравнению со вторым. Выплаты отраслей за эмиссию парниковых газов в третьем сценарии позволили избежать дефицита консолидированного бюджета после 2020 г., покрываемого во втором сценарии за счет привлечения значительных государственных займов.

В обоих экологических сценариях стремление поддержать высокие темпы роста доходов населения при значительном сокращении численности занятых в экономике в модельных расчетах привело к более высоким уровням среднемесячных зарплат в отраслях. В результате с точки зрения динамики доходов населения все три сценария меньше отличаются друг от друга, чем при сравнении динамики производства или ВВП (см. табл. 4.1). За период 2006—2030 гг. доходы населения в сопоставимых ценах в инновационном сценарии возросли в расчетах в 4,96 раза, во втором сценарии в 4,65 раза и в третьем сценарии в 4,74 раза. При этом в экологических сценариях после 2015 года начинает расти доля зарплаты в суммарных доходах населения, достигая в 2030 году 69 % во втором сценарии и 66 % в третьем. В первом сценарии в 2030 году эта доля достигла 61 %, лишь незначительно превышая отчетное значение в 60,6 % за 2006 год.

Более медленное развитие карбоноемких и энергоемких производств в экологических сценариях наряду с более быстрым снижением энергоемкости отечественной экономики обеспечило в расчетном периоде снижение объемов эмиссии парниковых газов относительно соответствующих уровней инновационного сценария (табл. 4.4). В инновационном сценарии суммарный объем эмиссии всех парниковых газов в расчетах вырос в 1,48 раза в 2020 году (до 3215,9 млн т CO₂ эквивалента) и в 1,8 раза в 2030 году (до 3922,4 млн т CO₂ эквивалента). Суммарные объемы эмиссии CO₂ возросли в 1,4 раза в 2020 г. (до 2479 млн т) и в 1,67 раза в 2030 году (до 2961,9 млн т). При этом эмиссия парниковых газов *в результате использования ТЭР* увеличилась меньше: по всем парниковым газам и отдельно по CO₂ рост составил менее 35 % в 2020 году и чуть более 53 % 2030 году.

Таблица 4.4

Расчетные объемы эмиссии парниковых газов

Параметр	млн т CO ₂ экв.											
	2006			2010			2020			2030		
	Суммарная	Инновационный	Limit GHG	Charge GHG	Инновационный	Limit GHG	Charge GHG	Инновационный	Limit GHG	Charge GHG	Limit GHG	Charge GHG
Эмиссия парниковых газов (ПГ), всего	2173,4	2420,4	2399,0	2400,5	3215,9	2626,7	2723,4	3922,4	2747,5	2848,3		
CO ₂	1774,1	1948,8	1930,0	1930,7	2479	2064,8	2052,8	2961,9	2121,1	2115,1		
CH ₄	263,6	306,6	305,7	306,4	463,0	377,0	416,1	587,6	415,0	458,0		
N ₂ O	101,3	123,8	123,3	123,7	197,4	120,9	190,3	260,1	135,9	195,6		
Прочие GHG	34,4	41,2	40,0	39,8	76,5	64,0	64,2	112,8	75,4	79,5		
Эмиссия ПГ от использования ТЭР	1626,4	1773,8	1756,3	1755,9	2189,8	1829,9	1831,3	2494,9	1805,2	1805,9		
CO ₂	1620,3	1767,6	1750,2	1749,8	2182,1	1823,3	1824,6	2485,9	1798,3	1799,0		
CH ₄	2,7	2,3	2,3	2,3	2,8	2,5	2,6	3,2	2,7	2,7		
N ₂ O	3,3	3,8	3,8	3,8	4,9	4,1	4,1	5,8	4,2	4,2		

Во втором сценарии объем эмиссии парниковых газов от всех источников также вырос сильнее по сравнению с эмиссией от использования ТЭР: рост по всем видам парниковых газов составил 20,9 % в 2020 году и 26,4 % в 2030 году, эмиссия CO₂ в 2020 году возрастает на 16,4 % и на 19,6 % в 2030 году. В третьем сценарии неэнергоемкие отрасли замедлили рост своего производства в меньшей мере по сравнению с вторым сценарием. Поэтому суммарная эмиссия от всех источников в третьем сценарии оказалась выше уровней второго сценария: 2723,4 млн т CO₂ экв. в 2020 году и 2848,2 млн т CO₂ экв. в 2030 году. При этом эмиссия парниковых газов в результате промышленных процессов в третьем сценарии оказалась ниже соответствующих уровней второго сценария.

В заключение следует заметить, что целесообразность тех или иных ограничений на эмиссию ПГ с точки зрения торможения развития экономики во многом зависит от выбора базового сценария социально-экономического развития страны и выбора базового (реперного) уровня выбросов ПГ, относительно которого рассматривались сокращения. Но в любом случае приемлемый уровень обязательств России по сдерживанию эмиссии ПГ должен определяться на базе расчетов вызванных ими изменений динамики роста и структуры экономики страны и ее карбоноемких отраслей. В развитых странах мира в качестве базового уровня выбросов ПГ принято считать объемы эмиссии 1990 года. Согласно нашим расчетам [46] в обозримой перспективе (по крайней мере, до 2030 года) объемы эмиссии ПГ от использования топлива в России вряд ли превысят уровень 1990 года даже при отсутствии каких-либо экологических ограничений.

АГРЕГИРОВАННЫЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Помимо больших моделей МЭНЭК и МЭНЭК-ЭКО в ИНЭИ РАН благодаря программному комплексу CREATOR-DIGGER было разработано множество других балансовых макроэкономических моделей общего равновесия (GEM — general equilibrium models) меньшей размерности. В этой главе из множества моделей выбраны и приведены краткие описания двух, на наш взгляд, наиболее интересных с методической точки зрения агрегированных моделей: модели для оценки влияния инвестиций на развитие экономики (модель ИМЭК) и разностной модели для исследования зависимости экономики России от цен на экспортируемые продукты (модель «Скачок цен»).

5.1. Исследовательская модель для оценки влияния инвестиций на динамику развития экономики (модель «ИМЭК»)

Регулярные прогнозные расчеты развития экономики России, которые проводились на модели МЭНЭК по сценариям Министерства экономического развития РФ, сопровождались непрерывным потоком методических исследований с привлечением вспомогательных «МЭНЭКоподобных» моделей. В частности, нами предложен подход [47], позволяющий в значительной степени компенсировать недостатки, связанные с «близорукостью» решений, формируемых с помощью пошаговой оптимизации. Отказ от использования полнодинамической оптимизации в межотраслевых моделях может быть вызван либо чрезмерно высокой размерностью статического блока, либо появлением неполилинейных связей при оптимизации решений в рамках единой задачи для всего прогнозного периода.

Близорукость решений при последовательной оптимизации определяется следующими обстоятельствами. Пусть критерием качества динамического решения является суммарное по всем годам прогнозного периода значение целевого показателя, в нашем случае валового внутреннего продукта (*GDP*) или доходов домашних хозяйств (*IHH*). Хорошо известно, что основным источником роста ВВП страны явля-

ется непрерывное расширение производства продуктов при растущем конечном спросе. Как правило, подобный рост обеспечивается достаточным объемом регулярных инвестиций при приемлемом уровне эффективности их использования. Существенным фактором финансирования капитальных вложений являются привлекаемые в разумных пределах долгосрочные кредиты. Однако при максимизации ВВП в рамках статического блока капитальные вложения являются *лишь одним из направлений конечного спроса*, конкурирующим с экспортом продукции. В рамках годового расчета других полезных для ВВП последствий использование капитальных вложений не имеет. В то же время привлекаемые долгосрочные кредиты, обслуживание которых начинается со следующего года, в рамках годовой оптимизации являются даровым финансовым ресурсом.

Поэтому если основным динамическим факторам развития экономики — капитальным вложениям и долгосрочным кредитам представить статус независимых переменных, то с помощью последовательной (погодовой) оптимизации будет получена траектория ВВП, весьма далекая от рациональной. Основной результат настоящего этапа данной работы связан с попыткой устранения указанного недостатка погодовой оптимизации за счет стимулирования в ее рамках увеличения капитальных вложений и уменьшения долгосрочных кредитов. Этого можно достигнуть, используя идею метода штрафных функций, т.е. путем включения в целевую функцию соответствующих дополнительных слагаемых. Тогда для любого года прогнозного периода целевая функция (Cr) приобретает следующую логическую форму:

$$Cr = GDP + wI \cdot ICc - wL \cdot (Lc + Lg).$$

Здесь wI и wL — весовые коэффициенты капитальных вложений и долгосрочных кредитов, ICc — суммарные капитальные вложения коммерческих организаций, Lc и Lg — долгосрочные кредиты всех коммерческих организаций и государственных учреждений. Отсутствие в целевой функции капитальных вложений государственных учреждений и домашних хозяйств — следствие их статуса зависимых переменных.

Используя подобную целевую функцию для каждого года прогнозного периода, предлагается оценивать динамическое решение с помощью суммы годовых значений ВВП. Для реализации соответствующих экспериментов необходимо решить два вопроса: во-первых, провести количественную оценку эффективности капвложений, а во-вторых,

определить рациональные численные значения весовых коэффициентов в целевой функции. Говоря об эффективности капитальных вложений, мы полагаем, что капитальные вложения с годовым шагом приводят к следующим результатам:

- 1) увеличению производственных мощностей,
- 2) сокращению удельных расходов продуктов в промежуточном потреблении,
- 3) сокращению доли импорта в покупках домашними хозяйствами товаров и услуг.

При этом считается, что повышение конкурентоспособности отечественных продуктов в пространстве «цена—качество» происходит в той же мере, как и сокращение удельных расходов.

Для решения поставленной задачи нами была использована весьма агрегированная упрощенная копия МЭНЭК — Исследовательская Модель Экономики (ИМЭК).

Наиболее серьезное *упрощение* в ИМЭК связано с отказом учета инфляции, колебаний ценовой структуры продуктов и валютного курса. Это значит, что все прогнозные расчеты проводятся в единых внутренних ценах базового (начального) года, что обеспечивает динамическую сопоставимость траекторий всех показателей. Однако внешняя торговля продуктами осуществляется по «внешним ценам», которые в модели задаются с помощью сценарных параметров «кратность внешних цен».

Основное *агрегирование* ИМЭК определяется резким сокращением по сравнению с МЭНЭК количества рассматриваемых производственных отраслей и продуктов. При этом структуры ИМЭК и МЭНЭК в основных чертах аналогичны.

Основой *структуры* этих моделей являются балансы всех продуктов и финансовые балансы всех субъектов.

Субъектами в ИМЭК являются: государственные учреждения (ГУ), домашние хозяйства (ДХ), коммерческие организации (КО), в частности топливно-энергетический комплекс (ТЭК), неэнергетические производители товаров (НЭО), комплекс коммерческих услуг (КУ).

Рассматриваются следующие продукты: топливно-энергетические ресурсы (ТЭР), неэнергетические товары (НЭТ), коммерческие услуги (КУ).

Все продуктовые балансы составляются во внутренних ценах базового года, поэтому их можно рассматривать как натуральные балансы. Предполагается, что все указанные продукты производятся только коммерческими организациями, а следовательно, им приписывается

выпуск продуктов домашними хозяйствами. Однако в финансовых балансах вводятся соответствующие поправки. В ИМЭК учитываются следующие составляющие продуктовых балансов:

- выпуск коммерческих организаций,
- промежуточное (производственное) потребление,
- накопление основного капитала (капитальные вложения) всеми субъектами экономики,
- потребление продуктов государственными учреждениями,
- потребление продуктов домашними хозяйствами (конечное потребление),
- сальдо внешней торговли продуктами.

Статья «изменение запасов продуктов» в балансе игнорируется.

Важно отметить, что в ИМЭК капитальные вложения не только расширяют рынок сбыта продукции, но и являются основным фактором развития экономики. В частности, они обеспечивают рост производственных мощностей, сокращение удельных производственных расходов и сокращение доли импорта в конечном потреблении. На относительное изменение этих показателей воздействуют относительные (по отношению к производственным фондам) годовые объемы капитальных вложений.

Финансовый баланс коммерческих организаций формируется двумя видами деятельности: производственной и финансовой. Доходы от производственной деятельности определяются выручкой от продаж на внутреннем и внешних рынках с учетом соответствующих наценок. А производственные расходы связаны со следующими статьями:

- Промежуточное потребление с учетом косвенных налогов и дополнительных затрат на импортную продукцию. При этом принято, что цены импортируемых продуктов на 15 % выше цен аналогичных экспортируемых продуктов.

- Начисленная и скрытая зарплата задается единой долей от выручки. Эта доля является векторным параметром, траектория которого определяется принятым сценарием.

- Прямые налоги, которые в ИМЭК определяются как заданная с помощью сценарного векторного параметра доля выручки.

- Налог на балансовую прибыль с заданной ставкой. При этом балансовая прибыль определяется как разность между выручкой и себестоимостью продукции. В ИМЭК на относительный уровень балансовой прибыли каждой отрасли, т.е. на ее рентабельность, наложено ограничение снизу. Себестоимость продукции кроме перечисленных выше затрат включает в себя амортизационные отчисления,

исчисляемые как производство основных фондов на норму амортизации. Основные фонды являются динамическим параметром, изменяющимся под влиянием сценарного параметра «коэффициент выбытия» и годовых капитальных вложений. Замыкает перечень производственных затрат отраслевые производственные капитальные вложения, которые являются переменными модели.

С финансовым видом деятельности коммерческих организаций связаны следующие балансовые статьи:

- отраслевые государственные дотации, которые являются переменными модели;
- доходы от финансовых вложений (финансовых инвестиций) прошлых лет;
- вновь привлекаемые кредиты;
- обслуживание ранее полученных кредитов (проценты и частичный возврат);
- годовой прирост финансовых вложений (финансовые инвестиции), на которые наложено требование их неотрицательности.

Таким образом, замыкающими статьями финансовых вложений коммерческих организаций служат привлекаемые кредиты и прирост финансовых вложений.

В ИМЭК принята следующая весьма упрощенная *форма организации финансовой деятельности всех субъектов экономики*. Избыток их финансовых ресурсов в виде депозитов поступает в единый кредитный фонд (своего рода «финансовый мешок»). Туда же может делать вклад иностранный капитал, причем объем этого вклада является ограниченной сверху переменной модели. Все кредиты коммерческих организаций и государственных учреждений финансируются из общего кредитного фонда. Для всех кредиторов и заемщиков действует единая кредитная и депозитная ставки, заданные в виде сценарных параметров модели. Таким образом, суммарный объем годовых выдаваемых кредитов ограничен только накопленными финансовыми вложениями всех субъектов экономики и иностранного капитала. Для реализации описанной схемы в ИМЭК ведутся балансы накопленных депозитов для всех субъектов экономики и иностранного капитала, балансы накопленных кредитов для всех коммерческих организаций и государственных учреждений, а также баланс кредитного фонда.

Финансовый баланс государственных учреждений и домашних хозяйств включает в себя те же доходные и расходные статьи, которые были рассмотрены при описании МЭНЭК.

ИМЭК для каждого года расчетного периода содержит:

- параметры — скалярных 25, из них с динамическим пересчетом — 10,
- векторных 20, из них с динамическим пересчетом — 9,
- матричных 3, из них с динамическим пересчетом — 1 (удельные расходы продуктов);
- независимые переменные — 20, в том числе:
 - выпуск коммерческих организаций — вектор,
 - капитальные вложения коммерческих организаций — вектор,
 - дотации коммерческим организациям — вектор,
 - кредиты коммерческих организаций — вектор,
 - кредиты государственным организациям — скаляр,
 - привлечение иностранного капитала в экономике — скаляр,
 - импортные неэнергетические продукты в промежуточном потреблении коммерческих организаций.

Таким образом в ИМЭК всего зависимых переменных (индикаторов) — 106, в том числе скалярных — 53, векторных — 49, матричных — 4.

В модели заданы *нижние границы* на следующие показатели: на выпуски коммерческих организаций, на капитальные вложения коммерческих организаций, на рентабельность производства коммерческих организаций, на кредиты государственных учреждений, при этом требуется неотрицательность практически всех индикаторов. Одновременно *ограничения сверху* заданы для выпусков коммерческих организаций (не более 96 % соответствующих мощностей); дефицита сальдо внешней торговли страны; объемов иностранного капитала. Следует отметить, что в модели запрещен импорт энергетических товаров.

Для проведения правдоподобных количественных исследований необходимо было верифицировать модель, т.е. определить разумные численные значения всех ее параметров для каждого года расчетного периода. Для этой цели в качестве опорного источника исходной информации были использованы результаты прогнозных расчетов для периода 2005—2015 годов, полученные с помощью МЭНЭК. Сценарий этих расчетов базируется на официальных отчетных данных для 2005 года. Для 2006—2015 годов он основан на утвержденном Правительством РФ прогнозе развития экономики страны, выполненном в октябре 2007 года, и на соответствующей версии подробного Энергетического баланса, разработанного в ИНЭИ РАН.

В ИМЭК для количественной оценки эффективности капитальных вложений были приняты следующие расчетные соотношения.

$$\begin{aligned}
 M_j^t &= M_j^{t-1} \cdot (1 + dM_j^{t-1}); \\
 sC_{ij}^t &= sC_{ij}^{t-1} \cdot (1 - dC_j^{t-1}), \quad sC_j = \sum_i sC_{ij}; \\
 sIHH_i^t &= IHH_i^{t-1} \cdot (1 - dQ_i^{t-1}), \\
 dM_j &= eIM_j \cdot CI_j / PF_j, \\
 dC_j &= eIsC_j \cdot CI_j / PF_j, \\
 dQ_i &= \sum_j mV_{ij} \cdot dC_j.
 \end{aligned}$$

Здесь M_j^t — мощность j -й отрасли в году t ; sC_{ij}^t — удельные расходы i -го продукта в j -й отрасли в году t ; $sIHH_i^t$ — доля импортного продукта в доходах домашних хозяйств в году t ; dM_j , dC_j , dQ_i — степень модернизации отраслевой мощности, отраслевых удельных расходов и качества продукта; eIM_j и $eIsC_j$ — эффективность капитальных вложений по отраслевой мощности и по отраслевым удельным расходам; mV_{ij} — единичная матрица 3×3 ; CI_j — отраслевые относительные капиталовложения; PF_j — отраслевые основные фонды.

Таким образом, в рамках приведенной расчетной схемы воздействие капитальных вложений на экономику страны задается сценарными параметрами eIM_j и $eIsC_j$. Для определения их численных значений в условиях отсутствия необходимой статистической информации нами использован следующий подход. В качестве «псевдостатистической базы» были рассмотрены результаты прогнозных расчетов развития экономики России на период до 2015 года, которые были выполнены на основной многопродуктовой модели МЭНЭК в соответствии со сценарием, разработанным Министерством экономического развития и торговли РФ. Достоинством этих расчетов является их тщательная сбалансированность по всем основным макроэкономическим аспектам. Поэтому полученные траектории основных показателей можно считать принципиально реализуемыми. Аппроксимация агрегированных результатов этих расчетов позволила получить ориентировочные количественные оценки искомых сценарных параметров. Вычисленные годовые значения параметров эффективности капитальных вложений нуждались в осреднении, которое было выполнено по правилам среднего геометрического значения.

При выборе весовых коэффициентов в целевой функции применялись следующие методы. Принятое в модели ограничение суммарных долгосрочных кредитов объемом общего кредитного фонда не может гарантировать от привлечения избыточных кредитов некоторыми субъектами в задачах годовой оптимизации. Подобную гарантию могут дать соответствующие небольшие штрафные санкции в составе целевой функции. Уровень коэффициента wL , равный 0,1 оказался вполне достаточным для того, чтобы минимизировать привлекаемые кредиты всеми субъектами. Для выбора рационального уровня коэффициента wI было проведено несколько экспериментальных расчетов со значениями этого параметра в диапазоне 0—1 с шагом 0,25. Каждый расчет представлял собой последовательность годовых оптимизаций с 2006 по 2015 годы, а оценка полученных траекторий для разных показателей проводилась с помощью суммы их годовых значений. Результаты проведенных экспериментов позволяют сделать следующие выводы:

- имеет место монотонно возрастающая зависимость суммарного за период значения ВВП от параметра wI ;

- Эта зависимость имеет четко выраженное насыщение, т.е. при $wI \geq 0,5$ все годовые оптимальные решения строго совпадают друг с другом. Далее будем называть это решение «предельным»;

- «предельное решение» ($wI = 0,5$) существенно превосходит «близорукое решение» ($wI = 0$). Оно предусматривает возрастание привлекаемых в коммерческие организации капиталовложений в 3,72 раза, что обеспечивает рост суммарного ВВП в 1,25 раза и рост суммарных доходов населения в 1,05 раза. Поэтому с динамической точки зрения его можно считать псевдооптимальным.

Интересно отметить, что при возрастании коэффициента wL от 0,1 до 0,2 «предельное решение» не изменилось. Таким образом, в макроэкономических моделях типа ИМЭК для формирования комбинированной целевой функции нет необходимости проводить предварительные эксперименты для уточнения рациональных значений весовых коэффициентов в целевой функции. Их можно назначать априорно: $wI = 1,0$; $wL = 0,1$.

Владея надежным методом моделирования псевдооптимального развития экономики, интересно сопоставить получаемые результаты с полнодинамическими оптимальными решениями. Для этого с помощью версии модели ИМЭКФинанс были сопоставлены результаты динамических расчетов для периода 2005—2015 гг. для трех вариантов (табл. 5.1). Вариант В1 соответствует традиционной пошаговой опти-

мизации с максимизацией целевой функции $Cr = GDP$. Вариант В2 соответствует пошаговой оптимизации с максимизацией целевой функции $Cr = GDP + wI \cdot ICc - wL \cdot (Lc + Lg)$, где $wI = 1$, а $wL = 0,1$. Наконец, В3 соответствует полнодинамической оптимизации с целевой функцией В2. При этом рассматривались суммарные по всем годам прогнозного периода значения выделенных показателей. Значения этих показателей для В2 и В3 сравнивались с соответствующими значениями показателей для В1. Результаты этих сопоставлений приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Сравнение результатов оптимизационных расчетов на модели ИМЭК

Вариант	Коэффициент параметра			
	ВВП (GDP)	ICc	$Lc + Lg$	$ИНН$
В1	1,000	1,000	1,000	1,000
В2	1,250	3,716	0,043	1,051
В3	1,287	3,778	1,384	1,268

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что использование в рамках пошаговой оптимизации критериальных добавок (типа «потенциала развития») позволяет существенно приблизиться к траектории полнодинамической оптимизации.

К сожалению, сделанные нами оценки эффективности капиталовложений носили не ретроспективный, а сценарный характер. Поэтому целесообразно рассмотреть влияние «масштаба» этих оценок на основные показатели развития экономики. С этой целью в ИМЭМО была проведена серия экспериментов, в которых варьировались значения эффективности капиталовложений. В частности, использованным в варианте В2 векторам эффективности относительно мощностей и удельных расходов был приписан единичный вес ($eIM_j = eIsC_j = 1$), для двух других траекторий эти вектора умножались на весовые коэффициенты 0,7 ($eIM_j = eIsC_j = 0,7$) и 0,4 ($eIM_j = eIsC_j = 0,4$). Основные результаты расчетов приведены в табл. 5.2. В ней отражены степени падения суммарных относительных объемов основных макропоказателей по отношению к варианту В2 при снижении эффективности капитальных вложений.

Как и следовало ожидать, проведенные расчеты свидетельствуют о весьма сильной зависимости всех основных макроэкономических показателей от эффективности капиталовложений и о целесообраз-

Таблица 5.2

**Влияние эффективности капложений
на расчетные макроэкономические показатели**

$eIM_j = eIsC_j$	<i>GDP</i>	<i>ICc</i>	<i>Lc + Lg</i>	<i>ИНН</i>
1,0	1,000	1,000	1,000	1,000
0,7	0,743	0,724	0,984	0,774
0,4	0,556	0,533	0,955	0,597

ности привлечения любых, даже косвенных, оценок соответствующих параметров. К числу подобных косвенных оценок относится широко обсуждаемое отношение среднегодовых темпов роста ВВП к среднегодовой доле производственных инвестиций в ВВП. В сравниваемых вариантах среднегодовая доля производственных инвестиций в ВВП находится в диапазоне (26,6—27,7) %, что соответствует предельным возможностям экономики эффективно осваивать инвестиции. А полученные нами оценки отношения темпа ВВП к доле КВ в ВВП (0,545; 0,373; 0,159) интересно сопоставить с отчетными данными за период 2002—2006 годы. Они свидетельствуют, что среднегодовая доля ВНОК в ВВП составила 17,4 %, а среднегодовые темпы роста ВВП — 6,9 %. Это соответствует отношению средних темпов роста экономики к норме накоплений 0,396, т.е. величине, близкой к той, которая вычислена для варианта ($eIM_j = eIsC_j = 0,7$). Полученные в наших расчетах среднегодовые темпы роста ВВП для этого варианта (10,1 %) оказались выше отчетных (6,9 %) вследствие более высокой нормы накопления (0,27 вместо отчетных 0,174). При этом можно полагать, что использованные в основном расчете ($eIM_j = eIsC_j = 1$) значения параметров инвестиций, которые получены на основе сценария Минэкономразвития России, являются следствием «экономического оптимизма» специалистов упомянутого министерства.

**5.2. Оптимизационная разностная модель
для оценки зависимости экономики России от цен
на экспортируемые продукты**

Для решения оптимизационных макроэкономических задач разностного типа в ИНЭИ РАН была разработана модель «Скачок цен», с помощью которой модели проводилось исследование влияния цен экспортируемых продуктов на оценку перспектив развития экономики

России [48]. Оценка влияния скачков внешних цен продуктов проводилась на основе отчетных данных Росстата о развитии экономики РФ и прогнозного (базового) сценария социально-экономического развития страны, разработанного Министерством экономического развития РФ (МЭР). При выполнении расчетных экспериментов проводилась количественная оценка изменений основных макроэкономических показателей от их базового уровня (уровня, предусмотренного в сценарии МЭР) под влиянием изменений внешних цен топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и продуктов обрабатывающих производств. Целями исследования являлись:

- 1) выявление потенциальных возможностей рационального реагирования экономики страны на внешние ценовые возмущения;
- 2) анализ чувствительности (эластичности) основных макроэкономических и отраслевых показателей к внешним ценовым возмущениям.

В модели рассматриваются следующие отрасли:

- электроэнергетика, которая производит электроэнергию, тепловую энергию, прочие продукты раздела Е (из ОКВЭД);
 - газовая промышленность, производящая, прежде всего, природный газ, а также сырую нефть;
 - нефтедобыча, производящая в основном сырую нефть, а также попутный газ;
 - нефтепереработка, производящая моторные топлива, топочный мазут, прочие нефтепродукты, кокс;
 - условно однопродуктовые отрасли: обрабатывающие производства, строительство, транспорт и совокупность прочих отраслей.
- Всего 8 отраслей и 13 продуктов.

В качестве основных экспортных продуктов в модели рассматриваются природный газ, сырая нефть, моторные топлива, топочный мазут и совокупная продукция обрабатывающих производств.

Далее приводятся основные результаты количественных исследований на модели «Скачок цен», в которых за базовый сценарий был принят «благоприятный» сценарий развития экономики страны на период до 2030 года, разработанный Минэкономразвития России в сентябре 2010 года (табл. 5.3).

Возмущения внешних цен были равновелики для каждого рассматриваемого года (2010, 2011 и 2012 гг.), а также для всех экспортируемых продуктов; расчеты проводились для сценариев М20 (–20 %), М10 (–10 %), МП0 (0 %), П10 (+10 %), П20 (+20 %), т.е. в сценарии МП0 уровни внешних цен продуктов соответствовали значениям

базового сценария. В частности, рассматривался следующий диапазон экспортных цен для сырой нефти марки Brent (\$/барр): для 2010 г. (60,8—91,2); для 2011 г. (64,8—97,2); для 2012 г. (68,8—103,2).

Таблица 5.3

Основные макроэкономические показатели базового сценария МЭР

Показатель	Год			
	2010	2011	2012	2012/2009
Валовой выпуск экономики, темпы реального роста, %	2,08	5,04	4,24	12,08
ВВП, темпы реального роста, %	4,00	3,70	4,00	12,16
Инвестиции в основной капитал, темпы реального роста, %	0,30	7,03	3,10	10,38
Доходы населения, темпы реального роста, %	4,08	3,50	3,50	11,49
Сальдо государственного бюджета, % от ВВП	-5,22	-2,80	-2,75	
Мировая цена нефти Urals, \$/барр	76,0	81,0	86,0	
Цена российского газа в Европе, \$/тыс. куб. м	300	314	343	

В оптимизационных расчетах в качестве независимых переменных модели использовались:

- изменение выпуска продуктов,
- изменение экспорта продуктов,
- изменение запасов продуктов,
- изменение конечного потребления продуктов,
- изменение капитальных вложений отраслей.

В качестве критериев оптимизации использовались следующие показатели. Основной критерий — максимизация суммарного за три года ВВП в ценах 2010 г. Он отражает интересы всей экономики. Дополнительный критерий — максимизация прибыли от продаж продукции наименее успешной отрасли. Он отражает интересы лишь некоторых отраслей и совместно с первым критерием иллюстрирует возможный разброс оптимальных решений.

Результаты исследований в значительной степени зависят от принятой в модели реакции экономики на внешние ценовые возмущения. В модели были использованы следующие характеристики этой реакции.

1. Изменение внешних цен вызвано соответствующим изменением спроса на российские экспортируемые товары, поэтому верхняя граница независимой переменной «изменение объема экспорта продуктов» прямо пропорциональна относительным изменениям внешних цен.

2. Ставки экспортных таможенных пошлин получают относительное отклонение от базовых уровней, равное относительному отклонению внешних цен на соответствующие продукты.

3. Внутренние цены на экспортируемые продукты получают относительное отклонение от базовых значений пропорционально отклонению внешних цен на соответствующие продукты. При этом коэффициент пропорциональности меньше 1 (в расчетах его значение принято 0,2).

4. Относительное изменение объема импорта продуктов определяется изменением соотношения их внешних и внутренних цен, пересчитанных на рубли по текущему курсу доллара. При этом сам текущий курс доллара при изменении внешних цен на нефтегазовую продукцию меняется в противоположном направлении на ту же относительную величину.

5. Зарплата в отраслях изменяется пропорционально изменению их выручки, а капитальные вложения домашних хозяйств, расходы госучреждений на капвложения, на зарплату и социальные выплаты фиксируются в расчетах на соответствующих уровнях базового сценария (т.е. не зависят от изменения внешних цен).

6. Верхняя граница независимой переменной «изменение конечного потребления продуктов населением» в году t равна произведению «конечного потребления продуктов» в году t на относительное изменение реальных доходов домашних хозяйств в году $(t - 1)$.

7. Верхняя граница независимой переменной «изменение капитальных вложений отраслей» (ИзмКВОтр,ВГ), а также изменение показателя «отраслевых дивидендов», зависят от изменения их финансовых ресурсов (ИзмФинРесОтр) в текущем году. А именно, если падение финансовых ресурсов отрасли не превосходит базовых значений ее капитальных вложений, то $\text{ИзмКВОтр,ВГ} = \text{ИзмФинРесОтр}$. В противном случае производится полный отказ от капитальных вложений и частичный или полный отказ от выплаты дивидендов. Подобная ситуация может возникать при значительном падении мировых цен. В этом случае процесс формирования оптимального решения становится итеративным.

8. Объем изменения финансовых ресурсов отраслей (ФРО) определяется изменением собственных финансовых ресурсов отраслей

(СФРО) и изменением новых долгосрочных кредитов. Изменение СФРО определяется изменением прибыли от продажи продукции, изменением обслуживания накопленных долгосрочных кредитов и изменением затрат на реализацию базового (отчетного) объема капитальных вложений отраслей. Относительное изменение привлекаемых долгосрочных кредитов отраслей прямо пропорционально относительному изменению их балансовой прибыли. В расчете коэффициент пропорциональности принят равным 0,5.

9. Измененный объем ФРО обеспечивает возможность изменения базового объема капитальных вложений и свободного потока наличности (СПН). Отрицательный объем СПН означает дефицит ФРО.

10. Предполагается, что при возникновении дефицита ФРО, вызванного падением балансовой прибыли и сокращением долгосрочных кредитов, отрасли-экспортеры получают государственные гарантии для новых кредитов. Однако в модели вместо государственных гарантий используются *дополнительные дотации отраслям*. При возникновении дефицита финансовых ресурсов отраслей суммарный объем государственных дотаций добавляется к показателю «изменение сальдо государственного бюджета», определяя объем показателя «условное изменение сальдо государственного бюджета».

11. В модели «Скачок цен» учитывается изменение амортизационных отчислений в году t вследствие изменения капитальных вложений в году $t - 1$, а также изменение налога на добычу полезных ископаемых вследствие изменения экспортных цен.

Структурной основой модели СкЦ служит система показателей материальных и финансовых балансов, вернее, изменения этих показателей относительно уровней базового сценария. В частности, рассматриваются следующие балансы:

– *балансы продуктов*: изменение выпуска + изменение импорта = изменение промежуточного потребления + изменение экспорта + изменение запасов + изменение капитальных затрат + изменение конечного потребления;

– *финансовые балансы отраслей*: изменение прибыли от продажи продукции + изменение кредитов = изменение капитальных вложений + изменение свободного потока наличности. Последний показатель включает в себя выплату дивидендов, депозиты и т.д.

Безусловно, что зафиксированная в модели реакция экономики на скачки внешних цен не может считаться бесспорной.

Модель СкЦ реализована с помощью программного комплекса CREAMATOR-DIGGER. Ее статический блок содержит 79 типов пара-

метров, из них 24 скаляра, 49 векторов и 6 матриц; 190 типов индикаторов, из них 81 скаляр, 98 векторов и 11 матриц. Динамический блок модели содержит 6 векторных и 1 скалярную динамическую связи.

Матрица задачи ЛП для трех лет расчетного периода в рамках полнодинамической задачи содержит 2685 строк и 183 столбца. Продолжительность решения оптимизационной задачи 82—86 секунд.

В предельно кратком изложении были получены следующие результаты оптимизационных расчетов.

Для всех макроэкономических показателей и всех рабочих сценариев критерий «за ВВП» дает возможность получить лучшие результаты по сравнению с альтернативным критерием «за наименее успешную отрасль».

Влияние скачков внешних цен на изменения ВВП и валового выпуска наглядно демонстрирует рис. 5.1, отражающий среднегодовые относительные отклонения от базового сценария (%).

Интересно отметить, что в сценарии M20 суммарный за 3 года рост ВВП близок к 0 (точней 1,6 %). Поэтому его можно считать «критическим» или «граничным».

Падения капитальных вложений в отраслях нельзя избежать при падении цен на внешних рынках.

Рост доходов домашних хозяйств возможен во всем рассмотренном диапазоне ценовых возмущений.

Дефицит госбюджета может достичь опасных масштабов для экономики при отрицательных ценовых возмущениях, но при этом рост

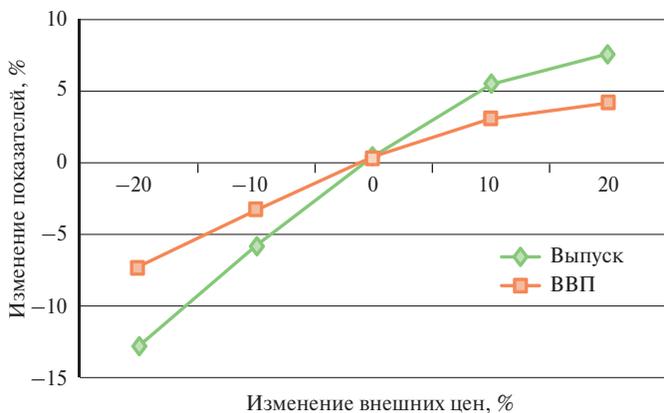


Рис. 5.1. Зависимость темпов роста ВВП и валового выпуска от внешних цен

государственного долга является вполне приемлемым с точки зрения макроэкономической устойчивости по сравнению с большинством развитых стран мира.

Самыми чувствительными из рассмотренных показателей к отклонению внешних цен является прибыль от продажи продукции и капитальные вложения отраслей, при этом наиболее чувствительные — газовая промышленность и добыча нефти.

Электроэнергетика, не будучи экспортирующей отраслью, может сталкиваться с небольшим сокращением прибыли при любых возмущениях экспортных цен. При отрицательных ценовых возмущениях сокращение прибыли связано со снижением спроса на ее продукцию, а при положительных — с возрастанием затрат.

Основные макроэкономические показатели более чувствительны к падению экспортных цен, чем к их росту. В частности, при падении экспортных цен на 20 % эластичность темпов роста ВВП составляет 0,36, а при их росте на 20 % она опускается до 0,21. Отсутствие симметрии связано с появлением мощностных ограничений для роста отраслевого выпуска продукции при росте внешних цен и соответствующем увеличении внешней торговли, а также убыточностью электроэнергетики.

МНОГОАГЕНТНАЯ МЕЖОТРАСЛЕВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ СРЕДНЕСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКИ (МЕММАС)

6.1. Проблемы использования традиционных макроэкономических моделей в условиях экономических кризисов

Интерес к макроэкономическим исследованиям во многом обусловлен немонотонным характером развития экономики (как мира в целом, так и отдельных стран): экономика претерпевает резкие спады и не столь резвые подъемы. С начала XXI века в экономике России наблюдалось два кризиса. Первый кризис (2008—2009 гг.) был обусловлен только экономическими причинами, а именно банкротством системы ипотечного кредитования в США и последовавшей за ним паникой на мировых фондовых и валютных рынках. Последний кризис вызван уже как экономическими, так и неэкономическими причинами. Экономические причины связаны с ухудшением ценовой конъюнктуры на мировых товарных (в т.ч. сырьевых) рынках, а также внутренними проблемами в отечественной экономике, среди которых чаще всего называются накопившие структурные диспропорции в производстве валовой добавленной стоимости в стране, ошибки в государственной бюджетной, инвестиционной и денежно-кредитной политике и т.д. Неэкономические причины обусловлены резко возросшей геополитической напряженностью в мире и использованием странами неэкономических методов конкурентной борьбы на мировых товарных рынках и рынках капитала (введение торговых санкций, запрет на инвестирование и проведение банковских операций между странами, заморозка иностранных банковских счетов и прочее).

В периоды экономических кризисов возрастает неопределенность в оценках будущих параметров функционирования всех субъектов экономики, что приводит к резкому увеличению спроса на количественные макроэкономические прогнозы. В результате в последнее время российское и зарубежное экспертное сообщество породило большое количество прогнозных макроэкономических оценок. Однако подавляющее большинство этих оценок нельзя назвать полноценными

комплексными прогнозами, поскольку практически все они содержат перспективные значения лишь небольшой группы показателей, чаще всего состоящей из 3—4 показателей (валютного курса, темпов инфляции, темпов изменения ВВП). Зачастую эти прогнозные показатели слабо увязаны между собой, поскольку при их получении учитывалось влияние далеко не всех ключевых факторов развития экономики России. Как правило, эксперты при прогнозировании ограничиваются учетом влияния следующих индикаторов:

- уровень мировых цен на нефть (Brent),
- объемы экспорта углеводородного сырья,
- уровень базовой ставки ЦБ,
- обязательства по обслуживанию внешних долгов,
- динамика спроса на товары и услуги на розничном рынке.

При этом эксперты для макроэкономического прогнозирования все чаще используют методы так называемого «технического анализа», которые предназначены для краткосрочного прогнозирования цен активов на фондовом рынке и на товарных биржах. Во многом поэтому при увеличении волатильности указанных выше индикаторов можно было наблюдать тенденцию постоянного сокращения горизонта прогнозирования: к концу 2015 года практически никто в стране не осмеливался делать прогнозные оценки более чем на год вперед, чаще всего давались оценки на месяц, в лучшем случае, на квартал вперед. Исключение составляло Минэкономразвития России, которое в рамках бюджетного процесса (планирование, формирование и исполнения государственного бюджета Правительство РФ) обязано разрабатывать среднесрочные сценарии социально-экономического развития страны. Однако эти сценарии не вызывали доверия ни у экспертного сообщества, ни у реальных инвесторов и производственных субъектов экономики.

Перечисленные недостатки прогнозных макроэкономических оценок, получаемых отечественными и зарубежными аналитическими центрами в условиях экономических кризисов, приводят к тому, что такие оценки могут быть полезны только для проведения спекулятивных операций на валютном и фондовом рынках. У прямых инвесторов и производственных субъектов экономики они вызывают разочарование, поскольку точность этих прогнозов оставляет желать лучшего, несмотря на вполне естественное сокращение горизонта прогнозирования. Кроме того, рассматриваемый экспертами ограниченный набор прогнозных показателей и краткосрочный период прогнозирования явно не достаточны для разработки экономическими субъектами

своих планов относительно динамики производства и инвестиций. В частности, формируемые прогнозные оценки перспектив развития экономики недостаточны для разработки стратегических целевых программных документов, касающихся развития крупных секторов и отраслей экономики (например, Энергетической стратегии России, генеральных схем развития отраслей ТЭК и др.).

Главная причина неудовлетворительного качества прогнозных экономических оценок заключается *в отсутствии системного подхода и остром дефиците соответствующей методической базы* макроэкономических исследований в нашей стране.

Системный подход подразумевает комплексный учет всех аспектов и направлений взаимодействия основных субъектов экономики с разработкой методики, экономико-математических моделей, информационных баз данных, а также их реализацию на современных программных продуктах для регулярного использования в рамках количественного анализа состояния и перспектив развития экономики страны. Для целей макроэкономического прогнозирования, соответствующего методологии Системы национальных счетов (СНС), основной интерес могут представлять не частные, а только комплексные модели. Согласно СНС степень их глубины задается уровнем «отраслевых счетов», хотя в разных моделях может использоваться разный уровень агрегирования отраслей и продуктов, однако все подобные модели принято называть моделями межотраслевого баланса или межотраслевыми моделями.

Для комплексного межотраслевого моделирования наиболее традиционными являются так называемые балансовые модели, в которых описывается состояние экономики в заданные моменты времени, т.е. результат ее развития в эти моменты. При этом в межотраслевых моделях предполагается описание общего равновесного состояния, т.е. одновременного равновесия спроса и предложения всех моделируемых товаров и услуг в заданные моменты времени. Поэтому межотраслевые модели принято считать моделями общего равновесия (GEM — general equilibrium models) [49]. В традиционных межотраслевых моделях не рассматриваются механизмы перехода из одного равновесного состояния в другое. Новое состояние экономики формируется с помощью жестко заданных, в том числе и поисковых алгоритмов.

Выше уже отмечалось, что интерес к разработкам комплексных межотраслевых экономико-математических моделей резко возрастает в результате глобальных и локальных экономических кризисов. Парадокс заключается в том, что абсолютное большинство разрабо-

танных за последние 70 лет межотраслевых моделей ориентированы на описание и исследование монотонно развивающейся экономики. С точки зрения методического и математического обеспечения они не способны справиться не только с прогнозированием, но и с описанием (верификацией) экономических кризисов. В условиях резких изменений ключевых факторов развития российской экономики наработанные методические средства, основанные на использовании уравнений регрессии или на решении задач оптимизации, неактуальны.

Как было показано в разд. 2.3, традиционное эконометрическое моделирование подразумевает наличие устойчивых тенденций в характере взаимозависимостей экономических показателей, выявленных в ретроспективе. Однако в результате различного рода кризисов, как правило, наблюдаются значительные отклонения от выявленных статистических зависимостей. Следовательно, при резких изменениях условий развития экономики прогнозные оценки, полученные при помощи эконометрических уравнений регрессии, чаще всего несостоятельны.

Поиски оптимальных решений в моделях, имеющих дело с задачами математического программирования, по существу дают оценки предельных результатов, достижимых при условии, что действия всех моделируемых объектов экономики направлены не на получение частных выгод, а подчинены общей цели (заданному внешнему критерию оптимизации). При этом допустимый или оптимальный результат гипотетического управления этими объектами может существовать в прогнозном периоде только в случае, если выбор всех решений (значений независимых переменных модели) удовлетворяет системе ограничений, обязательных для всех моделируемых объектов. Поэтому оптимизационные межотраслевые модели рационально использовать не для прогнозирования, а для управления, вернее, целеполагания, которое подразумевает определение количественных целевых ориентиров развития экономики, отраслей или отраслевых комплексов в рамках разработки программ их развития. Чтобы приспособить оптимизационные макроэкономические модели для целей прогнозирования, используют методы многокритериальной оптимизации [50, 51], с помощью которых пытаются учесть сразу несколько целевых функций (частных критериев оптимизации), отвечающих за интересы разных моделируемых субъектов экономики. Однако это не может кардинально улучшить качество прогнозных оценок, поскольку не удастся избежать произвольных субъективных оценок при ранжировании частных целевых функций.

Следует отметить, что использование межотраслевых моделей накладывает чрезвычайно высокие требования к информационному обеспечению. Для построения прогнозной траектории развития экономики требуется проводить не только верификацию модели по ретроспективным данным, но и формировать субъективный «образ будущего» на языке численных значений экзогенных параметров, которые должны быть в максимальной степени адекватны реальным экономическим условиям. Учитывая, что современные межотраслевые модели могут содержать десятки и даже сотни тысяч экзогенных параметров, задача информационного обеспечения прогнозных расчетов является чрезвычайно трудоемкой, сопоставимой (если не превосходящей) по своей сложности с разработкой самой модели.

Математическая структура межотраслевых моделей в основном представляют собой либо систему линейных или квазилинейных уравнений регрессии, либо систему линейных (реже полилинейных) ограничений, в рамках которой решается задача математического программирования по поиску оптимального решения по выбранному критерию, т.е. в оптимизационных задачах чаще всего решаются хорошо освоенные задачи линейного программирования (реже полилинейного программирования), а в эконометрических моделях решаются системы линейных или полилинейных уравнений регрессии. Однако использование только линейных функций оправдано лишь в моделях, в которых рассматривается стационарная или монотонно развивающаяся экономика. В условиях экономического кризиса или в быстроразвивающихся экономиках производственные, инвестиционные и другие процессы в экономике, как и поведение экономических субъектов, в большинстве случаев невозможно математически формализовать только на базе линейных или квазилинейных функций. При резких изменениях ключевых факторов развития экономики процессы, происходящие в ней, носят ярко выраженный нелинейный и даже разрывный характер.

Широкое распространение и значительный рост мощностей вычислительной техники в 1990-х годах послужили толчком к созданию агентно-ориентированных моделей, в частности, многоагентных моделей. В них связь между исходными и расчетными показателями может задаваться не только любыми аналитическими функциями, но и определяться разрывными логическими функциями, которые позволяют менять поведение агентов. В экономико-математическом моделировании они применяются в основном на микроэкономическом уровне, т.е. для описания функционирования и прогнозирования развития

предприятий, компаний или отдельных локальных рынков товаров и услуг. Однако для макроэкономических задач, особенно межотраслевых исследований, агентно-ориентированный подход к моделированию до сих пор является новацией.

6.2. Решаемые задачи и структура модели MEMMAS

Для того чтобы преодолеть некоторые из описанных недостатков традиционных модельных средств нами была разработана модель для формирования среднесрочных сценариев развития экономики страны — MEMMAS (MacroEconomic Model of Multi-Agent Simulation). Научная новизна разработанной модели MEMMAS заключается в синтезе концепции поведенческого многоагентного моделирования и методики межотраслевого баланса [52]. В результате в модели в рамках межотраслевого баланса развитие экономики описывается как процесс функционирования и взаимодействия крупномасштабных ее субъектов (экономических агентов), способных принимать решения в условиях резких изменений ключевых факторов развития экономики страны.

Модель MEMMAS акцентирована на оценку перспектив развития экономики России под влиянием изменения следующих ключевых факторов:

- экспортных цен на вывозимые из страны продукты (товары и услуги),
- объемов спроса на отечественную продукцию за рубежом (объемов экспорта),
- индексов внутренних регулируемых государством цен на продукцию (услуги) естественных монополий,
- ставок и сроков валютных и рублевых займов отдельно для каждого моделируемого субъекта экономики,
- ставок основных налогов и таможенных пошлин,
- ограничений на импорт продукции, связанных с санкциями, введением продуктового эмбарго или реализацией программ по импортозамещению в различных отраслях.

При резких изменениях указанных факторов экономические процессы носят ярко выраженный нелинейный характер, поскольку в быстроменяющихся условиях субъекты экономики способны скачкообразно менять управляемые параметры своего развития и тем самым кардинально менять свое поведение. Поэтому в модели MEMMAS

поведение субъектов экономики (экономических агентов) математически описывается дискретно-непрерывными процессами (разрывными функциями верхнего уровня над непрерывными функциями нижнего уровня) [53]. При этом поведение экономических агентов рассматривается в рамках уравнений межотраслевого баланса. Таким образом, в модели экономика рассматривается как неоднородная или «гибридная» математическая система. Исследования гибридных математических систем проводятся уже 50 лет, интерес к ним вызван практической потребностью автоматизации в различных областях человеческой деятельности. С математической точки зрения к гибридным системам обычно относят дифференциальные системы с различными дискретными переключениями или управляющими воздействиями импульсного типа [54, 55].

Прогнозные динамики расчетных показателей модели MEMMAS формируются последовательностью взаимосвязанных статических годовых расчетов, поэтому MEMMAS можно считать условно динамической моделью. В рамках каждого годового расчета перечисленные ключевые показатели (факторы развития экономики) являются экзогенными (внешними) параметрами модели, которая предназначена для исследований влияния на экономику страны как монотонной динамики, так и форсированных масштабных изменений этих ключевых параметров.

Помимо перечисленных ключевых факторов развития экономики, модель MEMMAS содержит еще более 9000 экзогенных параметров, которые для каждого расчетного года задаются вне модели. Среди них наиболее значимыми экзогенными параметрами являются показатели, характеризующие технологический уровень производства в стране: матрица удельного промежуточного потребления (ПП) продуктов в моделируемых субъектах экономики, матрица продуктовой структуры капитальных затрат субъектов экономики, доли субъектов экономики в промежуточном и капитальном потреблении импортных продуктов.

Для каждого расчетного года структурной основой модели являются балансы производства и распределения 33 продуктов (т.е. материальные балансы продуктов), при этом 27 из них являются товарами, а 6 услугами (продукты с номерами с 28 по 33 в табл. 6.1).

MEMMAS является многоагентной моделью межотраслевого баланса. Экономическими агентами в ней являются 27 производственных отраслей (представленные видами экономической деятельности согласно ОКВЭД), каждая из которых производит в модели один продукт с соответствующим названием из табл. 6.1. Исключение состав-

Перечень товаров и услуг, рассматриваемых в MEMMAS

<i>i</i>	Продукты, услуги	Примечание
1	Продукция сельского и лесного хозяйства	Товары
2	Сырая нефть	
3	Природный газ	
4	Твердые топлива	
5	Нетопливные полезные ископаемые	
6	Пищевые продукты	
7	Продукция текстильного и швейного производства	
8	Кожа, изделия из кожи, обувь	
9	Изделия из дерева, обработанная древесина	
10	Продукция целлюлозно-бумажного производства	
11	Бензин автомобильный	
12	Топливо дизельное	
13	Мазут топочный	
14	Кокс и прочие продукты переработки углеводородного сырья	
15	Продукция химического производства	
16	Резиновые и пластмассовые изделия	
17	Прочие неметаллические минеральные продукты	
18	Черные металлы	
19	Цветные металлы	
20	Готовые металлические изделия	
21	Машины и оборудование	
22	Электро-, электронное и оптическое оборудование	
23	Транспортные средства и оборудование	
24	Прочая продукция обрабатывающей промышленности	
25	Электроэнергия	
26	Тепловая энергия	
27	Прочая продукция ЖКХ	
28	Строительно-монтажные услуги	Услуги
29	Услуги пассажирского железнодорожного транспорта	
30	Услуги грузового железнодорожного транспорта	
31	Услуги прочего транспорта	
32	Услуги связи	
33	Прочие услуги	

ляют нефтепереработка, которая производит моторные топлива, мазут и прочие нефтепродукты; электроэнергетика, производящая электроэнергию, тепло и прочие коммунальные услуги, а также железнодорожный транспорт, который осуществляет отдельно грузовые и пассажирские перевозки.

Следует отметить, что в качестве экономических агентов в модели выступают совокупность госучреждений и домашние хозяйства. Госучреждения производят нерыночные услуги и осуществляют капвложения. Домашние хозяйства принимают решения относительно объемов конечного потребления продуктов, а также осуществляют капвложения и участвуют в производстве некоторых видов продуктов.

В рамках межотраслевого баланса все ресурсы и их использование сбалансированы и согласованы с показателями СНС, описывающими общее состояние экономики. Как и в МЭНЭЖ все материальные балансы (балансы производства и использования каждого рассматриваемого в модели продукта) представлены в основных ценах соответствующих продуктов на внутреннем рынке в начальном базовом году, по которому проведена верификация модели. Финансовые балансы моделируемых отраслей представлены в текущих ценах (в млрд рублей в ценах прогнозных лет). Кроме продуктовых балансов и финансовых балансов отраслей в модели в явном виде представлены:

- баланс совокупной добавленной стоимости в экономике: счет производства ВВП и его использование (как в сопоставимых, так и в текущих ценах),
- баланс доходов и расходов совокупности домашних хозяйств (как в сопоставимых, так и в текущих ценах),
- консолидированный государственный бюджет страны: баланс доходов и расходов совокупности госучреждений (как в сопоставимых, так и в текущих ценах),
- укрупненный платежный баланс страны (в текущих ценах),
- баланс инвестиционных (включая кредитные) средств экономики (в текущих ценах),
- денежные потоки от банковских операций (в текущих ценах).

Помимо показателей, необходимых для определения составляющих всех указанных выше балансовых соотношений, в модели рассчитываются все взаимосвязанные макроэкономические показатели системы национальных счетов.

6.3. Поведенческие алгоритмы модели MEMMAS

Помимо балансовых уравнений, основу модели MEMMAS представляют алгоритмы, *определяющие поведение модельных агентов*. Поведенческие алгоритмы в модели можно разделить на три части:

1. Формирование предложений модельными агентами относительно объемов производства и потребления продуктов, отпускных цен на свою продукцию (у отраслей).

2. Выбор объемов капложений отраслями на основе их ожиданий относительно динамики своего производства и финансового состояния.

3. Алгоритм взаимодействия агентов и получения взаимосогласованных (равновесных) решений, представляющий собой итерационную процедуру пересмотра агентских предложений относительно объемов производства и потребления продуктов в рамках согласования межотраслевого баланса.

Поскольку в модели MEMMAS агентами являются производственные отрасли, то в ней не моделируется внутриотраслевая конкуренция. При этом в модели поведенческие алгоритмы, описывающие производственную и ценовую политику отраслей-товаропроизводителей, отличаются от соответствующих алгоритмов, предусмотренных для отраслей, оказывающих услуги. Поведение агентов-товаропроизводителей определяется только конкуренцией с импортом аналогичных товаров на внутреннем рынке (иностранными производителями), т.е. модельные агенты при принятии решений относительно своего производства и отпускных цен на товары ориентируются на динамику стоимости и возможных объемов соответствующего импорта. В результате в модели определяющую роль для конкурентоспособности отечественных товаропроизводителей на внутреннем рынке играют изменения валютного курса и объемов конечного потребления соответствующих товаров при возмущениях ключевых факторов развития экономики.

В отличие от внутренних товарных рынков, на внутреннем рынке услуг практически отсутствует конкуренция между отечественными и зарубежными производителями. Поэтому, согласно поведенческим алгоритмам модели, отрасли сферы услуг не ориентируются на динамику импорта соответствующего вида услуг, они принимают свои производственные и ценовые решения только в ответ на изменение спроса на свою продукцию со стороны различных субъектов российской экономики (отраслей, населения и госучреждений).

Как уже отмечалось, среднесрочный прогноз развития экономики страны формируется в модели последовательностью взаимосвязанных статических годовых расчетов. Каждый статический годовой расчет на модели MEMMAS представляет собой итерационный процесс, основанный на методе сжимающих отображений [56], который позволяет получать решения на основе взаимного согласования показателей развития модельных агентов в соответствии с изменениями валютного курса, конечного спроса (потребления) домашних хозяйств (рис. 6.1). В расчетах по каждому прогнозному году t количество итераций может быть неограниченным, поскольку итерационный процесс продолжается до тех пор, пока не будет получено упомянутое выше согласованное решение.

Для каждого прогнозного года t на вход первой итерации объемам конечного потребления всех продуктов во внутренних ценах базового года (FC_i^t) присваиваются значения, полученные для $t-1$ года. В начале последующих итераций объемы конечного потребления всех продуктов, полученные для $t-1$ года, в модели умножаются на индекс iFC , который зависит от индекса реальных располагаемых доходов населения (ε^t), т.е. от индекса дефлированной разницы между доходами и обязательными платежами населения.

В модели динамика затрат населения на конечное потребление (FCE) всех продуктов определяется динамикой их реальных располагаемых доходов (RDI):

$$\frac{RDI^t}{RDI^{t-1}} = \varepsilon^t = \frac{FCE_i^t}{FCE_i^{t-1}} \Rightarrow FCE_i^t = \varepsilon^t \cdot FCE_i^{t-1}, \quad (6.1)$$

где FCE_i^t — затраты на конечное потребление i -го продукта населением за вычетом косвенных налогов (акцизов, НДС, таможенных пошлин) в году t в сопоставимых ценах (ценах базового года).

Связь конечного потребления населением i -го продукта во внутренних ценах базового года (FC_i^t) с затратами на конечное потребление этого продукта (FCE_i^t) определяется по формуле

$$FC_i^t = FCE_i^t + Im_i^t - (Im_i^t \cdot P_{\$i}^{t_0} \cdot \$ER^{t_0}) / P_i^{t_0}, \quad (6.2)$$

где Im_i^t — импорт i -го продукта в году t , посчитанный во внутренних ценах базового года t_0 ; $P_{\$i}^{t_0}$ — цена импортного i -го продукта (в долларах США) в базовом году t_0 — экзогенный параметр модели;

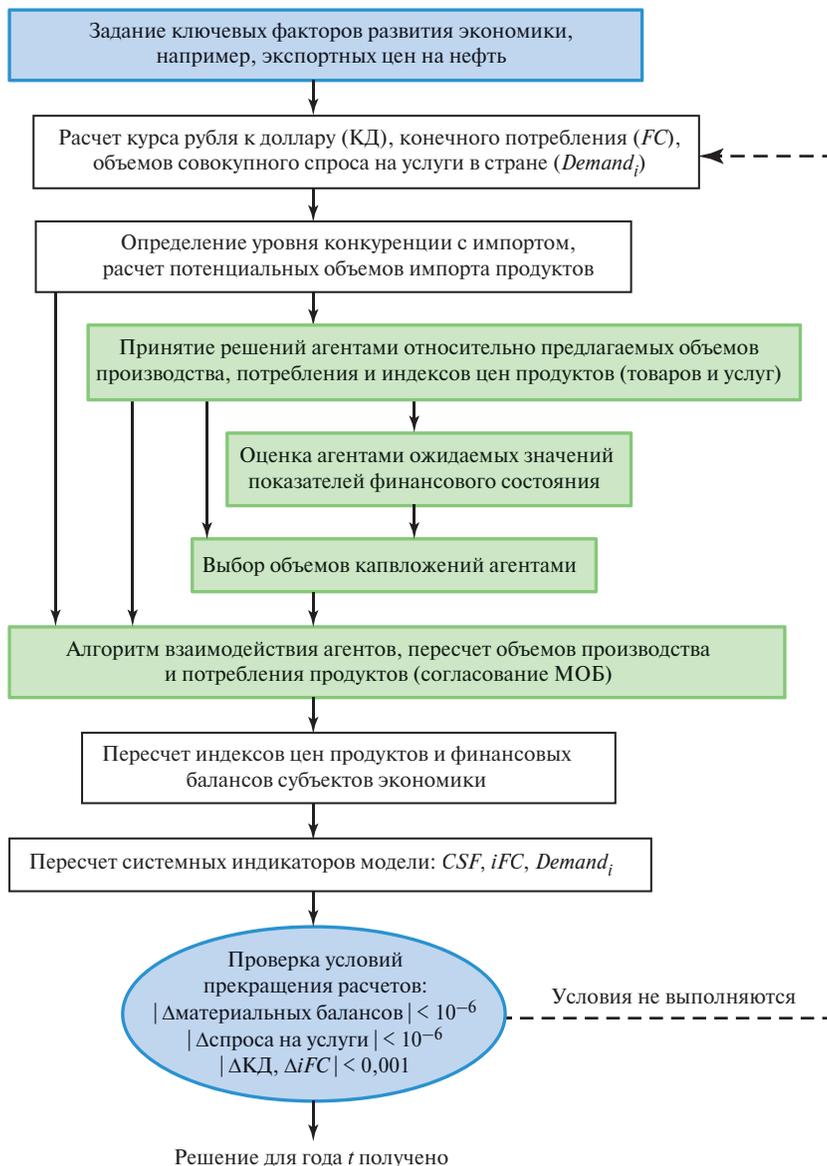


Рис. 6.1. Итерационная схема получения согласованного решения для каждого расчетного года t на модели MEMMAS

$\$ER^{t_0}$ — среднегодовой курс рубля к доллару в базовом году t_0 — экзогенный параметр модели; $P_i^{t_0}$ — основная цена i -го отечественного продукта (в рублях) в базовом году t_0 — экзогенный параметр модели.

В результате на входе каждой k -й итерации ($k \neq 1$) конечное потребление i -го продукта во внутренних ценах базового года ($FC_i^{t,k}$) задается по формуле

$$FC_i^{t,k} = \varepsilon^{t,k-1} \cdot FCE_i^{t-1} + Im_i^{t,k-1} - (Im_i^{t,k-1} \cdot P_{\$_i}^{t_0} \cdot \$ER^{t_0}) / P_i^{t_0}. \quad (6.3)$$

На входе каждой k -й итерации ($k \neq 1$) суммарное конечное потребление населения во внутренних ценах базового года ($FC^{t,k}$) равно:

$$FC^{t,k} = \sum_i FC_i^{t,k} = \sum_i iFC^{t,k} \cdot FC_i^{t-1} = iFC^{t,k} \cdot FC^{t-1}. \quad (6.4)$$

Следовательно:

$$iFC^{t,k} = \frac{\sum_i \left[\varepsilon^{t,k-1} \cdot FCE_i^{t-1} + Im_i^{t,k-1} - (Im_i^{t,k-1} \cdot P_{\$_i}^{t_0} \cdot \$ER^{t_0}) / P_i^{t_0} \right]}{FC^{t-1}}. \quad (6.5)$$

Индекс iFC является системным индикатором модели, который вычисляется в конце каждой итерации и подается в качестве параметра на вход следующей итерации.

В каждой итерации в рамках расчетов для года t при изменении любого экзогенного параметра динамика среднегодового курса рубля к доллару ($\$ER$) определяется в модели динамикой коэффициента валютного масштаба (CSF — Currency Scale Factor):

$$\frac{CSF^t}{CSF^{t-1}} = CDR^t \cdot \frac{\$ER^t}{\$ER^{t-1}}. \quad (6.6)$$

Коэффициент валютного масштаба CSF является еще одним системным индикатором модели, который меняется в расчетах в конце каждой итерации и подается в качестве параметра на вход следующей итерации. Он представляет собой отношение совокупной потребности в рублях в году t к суммарному годовому объему поступлений долларов в страну. Совокупная потребность в рублях включает в себя суммарные рублевые продажи в стране (суммарные затраты на капиталовложения, промежуточное и конечное потребление товаров и услуг в стране) плюс рублевые средства, необходимые для обслуживания ран-

нее привлеченных иностранных займов и инвестиций, а также рублевую массу, направляемую на покупку иностранных активов (в т.ч. покупку валюты). Поступления валюты в страну составляют суммарную выручку от экспорта товаров и услуг (включая таможенные пошлины), иностранные займы и кредиты, а также доходы резидентов от зарубежных активов.

Коэффициент *CDR* является экзогенным параметром модели, который мы назвали темпом относительной девальвации валют (*CDR* — *Currency Devaluation Rate*). *CDR* может служить индикатором политики Центрального банка Российской Федерации (ЦБ РФ) в отношении изменений валютного курса в стране. В ретроспективные годы для российской экономики он принимал значения от 0,95 до 1,2 (табл. 6.2).

В период до 2008 года значения *CDR* колебались в пределах 0,95—0,98, что было обусловлено политикой ЦБ РФ, нацеленной на сдерживание укрепления рубля при больших валютных поступлениях в страну (при благоприятной внешнеэкономической конъюнктуре). В кризисные 2008—2009 гг. значения *CDR* доходили до 1,2, что можно объяснить мерами Банка России по демпфированию обесценивания рубля относительно доллара в условиях масштабной конвертации практически всех активов на мировых фондовых рынках в доллары и, как следствие, обвального падения мировых цен на сырье. В период 2010—2012 гг. *CDR* принимал значения, близкие к единице, т.е. курс рубля к доллару фактически был в «свободном плавании», его динамика полностью соответствовала динамике масштаба экономики и состоянию платежного баланса страны.

В 2015 году значение *CDR* оказалось меньше единицы, поскольку в отличие от предыдущего кризиса последний кризис обусловлен не только экономическими причинами. Драматическое ухудшение ценовой конъюнктуры на мировых сырьевых рынках в сочетании с жесточайшим внешним экономическим, политическим и информационным прессингом многократно усилило давление на российскую валюту. При этом в отечественных производственных отраслях экономики был накоплен огромный внешний долг, который в течение ближайших лет необходимо обслуживать (погашать и выплачивать проценты). Геополитическая напряженность привела к введению санкционных ограничений доступа на мировые рынки капитала. В результате российским резидентам стало крайне тяжело привлекать валюту для рефинансирования своих внешних долгов и осуществления масштабных инвестиционных проектов. Это вызывало рост объемов краткосрочных

Таблица 6.2

CDR — Темп относительной девальвации национальной валюты (рубля)

Параметр	Единица	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CSF	руб/\$	111,7	105,6	94,9	112,5	167,4	157,1	150,8	159,3	172,6	209,5	321,4
	Индекс		0,95	0,90	1,19	1,49	0,94	0,96	1,06	1,08	1,21	1,53
КД	руб/\$	28,28	27,18	25,57	24,81	31,68	30,36	29,35	31,07	31,82	37,97	60,66
	Индекс		0,96	0,94	0,97	1,28	0,96	0,97	1,06	1,02	1,19	1,60
CDR	Индекс		0,98	0,96	1,22	1,17	0,98	0,99	1,00	1,06	1,02	0,96

спекулятивных операций на фондовом и валютном рынках. В этих условиях, даже с учетом немалых накопленных валютных резервов страны, инструменты денежно-кредитной политики, которыми располагает ЦБ России, оказываются явно недостаточными для поддержания стоимости рубля. Даже при безупречной работе, принятии своевременных и безошибочных мер, Банку России, скорее всего, не удалось бы добиться высоких значений CDR и предотвратить значительного обесценивания рубля.

Выше говорилось, что процесс получения расчетных результатов по каждому прогнозному году является итерационным. На каждой итерации после рассчитанного по формуле (6.6) изменения курса рубля к доллару меняется конкурентоспособность импорта каждого продукта (и товаров, и услуг) на внутреннем рынке, поскольку меняется рублевая стоимость каждой импортной продукции. Следовательно, появляется потенциал изменения спроса на импорт каждого рассматриваемого в модели продукта, для определения которого вводится понятие масштаба импорта. Масштаб импорта продукта (IS) представляет собой отношение суммарного объема его импорта, пересчитанного в рублях по текущему валютному курсу, к суммарным продажам аналогичного отечественного продукта на внутреннем рынке:

$$IS_i^t = (Im_i^t / P_i^{t0} \cdot P_{\$}_i^t \cdot \$ER^t) / (PI_i^t \cdot (V_i^t - E_i^t - \Delta S_i^t)), \quad (6.7)$$

где $P_{\$}_i^t$ — цена импортного i -го продукта (в долларах США) в году t — экзогенный параметр модели; PI_i^t — индекс роста цены i -го отечественного продукта в году t относительно базового года t_0 ; V_i^t — выпуск i -го продукта в году t , посчитанный во внутренних ценах базового года t_0 (цвб); E_i^t — экспорт i -го продукта в цвб в году t — экзогенный параметр; ΔS_i^t — прирост (извлечение) запасов i -го продукта в цвб в году t .

При определении потенциала изменения спроса на импорт продукта (πIm_i^t) принимается гипотеза о стремлении внутреннего рынка сохранить значение масштаба импорта продукта на ранее достигнутом уровне. Этот гипотеза схожа с подходом Д. Рикардо, предполагающим определение наиболее рационального распределения торговых потоков с учетом имеющихся сравнительных преимуществ [57]. Однако в отличие от этого подхода гипотеза не исходит из принципа консервации структуры торговли, поскольку любые драматические

изменения в экономике сопровождаются качественными изменениями в структуре производства. Речь лишь идет об определении *потенциала изменения* торговли импортных продуктов на рынке, а не о самих объемах этой торговли. Таким образом, при изменении курса доллара потенциальное изменение спроса на импорт продукта определяется в модели по формуле

$$\pi Im_i^t = \frac{IS_i^{t-1} \cdot PI_i^{t-1} \cdot P_i^{t0} \cdot (V_i^{t-1} - E_i^t - \Delta S_i^{t-1})}{P_{\$i}^t \cdot \$ER^t} - Im_i^{t-1}. \quad (6.8)$$

Для оценки последствий возможных ограничений на ввоз отдельных продуктов из-за границы объемы импорта продуктов в модели могут быть ограничены сверху ($\max Im_i^t$). Поэтому изменение спроса на импортную продукцию (ΔIm_i^t) определяется в модели по формуле

$$\Delta Im_i^t = \min[\pi Im_i^t; (\max Im_i^t - Im_i^{t-1})]. \quad (6.9)$$

В результате формируется предлагаемый объем импорта продукта:

$$pIm_i^t = Im_i^{t-1} + \Delta Im_i^t. \quad (6.10)$$

6.3.1. Формирование предложений относительно объемов производства и отпускных цен отраслями-товаропроизводителями

Изменение объемов и стоимости импорта товаров влияет на конкурентоспособность отечественных производителей соответствующих товаров. Согласно поведенческим алгоритмам модели MEMMAS выявленное изменение импорта каждого товара (ΔIm_i) может быть компенсировано изменением объемов продаж аналогичного отечественного товара на внутреннем рынке. Увеличение спроса на импорт i -го товара ($\Delta Im_i > 0$) компенсируется в модели снижением производства (и, соответственно, продаж) аналогичной отечественной продукции ($\Delta V_i < 0$). При этом падение выпуска продукции ограничено снизу — нижняя граница выпуска каждого товара (V_i^t) вводится в модели экзогенно как доля от его базового (полученного для $(t - 1)$ года) объема производства. Если выпуск товара достигает нижней границы, то возрастание спроса на импорт товара может частично компенсироваться отложенной в запасы готовой непроданной отечественной продукции ($\Delta S_i > 0$). Емкость склада для каждого товара

также ограничена экзогенной долей от его базового (полученного для $(t - 1)$ года) объема производства.

При снижении спроса на импорт товара ($\Delta Im_i < 0$) сначала распродаются имеющиеся запасы готовой отечественной продукции ($\Delta S_i < 0$, т.е. происходит извлечение из запасов), и только при исчерпании запасов готовой продукции остаток нехватки импорта компенсируется ростом выпуска товара в стране ($\Delta V_i > 0$). Таким образом, на каждой итерации определяется предлагаемый объем производства каждого модельного товара во внутренних ценах базового года:

$$pV_i^t = V_i^{t-1} + \Delta V_i^t. \quad (6.11)$$

Предлагаемый выпуск i -го продукта в j -й отрасли (pV_{ij}^t) определяется при помощи матрицы (dov_{ij}), которая является экзогенным параметром модели: $pV_{ij}^t = dov_{ij} \cdot pV_i^t$.

Тогда предлагаемый суммарный выпуск отрасли определяется по формуле

$$pV_j^t = \sum_i pV_{ij}^t.$$

Необходимо отметить, что объемы производства товаров отраслями (V_{ij}^t) ограничены сверху имеющимися в отраслях мощностями по производству соответствующего товара (M_{ij}^t): $V_{ij}^t < M_{ij}^t$. Эти мощности (M_{ij}^t) зависят от прошлых отраслевых инвестиций (т.е. являются динамическими параметрами модели).

Выше уже упоминалось, что в модели MEMMAS домашние хозяйства (ДХ) могут участвовать в выпуске некоторых продуктов. Предлагаемый выпуск i -го продукта в ДХ (pVh_i^t) определяется тривиально:

$$pV_i^t = ddv_i \cdot pv_i = (1 - \sum_j dov_{ij}) \cdot pV_i^t.$$

В результате объем производства i -го товара в году t ограничены сверху величиной суммарной мощности M_i^t :

$$M_i^t = \sum_j (M_{ij}^t / (1 - ddv_i)). \quad (6.12)$$

В модели чем меньше возможность по изменению выпуска отечественного товара для компенсации изменения потенциального спроса

на аналогичную импортную продукцию (например, из-за нехватки производственных мощностей), тем сильнее меняется цена спроса на соответствующий товар, т.е. возникает инфляция спроса (dPI_i^t):

$$dPI_i^t = \frac{(Im_i^{t-1} + \pi Im_i^t) / P_i^{t0} \cdot P_{S_i}^t \cdot \$ER^t}{IS_i^{t-1} \cdot (pV_i^t - E_i^t - \Delta S_i^t)}. \quad (6.13)$$

Изменение цены спроса товара на внутреннем рынке сопровождается в модели изменением объемов его конечного потребления (во внутренних ценах базового года) со стороны населения (ΔFC_i):

$$\Delta FC_i^t = \Delta Im_i^t + \Delta V_i^t - \Delta S_i^t. \quad (6.14)$$

При этом если $\Delta Im_i > 0$, то $\Delta V_i \leq 0$ и $\Delta S_i \geq 0$, а если $\Delta Im_i < 0$, то $\Delta V_i \geq 0$ и $\Delta S_i \leq 0$.

Таким образом, на каждой итерации формируется предлагаемый объем конечного потребления товара населением:

$$pFC_i^t = iFC^t \cdot FC_i^{t-1} + \Delta FC_i^t. \quad (6.15)$$

Причем на начальной (первой) итерации $iFC^t = 1$.

Матрица удельного промежуточного потребления продуктов (товаров и услуг) субъектами экономики (α_{ij}) является экзогенным параметром модели, в расчетах она не меняется на всем горизонте прогнозирования. Эта матрица позволяет рассчитать предлагаемые объемы промежуточного потребления (ПП) каждого продукта в каждом моделируемом субъекте экономики ($pInC_{ij}^t$) в зависимости от предлагаемого объема его производства:

$$pInC_{ij}^t = \alpha_{ij} \cdot pV_j^t. \quad (6.16)$$

После определения предлагаемых объемов производства и элементов промежуточного потребления каждый модельный агент-товаро-производитель устанавливает отпускную цену на свою продукцию. При этом если рынок какого-либо товара носит монопольный характер, то в модели предусмотрена возможность государственного регулирования отпускной цены этой продукции (например, цен на сетевой газ или электрическую и тепловую энергию). Для остальных товаров производители устанавливает отпускную цену на свою продукцию на

основе сравнения индекса цены спроса на нее (dPI_i^t) и индекса роста затрат на ее производство (ePI_i^t):

$$PI_i^t = \left\{ \begin{array}{l} PI_i^{t-1} \cdot (1 + \text{гос}\Pi_i^t), \text{ if } sPI_i^t \neq 0 \\ \max(dPI_i^t; ePI_i^t), \text{ if } sPI_i^t = 0 \text{ and } PI_i^{t-1} > \min(dPI_i^t; ePI_i^t) \\ \min(dPI_i^t; ePI_i^t), \text{ if } sPI_i^t = 0 \text{ and } PI_i^{t-1} \leq \min(dPI_i^t; ePI_i^t) \end{array} \right\}, \quad (6.17)$$

где sPI_i^t — регулируемый государством рост цен на i -ю продукцию в году t .

При этом индекс роста затрат на производство i -й продукции в j -й отрасли (ePI_i^t) является функцией от индексов цен спроса всех продуктов, потребляемых в этой отрасли:

$$ePI_i^t = f \left(\sum_i dPI_i^t \cdot p \ln C_{ij}^t \right).$$

6.3.2. Формирование предложений относительно объемов производства и отпускных цен отраслями, оказывающими услуги

Наличие немалых объемов импорта многих видов услуг связано главным образом с приобретением российскими резидентами соответствующих услуг на территории других стран (образование, юридические и медицинские услуги за рубежом, услуги финансового посредничества и т.д.). Этот импорт практически не составляет конкуренцию отечественным производителям на внутреннем рынке, он напрямую не влияет на объемы этого рынка и, соответственно, на развитие отечественной сферы услуг. Исключение составляют туризм, услуги иностранных авиакомпаний и строительных организаций, а также трансграничная деятельность резидентов и их взаимодействие с нерезидентами, в частности услуги, оказываемые из-за границы по интернету (интернет-торговля, консалтинг, информационные услуги и пр.) Импорт каждой из перечисленных услуг может оказывать заметное влияние на соответствующий сегмент внутреннего рынка, особенно при резких колебаниях валютного курса в стране.

Однако в модели MEMMAS список услуг представлен не столь подробно в силу недостаточности официальных отчетных данных, публикуемых Росстатом. Российские производители услуг, внутренний

рынок которых испытывает конкуренцию с импортом, в модели погружены в более агрегированные отрасли, при этом доли импорта этих услуг в общем обороте соответствующих отраслей являются ничтожными. Поэтому в рамках рассматриваемого в модели перечня отраслей отечественные производители услуг являются фактически безальтернативными на внутреннем рынке, т.е. отсутствует конкуренция между отечественными и зарубежными производителями. В результате в модели MEMMAS изменения объемов импорта всех рассматриваемых видов услуг не оказывают прямого влияния на производственные и ценовые решения, принимаемые отраслями, оказывающими эти услуги.

В модели MEMMAS рассматриваются 27 производственных отраслей $\{j = 1, 2, \dots, 27\}$ и 33 продукта $\{i = 1, 2, \dots, 33\}$ согласно табл. 6.1. Первые 22 отрасли являются товаропроизводителями $\{j = 1, 2, \dots, 22\}$. Остальные отрасли представляют в модели сферу услуг:

- строительство ($j = 23$), выполняет строительно-монтажные работы ($i = 28$);
- железнодорожный транспорт ($j = 24$), осуществляет пассажирские ($i = 29$) и грузовые перевозки ($i = 30$);
- прочие виды транспорта ($j = 25$), оказывают услуги не железнодорожного транспорта ($i = 31$);
- связь ($j = 26$), оказывает услуги связи ($i = 32$);
- прочие отрасли сферы услуг ($j = 27$), оказывают прочие виды услуг ($i = 33$).

Согласно поведенческим алгоритмам модели, предлагаемые объемы выпуска всех услуг зависят от изменений совокупного спроса на эти услуги. Но совокупный спрос на каждую услугу зависит, в том числе, и от ее промежуточного потребления в отраслях сферы услуг (включая собственные нужды этих отраслей), а следовательно, от выпуска этих отраслей. Кроме того, совокупный спрос на строительно-монтажные и прочие услуги включает в себя их использование при капитальном строительстве всеми субъектами экономики (потребление услуг при осуществлении капвложений). Однако объемы капиталовложений отраслей в модели зависят от ожидаемых объемов их производства. Чтобы избежать рекурсивных ссылок в рамках расчетов для года t , предлагаемый объем выпуска каждой услуги на k -й итерации ($pV_i^{t,k}$) определяется совокупным спросом на эту услугу, полученным в расчетах на предыдущей итерации ($Demand_i^{t,k-1}$):

$$pV_i^{t,k} = Demand_i^{t,k-1}. \quad (6.18)$$

Таким образом, объемы спроса на все рассматриваемые в модели виды услуг являются системными индикаторами модели, т.е. они вычисляются в конце каждой итерации и используются в качестве параметра в расчетах на следующей итерации:

$$\begin{aligned} Demand_i^{t,k-1} = & \sum_{j \in W} InC_{ij}^{t,k-1} + \sum_{j \in W} CapEx_{ij}^{t,k-1} + \\ & + FC_i^{t,k-1} - Im_i^{t,k-1} + E_i^t, \end{aligned} \quad (6.19)$$

где W — множество всех субъектов экономики: $W = \{\text{отрасли, население, госучреждения}\}$; $InC_{ij}^{t,k-1}$ — промежуточное потребление i -й услуги в j -й отрасли (в цвб), полученная на $k - 1$ итерации для года t :

$$InC_{ij}^{t,k-1} = \alpha_{ij} \cdot V_j^{t,k-1}, \quad (6.20)$$

$CapEx_{ij}^{t,k-1}$ — капитальные затраты i -й услуги в j -м субъекте экономики (в цвб), полученные на $k - 1$ итерации для года t .

Необходимо отметить, что у всех субъектов экономики капитальные затраты транспортных услуг и услуг связи всегда равны нулю (т.е. $\forall j: CapEx_{29j} = CapEx_{30j} = CapEx_{31j} = CapEx_{32j} = 0$).

В модель MEMMAS для всех рассматриваемых видов услуг не введены прямые ограничения на возможное падение их производства. Динамика производства всех услуг в модели во многом определяется изменением спроса на них со стороны отраслей-товаропроизводителей и населения, поэтому максимальная величина падения выпуска услуг зависит в расчетах от прямых ограничений снизу, накладываемых на динамику выпусков товаров и динамику конечного потребления населения.

Возможности роста производства большинства услуг в модели формально также не ограничены, т.е. для большинства отраслей, оказывающих услуги, не вводится понятие производственной мощности. Таким образом, для каждого прогнозного года максимальные объемы выпуска этих услуг в расчетах зависят только от максимально возможного спроса (производственных мощностей) товаропроизводителей и роста реальных располагаемых доходов населения. Исключение составляют две транспортные отрасли (железнодорожный и прочий транспорт), в которых рост выпуска соответствующих услуг ограничивают производственные мощности, эти мощности зависят от прошлых отраслевых инвестиций (т.е. являются динамическими параметрами модели).

Предлагаемые объемы промежуточного потребления услуг экономическими субъектами ($pInC_{ij}^t$) определяются аналогично предлагаемым объемам промежуточного потребления товаров по формуле (6.16).

Естественно, что в модели MEMMAS для всех услуг не предусмотрена возможность образования запасов, т.е. $\Delta S_i = 0$ для $i = 28, \dots, 33$.

Предлагаемые объемы импорта услуг ($pIm_i^{t,k}$) в модели определяются по формулам (6.8)—(6.10). Поскольку изменения импорта услуг ($\Delta Im_i^{t,k}$) напрямую не влияют на объемы внутреннего рынка услуг, то предлагаемый объем конечного потребления каждой услуги определяется по формуле

$$pFC_i^{t,k} = iFC^{t,k} \cdot FC_i^{t-1}. \quad (6.21)$$

Индексы цен спроса на строительно-монтажные работы, транспортные услуги и связь ($i = 28, \dots, 32$) в расчетах определяются динамикой совокупного спроса на соответствующие услуги внутри страны:

$$dPI_i^{t,k} = PI_i^{t-1} \cdot resp_i^t \cdot \frac{Demand_i^{t,k-1} - E_i^t}{Demand_i^{t-1} - E_i^{t-1}}, \quad (6.22)$$

где $resp_i^t$ — коэффициент чувствительности цены i -й услуги к изменению спроса на нее внутри страны в году t — параметр модели, вычисляется по результатам расчетов для $(t - 1)$ года (динамический параметр).

Что касается прочих услуг ($i = 33$), то более 2/3 объема их валового выпуска приходится на посреднические услуги: оптовая и розничная торговля, финансовые услуги, страхование, операции с недвижимостью, лизинг оборудования и др. Цены на перечисленные посреднические услуги представляют собой маржу к цене на другие товары или услуги. Поэтому индекс цены спроса на прочие услуги ($dPI_{33}^{t,k}$) зависит в модели от индекса цен Ласпейреса совокупного оборота всех остальных товаров и услуг на внутреннем рынке:

$$dPI_{33}^{t,k} = PI_{33}^{t-1} \cdot resp_{33}^t \cdot \frac{\sum_{i=1}^{32} PI_i^t \cdot (V_i^{t-1} - E_i^{t-1} - \Delta S_i^{t-1})}{\sum_{i=1}^{32} PI_i^{t-1} \cdot (V_i^{t-1} - V_i^{t-1} - \Delta S_i^{t-1})}, \quad (6.23)$$

где $resp_{33}^t$ — коэффициент эластичности цены прочих услуг к удорожанию всех других продуктов в стране в году t — динамический

параметр модели, вычисляется по результатам расчетов для $(t - 1)$ года.

Определение предлагаемых объемов производства и элементов промежуточного потребления позволяет отраслям, оказывающим услуги, устанавливать отпускную цену на свою продукцию. При этом если рынок какой-либо услуги носит монопольный характер, то в модели предусмотрена возможность государственного регулирования отпускной цены этой услуги (например, тарифов на железнодорожные перевозки). Для остальных видов услуг производитель устанавливает отпускную цену на свою продукцию на основе сравнения индекса цены спроса на нее (dPI_i^t) и индекса роста затрат на ее производство (ePI_i^t) по формуле (6.17).

6.3.3. Поведенческие алгоритмы выбора объемов капвложений агентами

На каждой итерации после формирования предлагаемых объемов производства и опускных цен модельными агентами начинает действовать вторая группа поведенческих алгоритмов, которая позволяет каждой j -й отрасли выбрать объем капвложений. Согласно поведенческим алгоритмам модели выбор объемов капвложений отраслей осуществляется на основе их ожиданий относительно динамики продаж своей продукции и финансового состояния (см. рис. 6.1). При этом она определяет ожидаемую выручку от продаж своей продукции на внешнем и внутреннем рынке, а также ожидаемые значения всех составляющих текущих затрат (включая затраты на оплату труда), налоговых выплат, чистой прибыли, дивидендов и пр.

Согласно поведенческим алгоритмам модели, затраты на оплату труда каждая j -я отрасль определяет исходя из динамики чистой добавленной стоимости (NVA_j) в рублях текущего (прогнозного) года, NVA_i представляет собой разность между добавленной стоимостью, производимой отраслью (VA_j) и ее расходами на обслуживание валютных и рублевых займов (возврат займов и выплата процентов по ним). Производимая отраслью добавленная стоимость — это разность между совокупной выручкой нетто отрасли (за вычетом НДС, акцизов и экспортных таможенных пошлин) и ее затратами на промежуточное потребление товаров и услуг в текущих ценах (ценах прогнозного года). Если чистая добавленная стоимость отрасли не снижается в динамике, то затраты на оплату труда в отрасли (LC_j) меняются пропорционально изменению ее добавленной стоимости. Если же чистая

добавленная стоимость снижается, то затраты на оплату труда отрасли уменьшаются согласно индексу падения ее чистой добавленной стоимости. При этом на оплату труда отрасли накладываются двухсторонние ограничения как доли (π_j) от прошлогоднего объема оплаты труда отрасли:

$$LC_j^t = \left\{ \begin{array}{l} LC_j^{t-1} \cdot \frac{VA_j^t}{VA_j^{t-1}}, \text{ если } NVA_j^t \geq NVA_j^{t-1} \text{ и } VA_j^t \leq \pi_j \cdot VA_j^{t-1} \\ \pi_j \cdot LC_j^{t-1}, \text{ если } NVA_j^t \geq NVA_j^{t-1} \text{ и } VA_j^t > \pi_j \cdot VA_j^{t-1} \\ LC_j^{t-1} \cdot \frac{NVA_j^t}{NVA_j^{t-1}}, \text{ если } NVA_j^t < NVA_j^{t-1} \text{ и } NVA_j^t \geq \frac{NVA_j^{t-1}}{\pi_j} \\ \frac{LC_j^{t-1}}{\pi_j}, \text{ если } NVA_j^t < NVA_j^{t-1} \text{ и } NVA_j^t < \frac{NVA_j^{t-1}}{\pi_j} \end{array} \right\}. \quad (6.24)$$

Следует отметить, что для всех моделируемых субъектов экономики параметры обслуживания накопленных внутренних (рублевых) долгов рассчитываются однозначно, поскольку объемы накопленных рублевых займов определяются по результатам расчетов для предыдущих годов, а процентные ставки и сроки займов являются экзогенными параметрами модели. Параметры обслуживания долларовых займов также определяются объемами накопленных долларовых долгов и соответствующими процентными ставками и сроками займов. Однако в отличие от рублевых долгов тяжесть обслуживания долларовых займов меняется в расчетах на каждой итерации вслед за изменениями расчетного курса доллара.

Что касается налоговых выплат субъектов экономики, то перечень описываемых в модели налогов соответствует действующему Налоговому кодексу РФ. Однако в модельных расчетах численные значения ставок и норм большинства рассматриваемых налогов не соответствуют нормативным значениям, поскольку на макроэкономическом уровне невозможно учесть всевозможные налоговые субсидии, льготы и режимы. Численные значения налоговых ставок определяются в результате верификации модели на отчетные данные Росстата об объеме выплат в консолидированный бюджет РФ по каждому налогу и данные о величине соответствующей налогооблагаемой базы.

Дивидендные выплаты в каждой отрасли определяются как доля ее доналоговой прибыли.

Выбор объемов капвложений отрасли осуществляется на основе ее ожиданий относительно динамики продаж своей продукции и ожидаемого объема располагаемых свободных финансовых ресурсов ($pFFR_j$) в сопоставимых ценах (в ценах базового года). Ожидаемый объем свободных финансовых ресурсов отрасли в сопоставимых ценах представляет собой сумму ожидаемой нераспределенной прибыли отрасли ($pRPr_j^t$) и ее амортизационных отчислений (DA_j^t), поделенную на ожидаемый индекс потребительских цен относительно базового года ($pCPI$):

$$pFFR_j^t = \frac{pRPr_j^t + DA_j^t}{pCPI^t}. \quad (6.25)$$

Ожидаемый индекс потребительских цен является функцией от индексов отпускных цен на продукты (см. формулу (6.17) и предлагаемых объемов их конечного потребления (формулы (6.15) и (6.21)).

Согласно алгоритму годовой объем капвложений отрасли во внутренних ценах базового года ($CapEx_j^t$) представляется в следующем виде:

$$CapEx_j^t = \max(CapEx_j^{t-1} + \Delta CapEx_j^t; 0), \quad (6.26)$$

где $\Delta CapEx_j^t$ может определяться одним из трех показателей:

$$\left. \begin{aligned} A1_j^t &= \frac{(pFFR_j^t - FFR_j^{t-1})}{|FFR_j^{t-1}|} \cdot CapEX_j^{t-1} \\ A2_j^t &= \frac{(pV_j^t - V_j^{t-1})}{V_j^{t-1}} \cdot CapEX_j^{t-1} \\ A3_j^t &= pFFR_j^t - FFR_j^{t-1} \end{aligned} \right\}, \quad (6.27)$$

где V_j^{t-1} — выпуск j -й отрасли во внутренних ценах базового года, полученный в расчетах по $(t - 1)$ году; FFR_j^{t-1} — объем свободных финансовых ресурсов j -й отрасли в сопоставимых ценах, полученный в расчетах по $(t - 1)$ году.

Введем множество индексов $S = \{1, 2, 3\}$ и два подмножества $S_j^+ = \{s \in S | As_j^t > 0\}$, $S_j^- = \{s \in S | As_j^t < 0\}$. Тогда годовое приращение

капвложений отрасли $\Delta CapEX_j^t$ определяется согласно следующему алгоритму:

$$\Delta CapEx_j^t = \begin{cases} \min(As_j^t | s \in S_j^+), & \text{if } S_j^- = \emptyset \text{ and } S_j^+ \neq \emptyset; \\ 0, & \text{if } S_j^- = \emptyset \text{ and } S_j^+ = \emptyset; \\ \max(As_j^t | s \in S_j^-), & \text{if } S_j^- \neq \emptyset. \end{cases} \quad (6.28)$$

Таким образом, при неблагоприятной экономической конъюнктуре алгоритм предусматривает реактивное поведение отраслей при принятии инвестиционных решений: если отрасль-агент ожидает, что в расчетном году уменьшится либо объем ее производства, либо реальный объем свободных финансовых ресурсов, то она реагирует снижением своих инвестиций (т.е. для этого достаточно падения одного из двух указанных индикаторов). Однако при определении размеров корректировки капвложений отрасли придерживаются консервативной стратегии — выбирается минимальное по модулю из рассматриваемых изменений объемов капвложений.

В модели домашние хозяйства (ДХ) и госучреждения (ГУ) также осуществляют капвложения. Объемы капвложений ДХ поставлены в зависимость от прироста реальных сбережений населения в сопоставимых ценах, т.е. от разницы между доходами и текущими расходами населения (конечное потребление плюс обязательные платежи).

Динамика капвложений ГУ поставлена в прямую зависимость от индекса роста выпуска нерыночных услуг в экономике. Выпуск нерыночных услуг (Vs) зависит в модели от динамики доходов консолидированного бюджета страны в сопоставимых ценах и является еще одним системным индикатором модели — он вычисляется в конце каждой итерации и используется в качестве параметра в расчетах на следующей итерации:

$$Vs^{t,k} = Vs^{t-1} \cdot resst \cdot \frac{(StateIncome^{t,k-1} / GDPdef^{t,k-1})}{(StateIncome^{t-1} / GDPdef^{t-1})}, \quad (6.29)$$

где $StateIncome^t$ — доходы консолидированного бюджета РФ в текущих ценах в году t ; $GDPdef^t$ — индекс-дефлятор ВВП в году t относительно базового года t_0 ; $resst$ — коэффициент эластичности выпуска нерыночных услуг к изменению доходов консолидированного бюд-

жета страны в сопоставимых ценах в году t — динамический параметр модели, вычисляется по результатам расчетов для $(t - 1)$ года.

Продуктовую структуру капитальных затрат субъектов экономики ($CapEx_{ij}^t$, где $j \in$ отрасли, ДХ и ГУ) позволяет рассчитать соответствующая матрица, которая, как и матрица удельного ПП, является экзогенным параметром модели, элементы которой на всем горизонте прогнозирования остаются неизменными. Эта матрица позволяет определить потребление i -го продукта в суммарных капитальных затратах в экономике ($CapEx_i^t$).

6.3.4. Алгоритм взаимодействия агентов

В результате действия описанных выше поведенческих алгоритмов для каждого рассматриваемого продукта определяются предварительные значения всех составляющих баланса его производства и использования во внутренних ценах базового года (материальный баланс).

Для взаимного согласования полученных решений агентов (взаимодействие на межотраслевом уровне) в рамках каждой расчетной итерации используется алгоритм, представляющий собой процедуру пересмотра принятых агентных решений относительно объемов производства и потребления продуктов с учетом требования сбалансированности всех материальных балансов. Этот алгоритм взаимодействия агентов предполагает, что на рынке каждого рассматриваемого в модели продукта все заинтересованные стороны (производители и потребители этого продукта) обладают полной информацией о предлагаемых объемах и стоимости всех составляющих баланса его производства и использования.

Для любого i -го продукта уравнение материального баланса имеет следующий вид:

$$V_i^t + Im_i^t = E_i^t + \Delta S_i^t + FC_i^t + CapEx_i^t + InC_i^t, \quad (6.30)$$

где InC_i^t — суммарное промежуточное потребление i -го продукта в году t во внутренних ценах базового года:

$$InC_i^t = \sum_j InC_{ij}^t = \sum_j \alpha_{ij} \cdot V_j^t,$$

где $j \in$ отрасли, ДХ и ГУ.

При этом выпуски, конечное потребление и импорт продуктов представляются в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} V_i^t &= pV_i^t + \delta V_i^t; \\ FC_i^t &= pFC_i^t + \delta FC_i^t; \\ Im_i^t &= pIm_i^t + \delta Im_i^t, \end{aligned} \right\} \quad (6.31)$$

где δV_i^t , δFC_i^t , δIm_i^t — искомые переменные модели, сумма значений которых на каждой итерации равна разнице (невязке) между приходной и расходной частями материального баланса i -го продукта (δ_i^t):

$$\delta V_i^t - \delta FC_i^t + \delta Im_i^t = \delta_i^t. \quad (6.32)$$

Процедура уменьшения невязки материального баланса каждого i -го продукта построена на приоритетности определения значений этих переменных:

$$\left. \begin{aligned} \delta Im_i^t &= 0, \text{ если } \underline{V}_i^t \leq V_i^t \leq M_i^t \text{ и } FC_i^t \leq \underline{FC}_i^t \leq \overline{FC}_i^t, \\ \delta FC_i^t &= 0, \text{ если } \underline{V}_i^t \leq V_i^t \leq M_i^t. \end{aligned} \right\} \quad (6.33)$$

Таким образом, предлагаемый алгоритм стремится устранить невязку материального баланса продукта сначала за счет изменения его выпуска в рамках накладываемых на выпуск ограничений (верхняя граница выпуска — это суммарная мощность по производству продукта в экономике M_i^t , а снизу — доля прошлогоднего объема его производства $V_i^t = \lambda \cdot V_i^{t-1}$). Если невязка материального баланса превышает по модулю возможности по изменению выпуска продукта, то алгоритм пытается погасить оставшуюся часть невязки за счет изменения конечного потребления этого продукта (FC), на объем которого также накладываются двухсторонние ограничения (как доли прошлогоднего объема FC продукта). Если же изменений FC продукта также оказывается недостаточно для устранения невязки его материального баланса, то алгоритм в качестве замыкающей статьи использует дополнительное изменение импорта продукта. При этом у импорта большинства продуктов имеется только нижняя граница, равная нулю.

Описанный алгоритм упорядоченного определения переменных модели используется на всех итерациях в рамках расчетов по каждому прогнозируемому году t . Причем на каждой итерации значения для указанных переменных присваиваются один раз.

После пересчета выпусков, конечного потребления и импорта продуктов каждый модельный агент осуществляет пересчет индексов отпускных цен на производимую им продукцию по формуле (6.17). Только вместо предлагаемых значений импорта и выпуска (и соответствующих объемов промежуточного потребления) для определения индексов цен спроса на продукты (по формулам (6.13), (6.22) и (6.23)) и индексов роста затрат на их производство используются соответствующие скорректированные значения, полученные по формулам (6.31).

После пересмотра предлагаемых объемов производства, потребления и индексов цен всех продуктов в модели осуществляется пересчет показателей финансового состояния всех субъектов экономики (см. рис. 6.1), в том числе показателей, непосредственно влияющих на системные индикаторы модели: коэффициент валютного масштаба (*CSF*), индекс изменения конечного потребления населения (*iFC*), объем производства нерыночных услуг (*Vs*) и объемы совокупного спроса на услуги (*Demand_i*).

Каждая итерация заканчивается проверкой условий прекращения расчетов (см. рис. 6.1). Для любого прогнозного года *t* итерационный процесс расчетов заканчивается, если одновременно выполняются следующие условия:

- каждая из невязок материальных продуктовых балансов, полученных на последней итерации, не превышает по модулю 10^{-6} ,
- изменение расчетных значений курса доллара между итерациями не превышает по модулю 10^{-3} ,
- разница в значениях индекса конечного потребления населения (*iFC*), полученных на соседних итерациях, не превышает по модулю 10^{-3} ,
- разница в значениях объемов производства нерыночных услуг в экономике (*Vs*), полученных на соседних итерациях, не превышает по модулю 10^{-6} ,
- разница в значениях совокупного спроса на каждую услугу (*Demand_i*), полученных на соседних итерациях, не превышает по модулю 10^{-6} .

Полученное для года *t* решение служит базой для расчетов по следующему *t + 1* прогнозируемому году. Поэтому кроме всевозможных балансовых соотношений и поведенческих алгоритмов, модель MEMMAS содержит аналитические связи между накопленными результатами расчетов для предыдущих лет и исходными данными для расчетов следующего года. В результате обеспечивается согласованность модельных решений, полученных на соседних годовых интервалах (рис. 6.2).

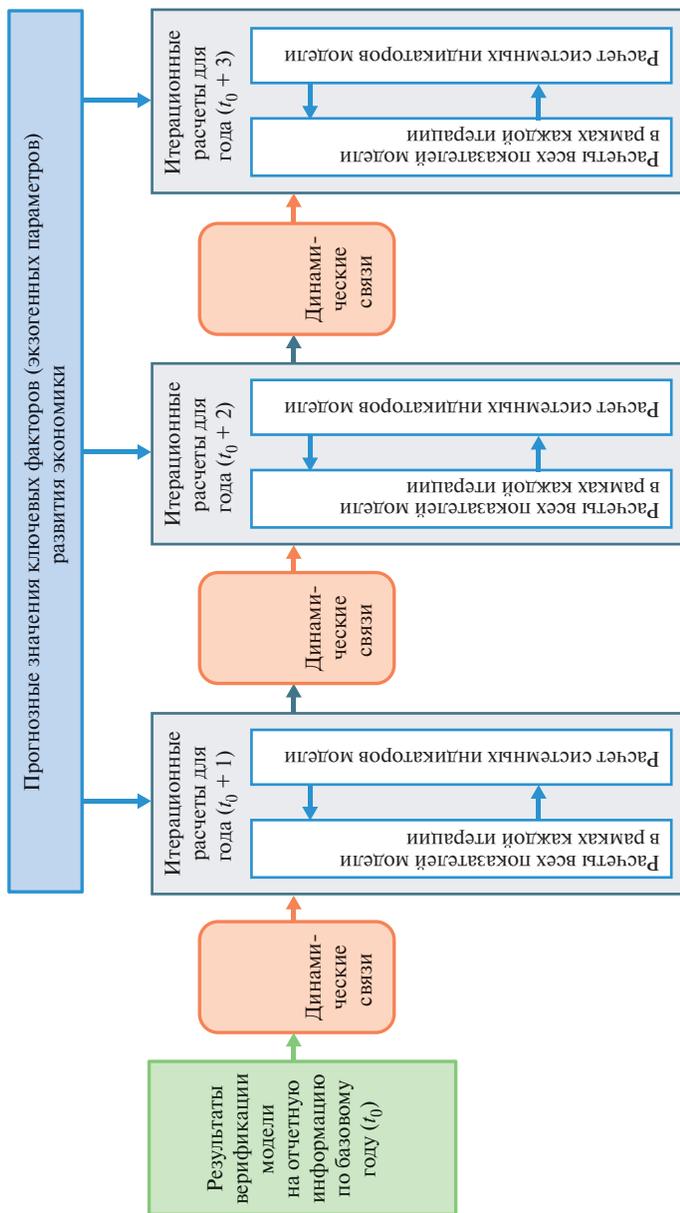


Рис. 6.2. Схема организации прогнозных расчетов на MEMMAS

Как и в модели МЭНЭЖ, эти аналитические связи мы называем динамическими связями, а исходные данные, зависящие от результатов расчетов за предыдущие годы динамическими параметрами модели.

Большинство динамических связей носят тривиальный характер, в частности, накопленные запасы готовой продукции, накопленные депозиты и накопленные заемные средства субъектов экономики определяются очевидными выражениями, обуславливающими динамику этих показателей расчетными сальдо прироста их годовых объемов. Исключение составляют динамические связи для отраслевых мощностей по производству продуктов (M_{ij}^t), определяющих верхнюю границу производства продукта отраслью в расчетном году. Если по результатам расчетов для года t запас неиспользованной мощности по производству i -го продукта в j -й отрасли превосходит годовой прирост выпуска продукта отраслью, то объем производственной мощности для следующего года (M_{ij}^{t+1}) определяется только выбытием основных фондов отрасли (т.е. инвестиции в расширение производственной мощности отрасли не осуществляются). В противном случае отраслевая мощность по производству продукта определяется прошлогодними капвложениями отрасли в сопоставимых ценах (в ценах базового года) ($CapInv_j^t$):

$$M_{ij}^{t+1} = \left\{ \begin{array}{l} M_{ij}^t \cdot (1 - \omega_j^t), \text{ if } (M_{ij}^t - V_{ij}^t) > (V_{ij}^t - V_{ij}^{t-1}); \\ M_{ij}^t \cdot (1 - \omega_j^t) + \mu_j^t \cdot CapInv_j^t \cdot \frac{V_{ij}^t}{V_j^t}, \text{ if } (M_{ij}^t - V_{ij}^t) \leq (V_{ij}^t - V_{ij}^{t-1}), \end{array} \right\} \quad (6.34)$$

где ω_j^t — коэффициент выбытия фондов в j -й отрасли в году t — экзогенный параметр; μ_j^t — фондоотдача в j -й отрасли в году t — экзогенный параметр модели.

6.4. Границы использования модели

Поскольку модель MEMMAS является межотраслевой моделью, в которой рассчитываются показатели СНС, описывающие общее состояние экономики, то она, как и традиционные оптимизационные и регрессионные межотраслевые модели, является моделью общего равновесия. MEMMAS отличается от традиционных моделей только

своей математической нелинейной разрывной структурой и соответственно вычислительными алгоритмами поиска общего равновесного решения. В этом отношении она является рефлексивно-директивной моделью. С одной стороны, она является рефлексивной, поскольку в ней заданы алгоритмы расчета показателей, основанные на правдоподобных гипотезах и определяющие эгоистическое поведение агентов. А с другой стороны, в ней, как и в директивных оптимизационных моделях, используется итерационный процесс и балансовые ограничения на значения продуктовых расчетных показателей. А это значит, что некоторые показатели модели должны иметь статус переменных. Выбор их допустимых значений определяется с помощью алгоритма поиска равновесного решения.

Модель MEMMAS предназначена для формирования только среднесрочных сценариев развития экономики, т.е. период прогнозирования составляет от 1 до 3 лет. Это обусловлено рядом особенностей модели, которые накладывают ограничения как на длительность периода прогнозирования, так и на перечень содержательных аспектов исследований:

1. Основные показатели, характеризующие технологический уровень производства в стране, являются экзогенными параметрами модели. В частности, фондоотдача отраслей, вектор отраслевых удельных трудозатрат, матрица удельного ПП продуктов в отраслях и матрица продуктовой структуры капитальных затрат отраслей задаются экзогенно и не меняются в прогнозных расчетах, что допустимо, только если прогнозный период ограничивается несколькими годами. Для разработки более долгосрочных сценариев необходимо либо принимать какие-либо эвристические гипотезы относительно динамики перечисленных показателей в обозримом будущем, либо моделировать их изменение под влиянием инвестиций. Во втором случае требуется разработка модели по оценке влияния научно-технического прогресса (НТП) на капиталоемкость, ресурсоемкость и трудоемкость производства в отраслях. Причем модель НТП не должна ограничиваться рамками национальных государственных границ, она должна учитывать глобальные тенденции развития перспективных технологий в различных отраслях мировой экономики.

2. Согласно поведенческим алгоритмам модели каждая отрасль принимает инвестиционные решения только на основе ожиданий относительно текущей динамики своего производства и величины годовой нераспределенной прибыли (см. формулы (6.25)—(6.28)), т.е. без оценки ожидаемой доходности на инвестируемый капитал. Такая

«инвестиционная близорукость» характерна в условиях общего кризиса в экономике страны или при резких изменениях экономической ситуации в отдельно взятой отрасли, поскольку при возрастании волатильности в экономике значительно увеличивается неопределенность относительно перспектив развития ее субъектов. В результате приоритет отдается показателям текущей финансовой устойчивости субъектов экономики, а не их потенциальной инвестиционной привлекательности. Но при выходе из кризиса или монотонном поступательном развитии экономики инвестиционные решения следует ориентировать на ожидаемые в будущем денежные потоки от инвестиций в основной капитал отраслей. Для этого необходимо рассматривать долгосрочные сценарии развития экономики, поскольку сроки, в течении которых вводимые внеоборотные активы отраслей могут генерировать денежные потоки, как правило, намного превышают 3 года. Однако, как уже отмечалось, формирование долгосрочных сценариев развития экономики требует разработки глобальной модели НТП для оценки перспектив повышения технологического уровня производства в отраслях.

3. В модели MEMMAS процентные ставки и сроки привлекаемых займов для всех рассматриваемых субъектов экономики являются экзогенными параметрами, т.е. не меняются в рамках итерационных расчетов. Поскольку период прогнозирования в модели составляет от 1 до 3 лет, то в расчетах используются только среднегодовые значения этих параметров. В MEMMAS отсутствует такой ключевой показатель денежно-кредитной системы страны, как базовая (ключевая) ставка Банка России (ЦБ РФ). Для исследования влияния ключевой ставки ЦБ РФ (как и других макроэкономических показателей) на уровень процентных ставок и сроки кредитования в экономике необходимо в явном виде моделировать банковскую систему страны, т.е. алгоритмически описывать процессы функционирования банков и принятия ими кредитных и депозитных решений. Для этого неизбежно потребуются рассматривать краткосрочные сценарии развития экономики, поскольку значительную долю денежных потоков банковской системы формируют краткосрочные операции (краткосрочное кредитование, спекуляции на валютном и фондовом рынках). С другой стороны, необходимо учитывать, а следовательно, моделировать возможности долгосрочного кредитования субъектов экономики, поскольку банки при формировании своих активов сравнивают всевозможные (кратко-, средне- и долгосрочные) направления кредитования на основе оценки их приведенной стоимости. Таким образом, для

того, чтобы в рамках *единой модели экономики* исследовать влияние макроэкономических и отраслевых показателей на уровень процентных ставок и сроков кредитов в стране необходимо описывать как краткосрочное, так и средне- и долгосрочное поведение субъектов экономики. Однако на данном этапе развития прикладной экономической науки это не представляется возможным ни с методической точки зрения, ни с точки зрения информационного обеспечения макроэкономического моделирования.

6.5. Результаты расчетов на модели MEMMAS

В середине 2016 года были проведены первые прогнозные расчеты на модели MEMMAS по 2016 году. В этих расчетах среднегодовая цена нефти марки Urals принималась равной 42 \$/баррель.

Прогнозные темпы большинства основных макроэкономических показателей для 2016 года совпали с отчетными данными Росстата, опубликованными в марте 2017 года. Исключение составили индекс потребительских цен (ИПЦ) и темпы реальных располагаемых доходов населения (табл. 6.3). На момент проведения расчетов отчетные данные о вкладе удорожания различных товаров и услуг в ИПЦ еще не были опубликованы Росстатом. Согласно алгоритмам модели индексы цен на товары определяются конкуренцией с импортом на внутреннем рынке, т.е. объемами импорта и валютным курсом. Поскольку прогнозные значения объемов импорта, валютного курса и промышленного производства хорошо соотносятся с отчетными данными, то можно предположить, что разница между расчетным и отчетным уровнями ИПЦ во многом обусловлена расчетными индексами цен на услуги на внутреннем рынке. Значения чувствительности цен услуг к изменению спроса на них были получены при верификации модели по отчетным данным за 2015 год. В 2016 году эти значения немного изменились по сравнению с 2015 годом.

Отличие прогнозного темпа реальных располагаемых доходов населения от отчетного уровня во многом обусловлено несовпадением прогнозного индекса потребительских цен (ИПЦ). Кроме того, на объем располагаемых доходов населения влияют обязательные платежи, включая обязательства по обслуживанию и погашению накопленных займов домашних хозяйств. Ставки и сроки займов являются экзогенными параметрами модели. Численные значения параметров займов населения, которые использовались в прогнозных расчетах, также отличались от уровней, реально сложившихся в 2016 году.

Результаты прогнозных модельных расчетов по 2016 году

Показатель	Отчетные данные*	Расчетные значения
Мировая цена нефти марки Urals, долл. США за баррель	41,7	42,0
ВВП, % реального роста	-0,2	-0,2
Промышленное производство, % реального роста	1,3	1,3
Инвестиции в основной капитал, % реального роста	-1,8	-1,8
Конечное потребление населения, % реального роста	-4,5	-4,5
Импорт товаров и услуг, млрд долл. США	266,1	265,4
Реальные располагаемые доходы домашних хозяйств, % реального роста	-5,9	-4,9
Начисленная зарплата в экономике, % реального роста	0,6	0,6
Индекс потребительских цен	1,071	1,067
Индекс-дефлятор валового накопления	1,036	1,037
Валютный курс, руб. за долл. США	66,90	66,86

Примечание. * Данные Росстата по состоянию на апрель 2017 года (www.gks.ru).

В конце 2016 года была проведена серия расчетов для 2017 года, в которых исследовалось влияние только одного ключевого фактора на развитие экономики нашей страны — мировой цены нефти (цены Urals) [58]. Значения всех остальных ключевых факторов развития экономики фиксировались на уровнях, использовавшихся в расчетах для 2016 года. При этом рассматривались изменения цены нефти марки Urals в диапазоне от 20 до 70 \$/баррель (с шагом в 1 \$/баррель).

Согласно полученным результатам, в 2017 году при 20 \$/баррель ВВП России снизился бы в сопоставимых ценах на 1,35%; максимальный темп роста ВВП в 2,63 % в расчетах достигнут при 70 \$/баррель. Таким образом, в проведенных расчетах каждый доллар увеличения цены Urals приводил к увеличению темпов изменения ВВП в среднем на 0,079 процентных пункта. В расчетах на модели годовой темп реального роста ВВП в 2017 году демонстрировал положительные значения при цене нефти марки Urals начиная с 34 \$/баррель (рис. 6.3).

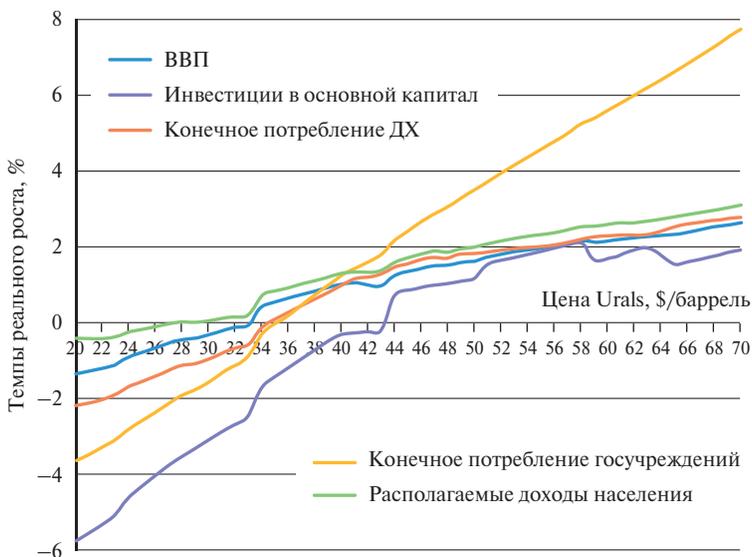


Рис. 6.3. Зависимость основных макроэкономических показателей от мировой цены нефти марки Urals в расчетах по 2017 году

В модельных расчетах по 2017 году при цене нефти Urals 33 \$/баррель ВВП упало на 67,3 млрд руб. (в ценах 2014 года), а при цене Urals 34 \$/баррель он вырос на 315,2 млрд руб. Этот рост ВВП обеспечивается только увеличением чистого экспорта в неизменных ценах на 590 млрд рублей (за счет сокращения импорта товаров и услуг). Все остальные составляющие использования ВВП внесли отрицательный вклад в его изменение (рис. 6.4).

Сокращение совокупного импорта вносит основной вклад в рост ВВП в диапазоне цены Urals от 34 \$/баррель до 40 \$/баррель. Далее основным драйвером роста ВВП становится увеличение расходов домашних хозяйств на конечное потребление (рис. 6.5). А при цене нефти Urals выше 60 \$/баррель наиболее крупным источником увеличения ВВП становится рост расходов на конечное потребление госучреждений и некоммерческих организаций, обслуживающих население. В модели конечное потребление госучреждений и некоммерческих организаций отождествляется с выпуском некоммерческих услуг, который, в свою очередь, привязан к доходам консолидированного госбюджета в сопоставимых ценах при помощи соответствующего коэффициента эластичности (см. формулу (6.29)).

6.5. Результаты расчетов на модели MEMMAS

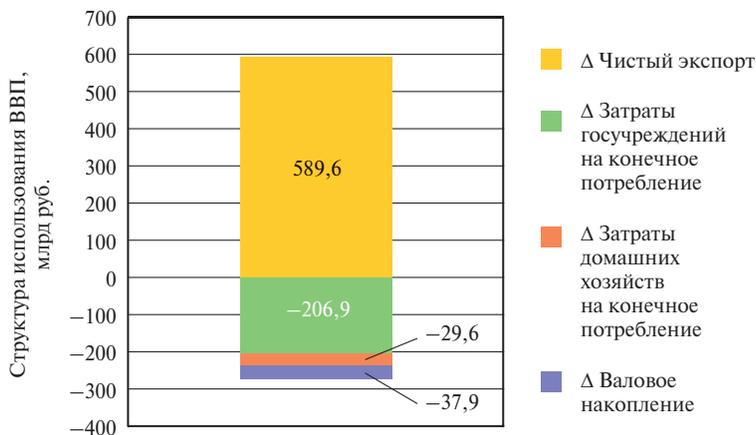


Рис. 6.4. Структура реального прироста ВВП в 2017 году при цене Urals в 34 \$/баррель (по элементам использования ВВП)

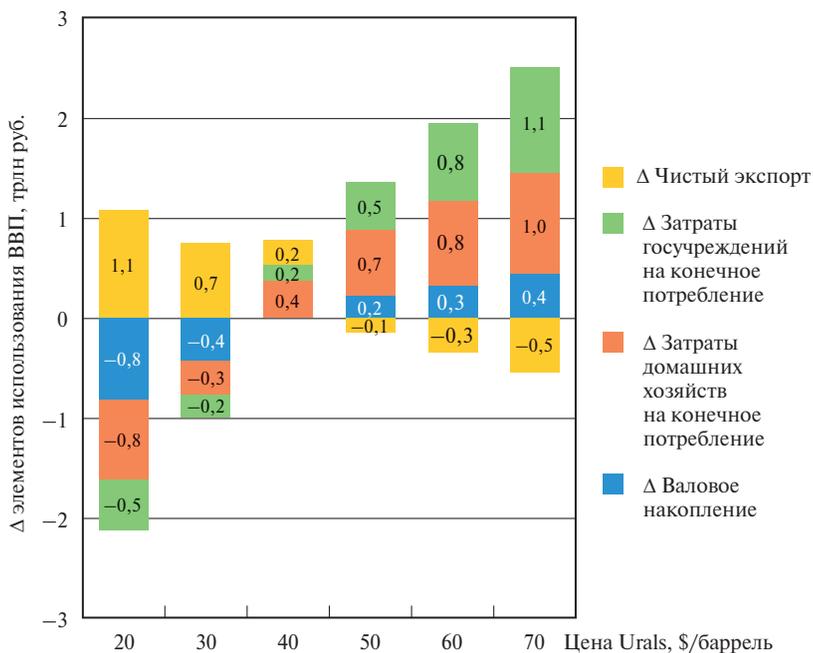


Рис. 6.5. Влияние мировой цены нефти Urals на структуру изменения ВВП (ΔВВП) (по элементам использования ВВП) в расчетах по 2017 году

При цене Urals выше 44 \$/баррель в расчетах начинает расти годовой объем суммарного импорта товаров и услуг (в сопоставимых ценах), и, соответственно, начинает падать объем чистого экспорта страны; при цене Urals в 70 \$/баррель чистый экспорт падает на –534,5 млрд руб. в ценах 2014 года. Необходимо отметить, что при проведении расчетов предполагалось сохранение принятых в последние годы ограничений на импорт продукции, которые связаны с обоюдными межгосударственными санкциями и введением продуктового эмбарго. Поэтому импорт ряда продуктов был ограничен сверху, в частности уровнем 2016 года был ограничен импорт инвестиционных товаров (продукция машиностроительных отраслей и готовые металлические изделия), химической продукции, пищевой и сельскохозяйственной продукции. На импорт остальных продуктов не вводились запретительные меры ни со стороны иностранных государств, ни со стороны Правительства РФ, поэтому в расчетах он не был ограничен сверху.

Кроме того, учитывая санкционные ограничения доступа на мировые рынки капитала, в расчетах были ограничены объемы иностранных инвестиций отраслей: объем иностранных средств не должен был превышать в расчетах 2 % общего объема инвестиций в каждой рассматриваемой в модели отрасли.

Расчеты по 2017 году показали, что увеличение текущих мировых цен на нефть меняет структуру использования ВВП России в сопоставимых ценах в пользу внутреннего рынка. Доля чистого экспорта в ВВП с 15,1 % при цене Urals 20 \$/баррель снизилась до 12,4 % при цене Urals в 70 \$/баррель. Половину этого снижения восполняет рост доли конечного потребления государства и некоммерческих организаций в ВВП: с 18,2 % ВВП при цене Urals 20 \$/баррель до 19,5 % при цене Urals в 70 \$/баррель (рис. 6.6). Доли валового накопления и конечного потребления домашних хозяйств также увеличиваются с ростом цены нефти марки Urals.

Снижение объемов чистого экспорта в сопоставимых ценах при увеличении текущей цены нефти Urals связано с динамикой валютного курса. Чем ниже стоимость доллара в стране, тем более конкурентоспособным становится импорт на внутреннем рынке. При этом цена нефти очень сильно влияет на обменный курс рубля по отношению к доллару (рис. 6.7).

Согласно расчетам при стоимости нефти на внешнем рынке в 20 \$/баррель в 2017 году доллар в России стоил бы 83 рубля, при возрастании цены нефти марки Urals до 70 \$/баррель среднегодовой обменный курс снизился бы до 53,5 рублей за доллар. Таким образом,

6.5. Результаты расчетов на модели MEMMAS

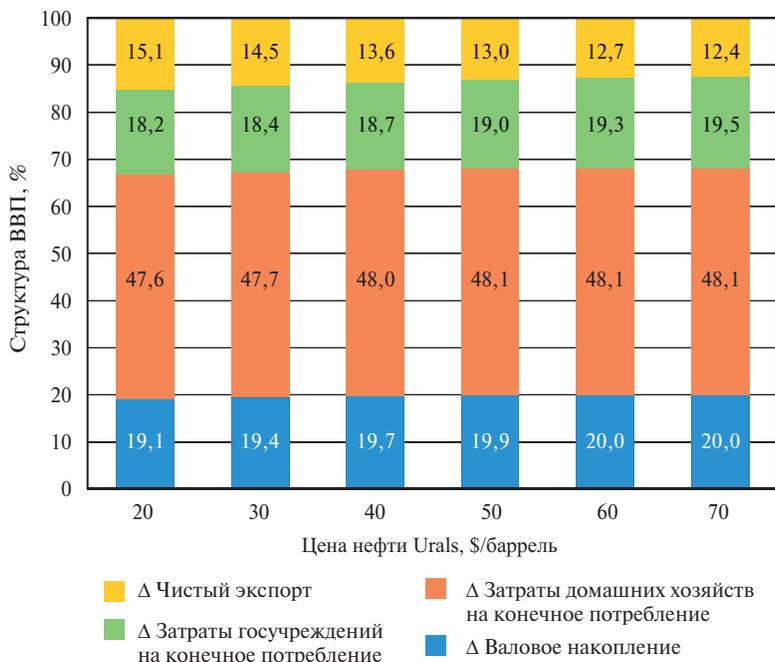


Рис. 6.6. Расчетная структура использования ВВП в 2017 году при различных уровнях мировой цены нефти марки Urals

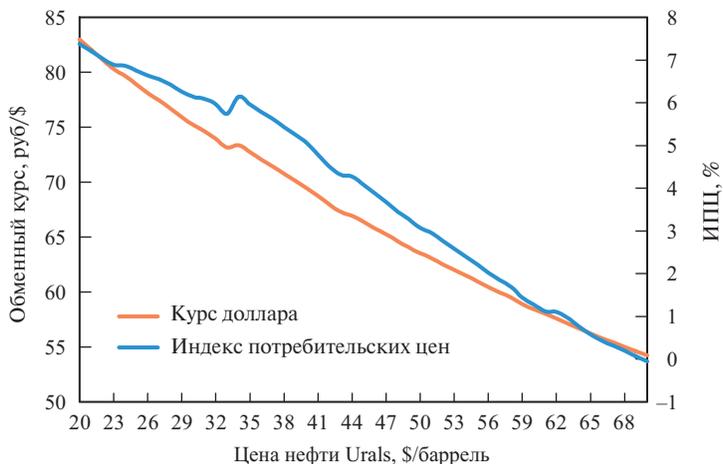


Рис. 6.7. Зависимость валютного курса и индекса потребительских цен (ИПЦ) от мировой цены нефти Urals в расчетах по 2017 году

в расчетах каждый доллар цены нефти Urals в среднем снижает обменный курс рубля к доллару на 57,5 копеек.

Монотонный характер зависимости валютного курса от цены на нефть нарушается при цене Urals в 34 \$/баррель (рис. 6.7), что является проявлением нелинейности и немонотонности поведенческих функций модели MEMMAS. При росте цены нефти марки Urals от 33 \$/баррель до 34 \$/баррель происходит увеличение коэффициента валютного масштаба (*CSF*), что вызвано дискретно-непрерывным характером алгоритмов определения индексов цен на рассматриваемые в модели продукты (см. формулу (6.17)). В расчетах при цене нефти марки Urals 34 \$/баррель происходит резкое возрастание отпускных цен на некоторые продукты (нефть, бензин, нетопливные полезные ископаемые, стройматериалы, машины и оборудование), что приводит к заметному увеличению стоимости корзин капитального, промежуточного и конечного потребления (основные оставляющие *CSF*). В результате возрастает инфляция в стране: если при цене нефти марки Urals в 33 \$/баррель индекс потребительских цен (ИПЦ) в расчетах достигает 5,7 %, то в расчетах при цене Urals в 34 \$/баррель ИПЦ увеличивается до 6,1 %. При дальнейшем удорожании нефти марки Urals падение ИПЦ и обменного курса в расчетах возобновляется (рис. 6.7). Как и на валютный курс, изменения мировой цены нефти оказывает в наших расчетах значительное влияние на инфляцию в стране: каждый доллар цены Urals приводит в среднем к снижению ИПЦ на 0,15 процентных пункта.

Выше уже отмечалось, что в расчетах реальный рост ВВП в 2017 году наблюдался при цене нефти Urals выше уровня в 34 \$/баррель. До этого уровня при низких ценах на нефть только обрабатывающие отрасли промышленности и немного сельское и лесное хозяйство производят положительную добавленную стоимость в сопоставимых ценах (рис. 6.8). Причем в обрабатывающей промышленности почти все отрасли производят положительную добавленную стоимость. Исключение составляют машиностроительные отрасли, производство стройматериалов и нефтепереработка — их годовая добавленная стоимость падает при ценах Urals ниже 30\$/баррель.

Все остальные сектора экономики обеспечивают падение ВВП при низких ценах на нефть, при этом наибольший отрицательный вклад вносят строительство и домашние хозяйства в силу сильного падения своего производства.

При высоких мировых ценах на нефть ведущую роль в увеличении ВВП играют домашние хозяйства и коммерческие услуги, на их долю приходится более половины годового прироста ВВП в сопоставимых

6.5. Результаты расчетов на модели MEMMAS

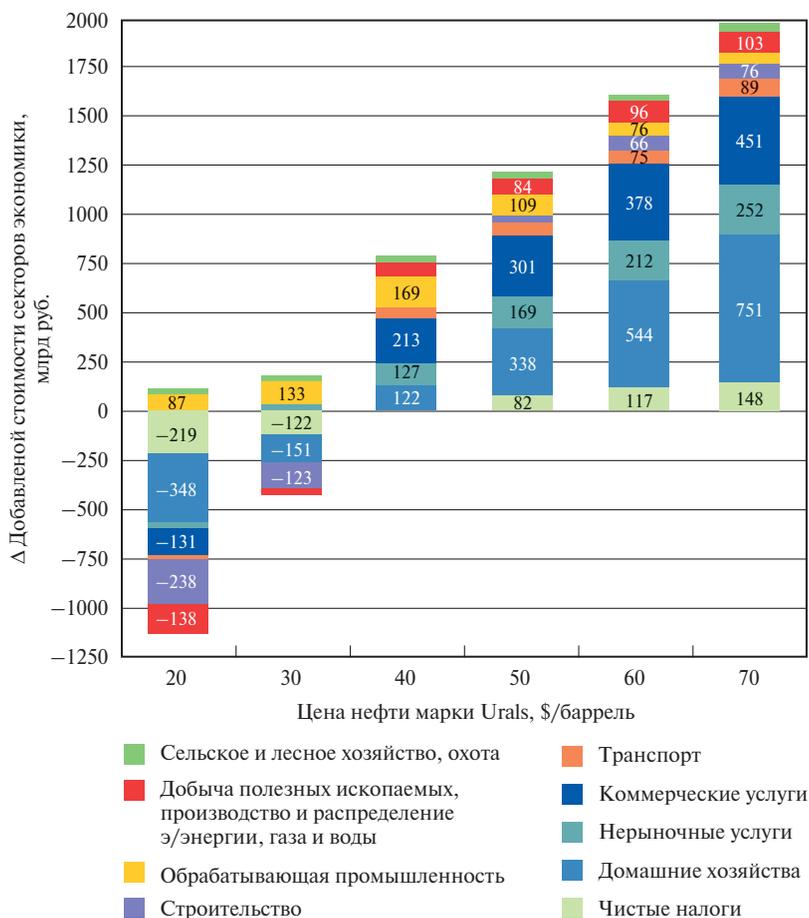


Рис. 6.8. Вклад различных секторов экономики в изменение ВВП (ΔВВП) в 2017 году при различных уровнях мировой цены нефти Urals

ценах, еще около 13 % вносит производство нерыночных услуг (госуправление и некоммерческие организации).

Обращает на себя внимание, что чем выше мировая цена нефти, тем меньше доля обрабатывающей промышленности в изменении объемов ВВП. Это связано с тем, что при снижении валютного курса в расчетах на модели снижается конкурентоспособность отечественных отраслей промышленности по сравнению с импортом и соответственно увеличиваются продажи импортных промышленных товаров на внутреннем рынке.

В результате в рамках расчетов по 2017 году рост экспортной цены нефти увеличивает долю услуг в ВВП в сопоставимых ценах (в ценах 2014 года). Если при цене нефти Urals 20 \$/баррель доля коммерческих услуг в ВВП составила 24 %, а некоммерческих услуг 12,6 % (рис. 6.9), то при цене Urals 70 \$/баррель эти доли увеличились до 24,2 и 13,4 % соответственно. Увеличение доли услуг в экономике происходит за счет сокращения вклада промышленных секторов и строительства, т.к. в расчетах при удорожании нефти совокупный спрос в

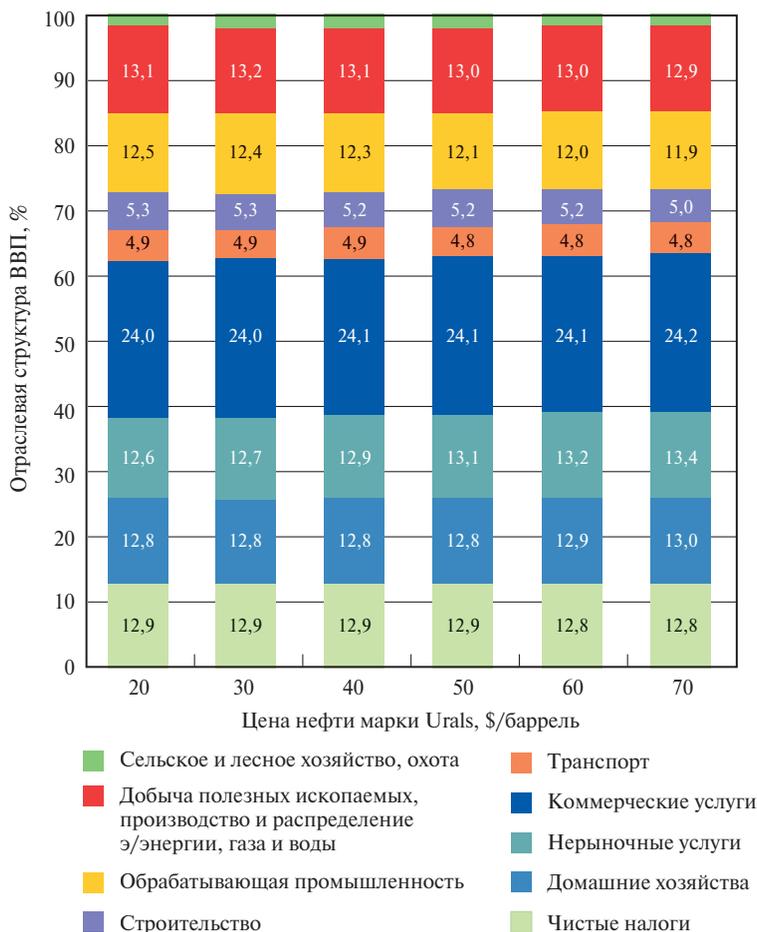


Рис. 6.9. Влияние мировой цены нефти Urals на отраслевую структуру ВВП России в расчетах по 2017 году

экономике увеличивается главным образом за счет конечного потребления населения и госуправления (см. рис. 6.5), в котором коммерческие и некоммерческие услуги играют ведущую роль.

Высокие темпы падения машиностроительных отраслей и строительства при низких мировых ценах на нефть и скромные показатели роста этих секторов при высоких нефтяных ценах соответствуют расчетным темпам спроса на инвестиционные товары и соответственно темпам инвестиций в экономике. На всем рассматриваемом диапазоне цены нефти расчетные темпы совокупных инвестиций в экономике оказались ниже темпов остальных макроэкономических показателей (см. рис. 6.3). Кроме того, если в рамках расчетов по 2017 году темпы реального роста ВВП становятся положительными при 34 \$/баррель, то рост суммарных инвестиций в основной капитал в стране начнется только при 44 \$/баррель — согласно нашим расчетам при высоких ценах на нефть ВВП в 2017 году будет расти не за счет роста накоплений в экономике, а за счет роста конечного спроса со стороны домашних хозяйств и госучреждений.

При всех рассмотренных ценах на нефть темпы располагаемых доходов населения оказались выше темпов их совокупных доходов. Доходы населения в сопоставимых ценах начинают расти в расчетах при цене нефти в 40 \$/баррель, тогда как их реальные располагаемые доходы начинают расти при 30 \$/баррель (рис. 6.10). Это свя-

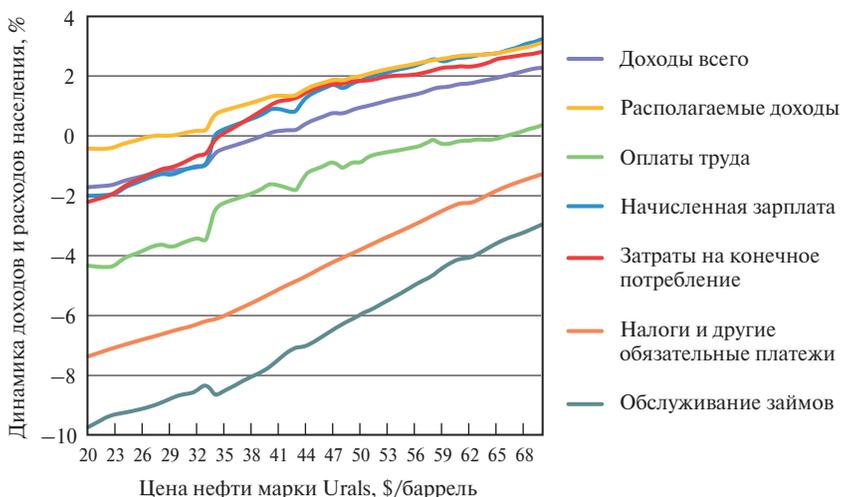


Рис. 6.10. Расчетная динамика реальных доходов и расходов населения в 2017 году при различных уровнях мировой цены нефти

зано с отрицательными темпами обязательных платежей населения, в частности со снижением выплат по долгам. Погашение и выплаты процентов по накопленным долгам снижаются у домашних хозяйств в силу резкого сокращения объемов привлеченного ими долга в 2015 и 2016 г.

Обращает на себя внимание, что темпы изменения начисленной зарплаты в расчетах опережают темпы суммарной оплаты труда наемных работников: начисленная зарплата в экономике начинает расти уже при цене нефти Urals 34 \$/баррель, а фонд оплаты труда наемных работников начинает расти только при цене Urals в 67 \$/баррель, что обусловлено снижением размеров скрытой оплаты труда в 2017 году при ужесточении бюджетных ограничений в отраслях экономики в условиях санкций.

Экспортные цены на нефть оказывают очень сильное влияние на состояние государственного бюджета страны. Согласно отчетным данным в 2016 году дефицит консолидированного государственного бюджета Российской Федерации составил почти 5 % ВВП в рублях 2016 года. В наших расчетах при падении цены нефти Urals до 20 \$/баррель дефицит консолидированного бюджета в 2017 году увеличился бы до 10,5 % ВВП в рублях 2017 года (рис. 6.11). Необходимо отметить, что в модельных расчетах на всем рассматриваемом диапазоне цены нефти сохраняется дефицит консолидированного госбюджета. Чем выше цена нефти, тем меньше этот дефицит, при цене Urals 70 \$/баррель дефицит сокращается в расчетах до 0,5 % ВВП.

В модели MEMMAS дефицит государственного бюджета финансируется за счет накопленных суверенных фондов (государственный Резервный фонд и Фонд национального благосостояния). В случае исчерпания средств суверенных фондов остаток дефицита покрывается в расчетах за счет наращивания государственного долга. Расчеты показали, что для покрытия дефицита консолидированного госбюджета в 2017 году средств суверенных фондов будет хватать, только если цена Urals будет не ниже 53 \$/баррель. При более низкой цене нефти государство вынуждено прибегает в наших расчетах к заимствованиям, например, при цене Urals 20 \$/баррель госзаймы достигают 6,7 % ВВП или 68,7 млрд \$ (при расчетном обменном курсе 83 рубля за доллар). В реальной жизни, скорее всего, не удалось бы привлечь такой большой объем государственных займов, и Правительство РФ было бы вынуждено проводить драматичное сокращение расходных статей государственного бюджета, которое было бы еще более интенсивным, нежели это предусмотрено алгоритмами модели MEMMAS.

6.5. Результаты расчетов на модели MEMMAS

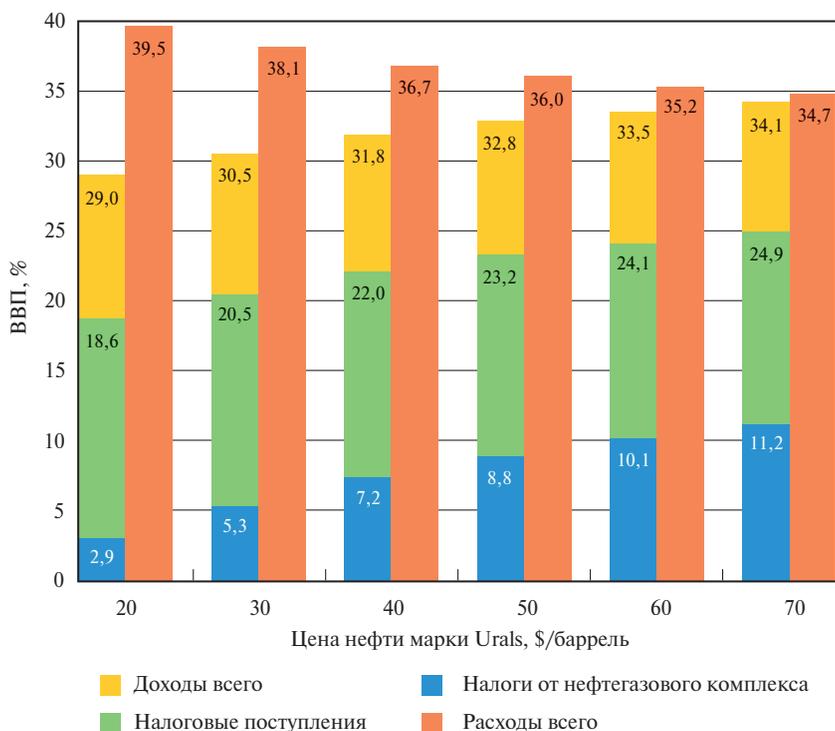


Рис. 6.11. Доходы и расходы консолидированного бюджета РФ в расчетах по 2017 году при различных уровнях мировой цены нефти

При удешевлении экспортируемой нефти происходит падение доходов государства. Однако при низких уровнях цены нефти Urals большие объемы дефицита (и соответствующие государственные займы) также обусловлены значительным инфляционным удорожанием основных расходных статей госбюджета (социальные выплаты, фонд оплаты труда и промежуточное потребление госучреждений). Причем это инфляционное удорожание расходных статей бюджета перекрывает их снижение в сопоставимых ценах, предусмотренное алгоритмами модели (в неизменных ценах они снижаются пропорционально падению реальных доходов государства). Инфляционное удорожание расходных статей госбюджета является в расчетах следствием высоких темпов инфляции при низких ценах на нефть марки Urals (см. рис. 6.7).

Естественно, что основной вклад в рост доходов и сокращение дефицита госбюджета при росте цены Urals вносит нефтегазовый

сектор. В 2016 году на долю поступлений от нефтегазового сектора, включающего в себя добычу и переработку нефти и газа, приходилось 24 % суммарных доходов консолидированного государственного бюджета страны (или 34,8 % налоговых поступлениях бюджета). При этом поступления от нефтегазового сектора состоят из прямых налогов на производство (НДПИ, налог на прибыль, налог на имущество и прочие налоги в составе себестоимости) и косвенных налогов на нефть, газ и продукты их переработки (акцизы, НДС, таможенные пошлины). Чем выше цена Urals, тем выше доля нефтегазового сектора в доходах госбюджета. При цене нефти Urals 20 \$/баррель доля поступлений от добычи и переработки нефти и газа в общих доходах консолидированного бюджета РФ составила в расчетах 10,1 % (или 15,7 % в совокупных налоговых поступлениях бюджета), при увеличении цены нефти до 70 \$/баррель эта доля возрастает до 32,7 % (или 44,9 % налоговых поступлений).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования взаимосвязей отраслей ТЭК и экономики России на протяжении 20 лет являются одним из ключевых направлений деятельности ИНЭИ РАН. Эти исследования в подавляющем большинстве случаев носят прикладной характер, они являются неотъемлемой частью работ по разработке программных документов, касающихся как развития отдельных отраслей ТЭК (генеральные схемы развития отраслей ТЭК, программы реструктуризации внутренних энергетических рынков и пр.), так и в целом отраслевого комплекса (версии Энергетической стратегии России). При этом изначально предполагалось, что результаты этих исследований должны быть ориентированы на обоснование стратегических решений, относящихся к развитию экономики и отраслей ТЭК, а также на участие в процедурах принятия государственных решений в этой сфере. Это означает, что методика исследований и соответствующий модельный инструментарий должны быть востребованы для решения актуальных задач, стоящих перед экономикой и ее топливно-энергетическим сектором. По этой причине развитие отечественной экономики и регулярно возникающие перед нашей страной экономические вызовы обусловили эволюцию наших взглядов относительно целей, методов, информационного обеспечения, структуры и математических алгоритмов макроэкономического межотраслевого моделирования.

При уходе от плановой социалистической экономики комплексные количественные оценки влияния на экономику таких показателей, как цены на продукты, ставки налогов и многих других финансовых показателей, приобрели доминирующее значение. Причем все эти показатели необходимо вычислять в рамках единой комплексной задачи, а не оценивать путем решения и последующего эвристического согласования множества двойственных задач отдельно для каждого из перечисленных показателей. Поэтому, в отличие от традиционной практики макроэкономического моделирования, указанные показатели необходимо было рассматривать в качестве независимых переменных моделей наряду с «обычными переменными», определяющими состояние межотраслевых продуктовых балансов.

В ответ на эти вызовы в ИНЭИ РАН в 1990-е годы была разработана межотраслевая нелинейная оптимизационная модель МЭНЭК, в которой, помимо материальных балансов продуктов, подробно

рассматриваются и оптимизируются финансовые балансы моделируемых субъектов экономики. Расчетные показатели этой модели представлены полилинейными функциями, которые являются многочленами с мономами, содержащими произведения переменных в первой степени, т.е. эти функции являются линейными по каждой переменной при фиксации остальных переменных. В результате возникла необходимость решения задач математического программирования, в которых целевая функция и функции ограничений могут быть полилинейными. Поэтому в ИНЭИ РАН был специально разработан обобщенный метод решения задач *полилинейного программирования*, который прошел многолетнюю апробацию. Модель МЭНЭК главным образом предназначена для исследований влияния ценовой, налоговой, внешнеторговой и инвестиционной политики в отраслях ТЭК на развитие экономики России. Перечень отраслей, рассматриваемых в модели, может меняться в широких пределах (20—40) в зависимости от целевой направленности расчетов. В частности, для оценки мультипликативных народнохозяйственных эффектов от реализации инвестиционных программ в отраслях ТЭК из машиностроительных отраслей выделялись отдельно отрасли энергетического машиностроения.

С 1999 года модель МЭНЭК стала основным инструментом для наших комплексных исследований взаимосвязей отраслей ТЭК и экономики России. Анализ влияния различной динамики внутренних цен энергоносителей на темпы макроэкономических показателей и на развитие и финансовое состояние отраслей экономики (особенно энергоемких) стало одним из основных направлений исследований на модели МЭНЭК вплоть до 2008 года.

Перед кризисом 2008—2009 гг. преобладали чрезмерно оптимистические оценки перспектив развития мировой и отечественной экономики, что во многом было вызвано высокими темпами роста ВВП и других макроэкономических показателей в период 2006—2008 гг. В этих условиях в нашей стране вслед за развитыми странами мира стали популярными исследования «низкоуглеродных путей» развития экономики. В ответ на возросший интерес к подобным исследованиям в ИНЭИ РАН в 2008 году была разработана нелинейная оптимизационная межотраслевая модель МЭНЭК-ЭКО, которая ориентирована на количественную оценку макроэкономических последствий различных мер по ограничению эмиссии парниковых газов (ПГ) в России. МЭНЭК-ЭКО была построена на основе модификации и расширения базовой макроэкономической модели МЭНЭК путем добавления так называемого экологического блока и более подробного рассмотрения

карбонемких производственных отраслей экономики. При этом в экологическом блоке за основу моделирования антропогенных выбросов ПГ была взята методика IPCC.

При помощи расчетов на модели МЭНЭК-ЭКО были получены оценки макроэкономических последствий как от прямых ограничений на выбросы ПГ в стране, так и от введения платы за выбросы ПГ для производственных отраслей. Сравнение полученных результатов показало, что введение платы за выбросы ПГ является более гибкой мерой и приводит к меньшему снижению темпов развития экономики, нежели прямое ограничение эмиссии парниковых газов от использования ТЭР. Кроме того, согласно нашим расчетам в обозримой перспективе (по крайней мере, до 2030 года) объемы эмиссии ПГ от использования топлива в России вряд ли превысят уровень 1990 года даже при отсутствии каких-либо экологических ограничений.

В период, когда отечественная экономика развивалась поступательно, расчеты на наших оптимизационных моделях давали вполне адекватные и логически обоснованные результаты. Однако последние два кризиса заставили нас пересмотреть наши взгляды на цели, методические подходы и вычислительные алгоритмы макроэкономических исследований и приступить к разработке модели, нацеленной на исследование нестационарно развивающейся экономики. В результате в 2015 году была построена модель для формирования среднесрочных сценариев развития экономики страны MEMMAS (MacroEconomic Model of Multi-Agent Simulation). Научная новизна разработанной модели MEMMAS заключается в синтезе концепции поведенческого многоагентного моделирования и методики межотраслевого баланса. В результате в модели в рамках межотраслевого баланса развитие экономики описывается как процесс функционирования и взаимодействия крупномасштабных ее субъектов (экономических агентов), способных принимать решения в условиях резких изменений ключевых факторов развития экономики страны (экспортных цен продуктов, тарифов естественных монополий, ставок и сроков привлекаемых займов и пр.). Экономическими агентами в модели являются производственные отрасли (27 отраслей), совокупность домашних хозяйств и совокупность госучреждений.

Помимо балансовых уравнений, характерных для традиционных межотраслевых моделей, основу модели MEMMAS представляют алгоритмы, определяющие поведение модельных агентов. Согласно одним поведенческим алгоритмам моделируемые субъекты экономики реагируют на изменение ключевых факторов ее развития и формируют

свои предложения на общий рынок. Согласно другим алгоритмам происходит взаимодействие агентов и поиск взаимосогласованных (равновесных) решений в рамках согласования межотраслевого баланса. Эти алгоритмы математически описываются дискретно-непрерывными функциями, что потребовало внедрения нетрадиционных для экономического моделирования математических алгоритмов, используемых обычно в задачах математической физики. Прогнозные значения показателей формируются в модели последовательностью взаимосвязанных статических годовых расчетов. Каждый статический годовой расчет на модели MEMMAS представляет собой итерационный процесс, основанный на методе сжимающих отображений, который позволяет получать решения на основе взаимного согласования показателей развития модельных агентов в соответствии с изменениями валютного курса и конечного спроса домашних хозяйств.

В конце 2016 года на модели MEMMAS была проведена серия расчетов для 2017 года, в которых исследовалось влияние мировой цены нефти на развитие экономики нашей страны. Согласно полученным результатам, в 2017 году при цене нефти марки Urals 20 \$/баррель ВВП России снизился бы в сопоставимых ценах на 1,35 %; максимальный темп роста ВВП в 2,63 % в расчетах достигнут при мировой цене нефти в 70 \$/баррель. Таким образом, в проведенных расчетах каждый доллар увеличения цены Urals приводил к увеличению темпов изменения ВВП в среднем на 0,079 процентных пункта. При этом темп реального роста ВВП в 2017 году демонстрировал положительные значения при цене нефти Urals, начиная с 34 \$/баррель. Кроме того, цена Urals очень сильно влияет на обменный курс рубля к доллару и инфляцию в стране: в расчетах каждый доллар цены нефти Urals в среднем снижал обменный курс доллара в среднем на 57,5 копеек и понижал индекс потребительских цен в среднем на 0,15 процентных пункта.

В заключение необходимо отметить, что исследования взаимосвязей экономики и энергетики в ИНЭИ РАН проводятся в рамках системного подхода, который подразумевает комплексный учет всех аспектов и направлений взаимодействия основных субъектов экономики с разработкой методики, экономико-математических моделей, информационных баз данных, а также их реализацию на современных программных продуктах для их регулярного использования. Все межотраслевые экономико-математические модели (включая информационное и математическое обеспечение), созданные в лаборатории «Исследования взаимосвязей энергетики с экономикой» ИНЭИ РАН, были построены на оригинальном программно-вычислительном комп-

лексе CREATOR-DIGGER. Этот комплекс позволяет предметному эксперту создавать, модифицировать и эксплуатировать расширенные балансовые модели, не прибегая к услугам программистов. Комплекс CREATOR-DIGGER позволил резко (в десятки раз) ускорить процессы разработки моделей, организации расчетов и анализа результатов, а главное, освободил специалистов-экспертов от большей части рутинной работы и дал возможность сосредоточиваться на принципиальной содержательной части макроэкономических исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Кононов Ю.Д., Воропай Ю.Д.** Методы и модели прогнозных исследований взаимосвязей экономики и энергетики. Новосибирск: Наука, 2009.
2. **Leontief W.W.** The Structure of American Economy, 1919—1939: an Empirical Application of Equilibrium Analysis. 1951. № HC106. 3 L3945.
3. **Leontief W.W.** Input-Output Economics // Oxford University Press on Demand, 1986.
4. **Kantorovich L.V. (1939).** Mathematical Methods of Organizing and Planning Production. Management Science. Vol. 6. No. 4 (Jul., 1960), pp. 366—422.
5. **George B. Dantzig.** Notes on linear programming // RAND Corporation, 1953.
6. **Dixon P., Paramentr B.** Computable General Equilibrium Modeling for Policy Analysis and Forecasting. (1996). Handbook of Computational Economics // H.M. Amman & D.A. Kendrick & J. Rust (ed.); handbook of Computational Economics. Elsevier. Ed. 1. Vol. 1. Ch. 1. P. 3—85.
7. **Adams P.D., Horridge J.M. and Brian R. Parmenter.** MMRF-GREEN: A Dynamic, Multi-sectoral, Multi-regional model of Australia». Centre of Policy Studies and IMPACT Projects, Monash University. Victoria 2800. Australia, 2000.
8. **Peter B. Dixon & Maureen T. Rimmer.** The US economy from 1992 to 1998: historical and decomposition simulations with the USAGE model. Centre of Policy Studies / IMPACT Centre Working Papers g-143, Monash University, Centre of Policy Studies / IMPACT Centre. 2003.
9. **Уринсон Я.М.** Совершенствование технологии народнохозяйственного планирования. М.: Экономика, 1986.
10. **Федоренко Н.П.** Вопросы оптимального функционирования экономики. М.: Наука, 1990.
11. **Мелентьев Л.Н.** Оптимизация развития и управления больших систем энергетики. М.: Высшая школа, 1976.
12. **Методы и инструментарий прогнозирования развития электроэнергетики / Ф.В. Веселов, Е.А. Волкова, А.Е. Курилов, А.С. Макарова, А.А. Хоршев // Известия РАН. Энергетика. 2010. № 4. С. 82—94.**
13. **Позамантир Э.И.** Вычислимое общее равновесие экономики и транспорта (транспорт в динамическом межотраслевом балансе). М.: ПОЛИ ПРИНТ СЕРВИС, 2014.
14. **Инструментальные средства для количественного исследования взаимосвязи энергетики и экономики // А.А. Макаров, Д.В. Шапот, А.М. Лукацкий, В.А. Малахов // Экономика и математические методы. 2002. № 1. С. 45—56.**
15. **Система национальных счетов 1993.** Комиссия Европейских сообществ. МВФ — ООН — Всемирный Банк. Брюссель. Нью-Йорк. Париж, 1998.

16. Система национальных счетов 2008. Комиссия Европейских сообществ, МВФ — ООН — Всемирный Банк. Брюссель. Нью-Йорк. Париж, 2012.
17. **Баранов Э.Ф.** Российская статистика: достижения и проблемы // ЭКО. 2012. № 3.
18. **Dantzig G.B., Parikh S.C.** A PILOT Linear Programming Model for Assessing Physical Impact on the Economy of a Changing Energy Picture // Energy: Mathematics and Models. — SIAM. Philadelphia, Pa, 1976.
19. **Шапот Д.В., Лукацкий А.М.** Методы решения задач полилинейного программирования // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2001. Т. 41. № 5. С. 680—691.
20. **Карбовский И.Н.** Технология полилинейного программирования в естественно обусловленных моделях // Автоматика и телемеханика. 2014. № 9. С. 83—96.
21. **Карбовский И.Н.** Технология полилинейного программирования в естественно обусловленных моделях II // Автоматика и телемеханика. 2015. № 1. С. 91—100.
22. **Карбовский И.Н.** Специфика применения линейного программирования в больших макроэкономических полилинейных моделях // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD-2009. Труды Третьей международной конференции. М.: ИПУ РАН. 2009. С. 116—122.
23. **Almon C.** The INFORUM Approach to Integrated Modeling // Economic System Research. 1991. № 3.
24. **Узяков М.Н.** Проблемы построения межотраслевой модели равновесия российской экономики. // Проблемы прогнозирования. 2000. № 2.
25. **Серебряков Г.Р.** Опыт построения динамической межотраслевой равновесной модели российской экономики // Проблемы прогнозирования. 2000. № 2.
26. **Узяков М.Н.** Трансформация российской экономики и возможности экономического роста. М.: Издательство ИСЭПН, 2000. С. 181—196, 219—240.
27. **Карбовский И.Н., Шапот Д.В.** О стимулировании сдерживания цен на локальных рынках // Автоматика и телемеханика. 2010. № 5.
28. **SCANNER:** модельно-информационный комплекс // Ф.В. Веселов, О.А. Елисеева, В.А. Кулагин, В.А. Малахов, Т.А. Митрова, С.П. Филиппов // URL: https://www.eriras.ru/files/skaner_light.pdf. ИНЭИ РАН, Москва, 2011.
29. **Федорова Г.В.** Методы согласования разнородной ретроспективной информации для межотраслевых моделей. Дисс. ... канд. экономических наук. ИСА РАН. Москва, 2003.
30. **Карбовский И.Н.** Автоматизация разработки и эксплуатации расширенных балансовых моделей // Труды Второй международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем». ИПУ РАН, Москва, 2008.

31. **Шапот М.Д., Малахов В.А., Хоршев А.А.** Проблемно-ориентированный язык для описания экономико-математических моделей в рамках расширяемой платформы моделирования // Труды Десятой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2017. М.: ИПУ РАН, 2017. С. 291—294.
32. **Малахов В.А.** Системный анализ влияния тарифно-инвестиционной политики в энергетических естественных монополиях на развитие экономики России. Дисс. ... канд. эконом. наук. ИСА РАН, Москва, 2002.
33. **Макаров А.А., Малахов В.А., Шапот Д.В.** Народнохозяйственные последствия роста цен энергоносителей // ТЭК. 2001. № 2.
34. **Обоснование** основных параметров конкурентного сектора российского рынка газа / / О.А. Елисева, В.А. Малахов, А.А. Макаров, Д.В. Шапот // Газовый бизнес (Журнал Российского газового общества), март-апрель 2006.
35. **Конкурентный** сектор рынка газа; кризис без последствий / О.А. Елисева, В.А. Малахов, А.А. Макаров, Д.В. Шапот // Нефтегазовая вертикаль. № 9—10, 2006.
36. **Дубынина Т.Г., Малахов В.А., Федорова Г.В.** Методика прогнозирования социально-экономического развития субъектов Российской Федерации // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2009. Труды Третьей международной конференции. М.: ИПУ РАН, 2009. С. 93—103.
37. **Предложения** по развитию методики формирования среднесрочного прогноза спроса на электроэнергию с учетом динамики развития экономики страны и регионов России / А.А. Макаров, С.П. Филиппов, Ф.В. Веселов, В.А. Малахов // Энергорынок. Июнь 2013. 05(110). С. 33—39.
38. **Малахов В.А., Дубынина Т.Г.** Сценарий социально-экономического развития регионов страны на период до 2030 года с учетом реализации крупных инвестиционных проектов в субъектах РФ // Проблемы прогнозирования. 2016. № 4. С. 95—108.
39. **Energy Technology Perspectives 2006. Scenarios and Strategies to 2050.** OECD, IEA, 2006.
40. **Bashmakov I.** Resource of energy efficiency in Russia: scale, costs and benefit // Energy Efficiency. 2009. 2:369—86.
41. **Stern N.** (2006): The Stern Review on the Economics of Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
42. **DTI: Options** for a Low Carbon Future: Review of Modeling Activities and an Update. London, 2005.
43. **ERPI: Workshop** on Understanding Cost Estimates of Climate Policy. Washington DC, 2008.
44. **Малахов В.А., Дубынина Т.Г.** Модель макроэкономических последствий ограничения эмиссии парниковых газов // Экономика и математические методы. 2010. Т. 46. № 2.

45. **Малахов В.А.** Оценка возможных макроэкономических последствий ограничений на эмиссию парниковых газов // Проблемы прогнозирования. 2010. № 2 (113).
46. **Malakhov V.** Economic perspectives on low-carbon development in Russia // International Journal of Low-Carbon Technologies. Advanced Access published online on August 18, 2010, DOI: 10.1093/ijlct/ctq033.
47. **Шапот Д.В., Малахов В.А. Федорова Г.В.** Использование понятия потенциала развития при моделировании развития экономики // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD 2008: Труды второй международной конференции. М.: ИПУ РАН, 2008, С. 82—91.
48. **Шапот Д.В., Малахов В.А.** Влияние внешних цен на оценку перспектив развития экономики России // Вопросы экономики. 2012. № 4.
49. **Walras Léon.** Elements of Pure Economics. Irwin, 1954. ISBN 0-678-06028-2.
50. **Steuer R.E.** Multiple Criteria Optimization: Theory, Computations, and Application. New York: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 047188846X.
51. **Sequential** Approximate Multiobjective Optimization Using Computational Intelligence (Vector Optimization). Springer. ISBN 978-3-540-88909-0.
52. **Малахов В.А., Несытых К.В.** Агентно-ориентированный подход к междотраслевому моделированию развития экономики России в среднесрочной перспективе // Труды Девятой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2016». М.: ИПУ РАН. 2016. С. 49—62.
53. **Расина И.В.** Итерационные алгоритмы оптимизации дискретно-непрерывных процессов // Автоматика и телемеханика. 2012. Вып. 10. С. 3—17.
54. **Lygeros J.** Lecture Notes on Hybrid System, Cambridge: Univ. of Cambridge, 2003.
55. **Van der Shaft A.J. and Schumacher H.** An Introduction to Hybrid Dynamical systems. New York: Springer-Verlag, 2000.
56. **Edwards R.E.** Functional analysis. Theory and Applications. Dover Publications Inc. New York. 1995. P. 149—173.
57. **Hausmann R., Klinger B.** The Structure of the Product Space the Evolution of Comparative Advantage // CID Working Paper. № 146. 2007.
58. **Malakhov Vladimir, Nesytykh Kirill, Dubynina Tatiana.** A Multi-Agent Approach for the Intersectoral Modeling of the Russian Economy // 2017 Tenth International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD) // IEEE Conference Publications. October 2017. DOI: 10.1109/MLSD.2017.8109656.

Научное издание

Шапот Дмитрий Владимирович
Малахов Владимир Александрович

**ОПЫТ РАЗВИТИЯ МЕТОДОЛОГИИ
И РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА**

Редактор *Л.Т. Васильева*
Обложка *А.Ю. Землеруб*
Корректор *Г.Ф. Раджабова*
Компьютерная верстка *Л.В. Софейчук*

Подписано в печать с оригинала-макета 28.02.18 Формат 60×90/16
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 11,00

АО «Издательский дом МЭИ», 111024, Москва, ул. 2-я Кабельная, д. 2,
тел/факс: (495) 280-12-46, адрес в Интернете: <http://www.idmei.ru>,
электронная почта: info@idmei.ru