

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
Институт системного анализа

---

Э.И. Позамантир

**ВЫЧИСЛИМОЕ ОБЩЕЕ РАВНОВЕСИЕ  
ЭКОНОМИКИ И ТРАНСПОРТА  
(Транспорт в динамическом  
межотраслевом балансе)**

Москва 2014

**Позамантир Эльмар Ильич**

**Вычислимое общее равновесие экономики и транспорта (Транспорт в динамическом межотраслевом балансе).** – М.: ПОЛИ ПРИНТ СЕРВИС, 2014. – 160 с.

Монография посвящена исследованию динамического взаимодействия от-раслей экономики. Наряду с общими для всех отраслей вопросами более детально исследуются вопросы взаимодействия других отраслей с транспортом, в первую очередь с магистральным железнодорожным и автомобильным, включая автодорожное хозяйство. Инструментом исследования межотраслевых взаимодействий является разработанная математическая модель, относящаяся к классу моделей вычислимого общего равновесия, в нее включены ряд вновь разработанных блоков, описывающих динамику формирования производственных основных фондов, их возрастной структуры, влияние этой структуры на качество выпускаемой продукции, на эффективность экономики, а также ряд других новых блоков. Для более детального исследования взаимодействия отраслей экономики с магистральным железнодорожным и автомобильным видами транспорта разработаны специальные модификации общей модели. Описана компьютерная реализация разработанных математических моделей, характеристики созданного программного комплекса. Приведены результаты экспериментальных расчетов, выполненных с помощью этого комплекса.

Памяти моего учителя  
профессора  
Григория Ильича Черномордика  
посвящаю эту книгу

Редактор – Святлов Б. П.

Верстка – Чарный Л. Б.

Издательство ООО «ПОЛИ ПРИНТ СЕРВИС», 127015, Москва, ул. Бутырская, 86.

Отпечатано в типография Print сервис групп, 105187,

Москва, ул. Борисовская, дом 14

ISBN 978-5-904466-14-5

© Э. И. Позамантир, 2014

© ИСА РАН, 2013



ISBN 978-5-904466-14-5



# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	7
<b>1 Взаимосвязи транспорта и других отраслей народного хозяйства</b> .....	11
<b>2 Народно-хозяйственный экономический эффект модернизации и развития транспорта</b> .....	12
2.1 Железнодорожный транспорт .....	12
2.2 Автомобильные дороги .....	14
<b>3 Инвестиции – основной фактор развития и повышения эффективности экономики</b> .....	15
<b>4 Формирование инвестиций в основной капитал</b> .....	16
<b>5 Источники финансирования инвестиций в транспорт</b> .....	18
5.1 Источники финансирования инвестиций в магистральный железнодорожный транспорт .....	18
5.2 Источники финансирования автодорожного хозяйства .....	21
<b>6 Модель вычислимого общего равновесия (динамического межотраслевого баланса) – инструмент системного анализа проблемы взаимодействия экономики и транспорта</b> .....	23
6.1 Критерий оптимальности .....	23
6.2 Структура системы ограничений .....	24
6.3 Сводка важнейших направлений развития модели межотраслевого баланса, реализованных в разработанной модели .....	27
6.4 Перечень основных результатов, которые могут быть получены с помощью модели .....	29
<b>7 Математическая модель</b> .....	29
7.1 Абстрактное представление модели .....	30
7.2 Конкретизация модели .....	34
7.2.1 Взаимозаменяемость продуктов .....	34
7.2.2 Модель формирования добавленной стоимости и располагаемых доходов .....	36
7.2.3 Модель формирования конечного использования продукции .....	40
7.2.4 Промежуточное потребление .....	48
7.2.5 Транспортные и торговые наценки, налоги .....	57
7.2.6 Импорт и импортозамещение .....	60
7.2.7 Капитальное строительство и ввод в эксплуатацию производственных мощностей .....	61
7.2.8 Динамика фондов, фондоемкость продукции, производственные мощности .....	64
7.2.9 Сводная запись модели .....	69
<b>8 Модель сбалансированного развития науки, инновационных и традиционных производств</b> .....	82
<b>9 Модель, модифицированная для детализированного учета особенностей железнодорожного транспорта</b> .....	89
9.1 Основные направления модификации модели .....	89
9.2 Отражение в межотраслевом балансе процессов функционирования и взаимодействия субъектов хозяйствования, осуществляющих деятельность в сфере магистрального железнодорожного транспорта .....	92
9.2.1 Субъекты хозяйствования .....	92
9.2.2 Деагрегация данных отчетного межотраслевого баланса применительно к составу выделенных субъектов хозяйствования .....	95
9.3 Деагрегация строк, относящихся к железнодорожному транспорту .....	97
9.4 Отражение диверсификации видов перевозок грузов в модели межотраслевого баланса .....	98
9.4.1 Эффекты, получаемые при использовании перевозок повышенного качества .....	98
9.4.2 Методика определения эффектов от использования перевозок повышенного качества .....	98

9.4.3	Особенности механизма экономического взаимодействия участников процесса выполнения перевозок повышенного качества ....	100
<b>9.5</b>	<b>Моделирование влияния возрастной структуры парков локомотивов и грузовых вагонов на параметры модели межотраслевого баланса .....</b>	<b>101</b>
9.5.1	Общая характеристика влияния возрастной структуры парков подвижного состава .....	101
9.5.2	Коэффициенты прямых затрат, зависящие от отказов локомотивов и грузовых вагонов .....	102
9.5.3	Перекрестное влияние отказов локомотивов и грузовых вагонов на их производительность .....	114
<b>9.6</b>	<b>Учет влияния соотношения объемов производственных фондов по видам деятельности железнодорожного транспорта на фондоемкость его продукции .....</b>	<b>115</b>
<b>10</b>	<b>Автомобильный транспорт и автомобильные дороги .....</b>	<b>117</b>
10.1	Общий подход к учету состояния и развития автодорожной сети в модели межотраслевого баланса .....	117
10.2	Преобразование исходного отчетного баланса к требуемому уровню детализации .....	118
10.2.1	Направления преобразования .....	118
10.2.2	Методика преобразования отчетного баланса .....	119
10.3	Параметры, характеризующие техническое состояние автомобильных дорог .....	122
10.3.1	Состав параметров .....	122
10.3.2	Методика расчета параметров .....	124
10.4	Методика расчетов элементов межотраслевого баланса, зависящих от состояния и развития сети автомобильных дорог .....	125
10.4.1	Внутритранспортные эффекты улучшения состояния сети автомобильных дорог .....	125
10.4.2	Внетранспортные эффекты улучшения состояния сети автомобильных дорог .....	130

<b>11</b>	<b>Представление модели в стандартизированном математическом виде и общий подход к ее решению .....</b>	<b>133</b>
11.1	Математическая структура динамической модели и общий подход к ее решению .....	133
11.2	Модель для одного отдельно взятого года .....	134
<b>12</b>	<b>Компьютерная реализация модели .....</b>	<b>138</b>
<b>13</b>	<b>Экспериментальные расчеты .....</b>	<b>141</b>
13.1	Пример расчета эффективности государственных инвестиций в инфраструктуру железнодорожного транспорта .....	142
13.2	Пример расчета влияния уровней финансирования дорожного хозяйства на макроэкономические показатели России .....	144
13.2.1	Содержание расчетов .....	144
13.2.2	Результаты расчетов .....	145
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>147</b>
	<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>150</b>
1	<b>Примерный перечень эффектов, получаемых клиентами при использовании перевозок повышенного качества .....</b>	<b>150</b>
2	<b>Примерный перечень эффектов, получаемых в народном хозяйстве при развитии и улучшении сети автомобильных дорог .....</b>	<b>155</b>
	<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>158</b>
	<b>SUMMARY .....</b>	<b>160</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В книге излагаются результаты выполненного автором исследования вопросов развития и применения модели динамического межотраслевого баланса и ее обобщения – модели вычислимого общего равновесия экономики. Первоначально задача ставилась как исследование взаимодействия транспорта с другими отраслями экономики, однако в ходе исследования было установлено, что для адекватного описания этого взаимодействия классическая модель динамического межотраслевого баланса должна быть существенно развита и дополнена, что и привело к необходимости разработки и использования модели, относящейся к более широкому классу моделей вычислимого общего равновесия экономики.

Исходным пунктом развития рассматриваемой здесь теории является модель межотраслевого баланса, разработанная в 1920-х годах В. Леонтьевым, работавшим в то время в СССР. На протяжении последующих нескольких десятилетий эта модель развивалась сначала преимущественно в СССР, поскольку в то время эта модель рассматривалась как инструмент планирования в административно-командной экономике. Затем, по мере осознания того факта, что уравнения баланса являются экономическим аналогом физических законов сохранения материи и энергии, интерес к модели межотраслевого баланса все в большей мере проявлялся и у экономистов, исследовавших рыночную экономику. Во второй половине 20-го века исследования модели межотраслевого баланса значительно активизировались, важным стимулом для этого было появление электронных вычислительных машин, использование которых позволило, наряду с дальнейшим развитием теории, значительно расширить ее практические приложения. В СССР, в соответствии с потребностями административно-командной системы управления экономикой, главное внимание уделялось развитию натуральных и натурально-стоимостных моделей межотраслевого баланса, значительные усилия прилагались к максимально-возможному расширению и детализации номенклатуры выделяемых в модели видов продукции (Ершов, 1963), (Коссов, 1966), (Бойков В. А., Матюхин С. П., 1981). Экономисты развитых западных стран больше внимания уделяли исследованиям стоимостных моделей небольшой размерности (Input-Output

Analysis – I-O Model), используя их для выявления качественных закономерностей макроэкономического уровня (Леонтьев, 1958), (Moses, 1960), (Almon, 1963), (Berg A., Karam P. and Laxton D., 2006).

Дальнейшие исследования модели межотраслевого баланса привели к значительному ее расширению и обобщению. Кроме потоков продуктов, в модель ввели финансовые потоки, формирующие конечное использование продуктов, в том числе их конечное потребление и использование в валовом накоплении основного капитала. Были введены уравнения, связывающие динамику валового накопления основного капитала с динамикой ввода в эксплуатацию новых производственных основных фондов. Значительное внимание было уделено исследованию и включению в модель факторов, определяющих динамику коэффициентов прямых затрат. Указанные и другие направления развития модели межотраслевого баланса привели к формированию нового класса моделей, получившего название «модель вычислимого общего равновесия (computable general equilibrium – CGE)» (Dixon P. and Parmenter B., 1996), (Berg A., Karam P. and Laxton D., 2006). Весьма интересные и полные обзоры современного состояния теории и практики использования моделей вычислимого общего равновесия приведены в (Макаров В. Л., Бахтизин А. Р. and Сулакшин С. С., 2007), (Dietzenbacher, et al., 2013).

Настоящая книга представляет собой изложение результатов исследований, выполненных автором в 1998-2013 гг.

В разделах 1-6 содержится вербальное описание проблемы взаимосвязей отраслей и места транспорта в их системе. Особое внимание уделено вопросу о влиянии инвестиций в основной капитал на развитие и функционирование экономики, об источниках финансирования инвестиций. Более детально этот вопрос рассматривается применительно к двум видам грузового транспорта – железнодорожному и автомобильному, включая автодорожное хозяйство. По результатам выполненного анализа в разделе 6 приведено обоснование целесообразности использования модели вычислимого общего равновесия для количественного описания процессов взаимодействий и сбалансированного развития отраслей экономики (видов экономической деятельности), в том числе грузового и пассажирского транспорта. В завершение раздела 6 приведен перечень направлений, по которым автором была развита модель динамического межотраслевого балан-

са, что и привело к созданию специальной модификации модели вычислимого общего равновесия, а также приведен перечень результатов, которые могут быть получены при использовании разработанной модели. Некоторые из указанных здесь направлений развития и возможных результатов в разрозненном виде ранее публиковались другими авторами, из числа которых в первую очередь надо отметить работы (Ершов, 2008), (Шугаль, Ершов, 2008), (Узяков, Широ, Янтковский, 2008) (Peter, и др., 2001), (Dejuan, и др., 2013).

В разделе 7 детально описана разработанная математическая модель: целевая функция и система ограничений с подразделением ее на основные блоки – формирование конечного использования продуктов с подразделением его по направлениям (конечное потребление, валовое накопление основного капитала, изменение запасов, экспорт); промежуточное потребление продуктов раздельно по факторам, определяющим его величину – текущие производственные затраты продуктов, пропорциональные объему выпуска продукции, затраты продуктов на содержание и текущий ремонт производственных основных мощностей, а также на их капитальный ремонт; ограничения на возможные объемы выпуска продукции; выделение в составе каждого из направлений использования продуктов той части объема использования, которая удовлетворяется импортными продуктами; требования к рентабельности каждого из видов экономической деятельности; требование неотрицательности торгового баланса страны.

Большое внимание уделено моделированию динамики коэффициентов прямых затрат, определяющих ту часть промежуточного потребления, которая пропорциональна объемам выпусков. При этом, в отличие от большинства исследований, в которых прогноз коэффициентов прямых затрат основывается на эконометрических моделях, использующих только общеэкономическую статистику, (Ершов, 2008), в книге предпринята попытка (к сожалению, не доведенная до надежно проверенных численных результатов) смоделировать динамику коэффициентов прямых затрат в зависимости от технического уровня и возрастной структуры производственных мощностей, функционирующих в каждом отдельном году прогнозного периода в соответствующих видах экономической деятельности. Зависимость структуры и уровней удельных производственных затрат от технических характеристик функциониру-

ющих производственных мощностей предполагается определять по данным, которые в принципе могут быть получены на уровне отраслей и отдельных крупнейших предприятий. Такой подход примыкает к направлению, названному Л. М. Дудкиным «итерационным агрегированием» (Бахметьев М. М., Вахутинский А. А., Дудкин Л. М., 1979), (Лившиц В. Н., Позамантир Э. И., 1979). Автор считает, что формирование системы математических моделей, в которой модель вычислимого общего равновесия экономики образует верхний интегрирующий уровень, связанный прямыми и обратными итеративными связями с множеством моделей более низких уровней, может со временем стать одним из весьма продуктивных подходов к моделированию экономики. На вербальном уровне одна из реализаций подобного подхода описана в работе автора (Позамантир, 1989).

В разделе 8 рассмотрена математическая модель вычислимого общего равновесия, в которую, в качестве одного из ее блоков, включена система уравнений, описывающих взаимосвязи фундаментальной науки, прикладной науки и процессов создания производственных мощностей по выпуску инновационной продукции. В составе этого блока используются впервые введенные автором понятия «фонд фундаментальных научных знаний» и «фонд инновационных технологий», моделируются процессы создания и использования этих фондов, их функции в процессах создания инновационных производственных мощностей (Позамантир Э. И., Тищенко Т. И., 2011). Материал этого раздела имеет постановочный характер.

В разделах 9 и 10 подробно описаны те модификации, которые внесены в общую модель (раздел 7) для адекватного отображения специфики взаимодействия, соответственно, железнодорожного и автомобильного (включая автодорожное хозяйство) видов транспорта с отраслями экономики (видами экономической деятельности).

Основная специфика моделирования железнодорожного транспорта заключается в подразделении его на следующие подвиды экономической деятельности: услуги отраслевой инфраструктуры, обеспечивающие формирование и передвижение поездов; услуги локомотивной тяги поездов; услуги по предоставлению грузовых вагонов, готовых к подаче их под погрузку в требуемых пунктах железнодорожной сети; собственно перевозочная деятельность по организации грузовых перевозок; выполнение пассажирских дальних и пассажирских пригородных перевозок. Собственно перевозочные

услуги подразделены на три категории их качества, различающиеся параметрами, запрашиваемыми предьявителями грузов (перевозки на общих основаниях, перевозки с гарантией ритмичного их поступления к получателю, перевозки по жесткому расписанию, перевозки с повышенной скоростью доставки грузов). Моделируется повышенная экономическая ответственность перевозчиков за соблюдение параметров перевозок в соответствии с категорией их качества с выплатой неустоек в случаях фактического невыполнения обязательств по параметрам конкретной перевозки. Моделируется влияние возрастной структуры парков локомотивов и грузовых вагонов на частоту их технических отказов, приводящих к нарушению обязательств по параметрам перевозок. Неустойки, выплаченные перевозчиками, взимаются ими с владельцев локомотивов и грузовых вагонов, технические отказы которых привели к несоблюдению требований, предьявляемых к параметрам грузовых перевозок в соответствии с обязательствами по их качеству.

При моделировании взаимодействия автомобильного транспорта и автомобильного хозяйства между собой и с другими отраслями экономики учитывается влияние технико-эксплуатационного состояния автомобильных дорог на скорость движения автомобилей, на затраты по их эксплуатации и ремонту, на производительность автомобилей. Дополнительную специфику вносит в модель тот факт, что численно преобладающая часть парка грузовых автомобилей не входит в состав чистой отрасли «автомобильный транспорт», а эксплуатируется в других отраслях экономики, будучи непосредственно включенной там в технологические процессы производства продукции. Затраты на эксплуатацию и ремонт таких автомобилей учитываются в составе производственных затрат использующих их отраслей и никак не выделяются в учете. Однако эти затраты зависят от технико-эксплуатационного состояния автомобильных дорог, что специальным образом учитывается в разработанной модели.

В разделе 11 приведены запись разработанной модели в стандартизированном математическом виде, анализ математической структуры модели. Показано, что разработанная модель относится к классу «общая задача нелинейного программирования с нелинейной целевой функцией и нелинейными ограничениями типов равенств и неравенств» (Поляк, 1983), (Карманов, 1986). Выявлена специфика

системы ограничений модели, предложены подходы к построению эффективного алгоритма поиска экстремума целевой функции.

В разделе 12 кратко описывается разработанный программный комплекс, осуществляющий компьютерную реализацию модели. Основная часть комплекса написана в системе программирования «MATLAB», интерфейс, используемый при формировании исходных данных, а также при пост-модельном анализе результатов расчетов, реализован в EXCEL с использованием встроенных инструментов передачи данных между MATLAB и EXCEL.

В разделе 13 кратко излагаются результаты двух (из большого числа фактически выполненных) экспериментальных расчетов. В первом рассмотрена эффективность привлечения государственных инвестиций в развитие инфраструктуры железнодорожного транспорта, во втором – влияние уровней финансирования автомобильного хозяйства на эффективность работы автомобильного транспорта и на макроэкономические показатели России.

----- ◇ -----

Считаю своим приятным долгом отметить, что одним из важных факторов, способствовавших успеху моей работы, является творческая, дружеская атмосфера в руководимой В.Н. Лившицем лаборатории Института системного анализа Российской академии наук, в которой работаю уже 20 лет. Не могу не вспомнить добрым словом Институт комплексных транспортных проблем при Госплане СССР, где автор проработал более 30 лет, сформировался как ученый, сделал свои первые шаги по исследованию проблем взаимодействия транспорта с народным хозяйством страны. Работа в Институте проблем естественных монополий позволяет мне поддерживать связь с актуальными проблемами деятельности российского железнодорожного транспорта.

Весьма полезными были многочисленные научные обсуждения и дискуссии с В.Н. Лившицем, А. Л. Браславским (ныне покойным), Е.С. Левитиным, Р.И. Нудельманом, В. Д. Левым, а также с участниками систематически проводившихся конференций «Системный анализ и информационные технологии» (Институт системного анализа РАН), «Школа-семинар «Системное моделирование социально-экономических процессов» (Воронежский государственный

университет), открытый семинар ИСА РАН «Эффективность инвестиционных проектов». Б.М. Лapidус, Д.А. Мачерет, М.И. Ковальская, С.А. Беляков проявили интерес к возможностям практического использования разработанной модели, привлекали Институт системного анализа к работам по использованию и развитию модели для решения вопросов функционирования железнодорожного транспорта и автомобильного хозяйства.

Большую помощь в проведении исследований на протяжении всей многолетней работы, итогом которой стала настоящая книга, мне оказывала Т.И. Тищенко. Существенную поддержку при освоении наиболее сложных вопросов программирования в системе «MATLAB» оказал А.А. Багров, по созданию условий и освоению технологии программирования параллельных вычислений – А. Ю. Попков. Всем коллегам выражаю свою глубокую признательность.

## **1 Взаимосвязи транспорта и других отраслей народного хозяйства**

Системный анализ взаимосвязей транспорта и других отраслей народного хозяйства выполнен с целью выявления связей по поставкам продукции и встречным им финансовым потокам между секторами национальной экономики, объемами потребления ими услуг различных видов транспорта, объемами потребления транспортом различных видов продукции. Одновременно анализируется взаимное влияние цен товаров, услуг и транспортных тарифов. При этом учитывается, что грузовые транспортные тарифы определяют величину транспортных наценок, входящих в цены покупателей товаров, а эти цены влияют на величину спроса на все товары и услуги. Учитывается также влияние налогов на подразделение полной добавленной стоимости<sup>1</sup> на части, поступающие в распоряжение основных институциональных единиц экономики – наемных работников, корпораций и государства.

Учет взаимосвязей межсекторных потоков продукции и финансовых ресурсов позволяет прогнозировать их динамику с учетом ожидаемого изменения макроэкономических факторов, спроса на товары и услуги, в том числе на услуги каждого из видов транспорта, требований к их производственным мощностям, потребностей в инвестициях и возможностей их финансирования. Возможности финансирования инвестиций в значительной мере определяются прогнозируемыми финансовыми результатами деятельности отраслей (видов экономической деятельности), в том числе видов транспорта, то есть балансами их доходов и расходов.

Производственные расходы предприятий (производящих как товары, так и услуги, в том числе транспортные) зависят от уровней грузовых транспортных тарифов через цены приобретения необходимых для производства материальных ресурсов, включающие

---

<sup>1</sup> Термином «полная добавленная стоимость» будем обозначать здесь и далее разность между доходом от реализации продукции и суммой затрат на все использованные в производстве продукты (товары и услуги, включая транспортные и торговые), при этом доходы и затраты исчисляются в так называемых «основных» ценах. В соответствии с действующим в России законодательством «основные» цены в большинстве случаев близки к ценам производителей. Полная добавленная стоимость отличается от традиционной тем, что вычитаемые из дохода затраты исчисляются в «основных», а не в рыночных ценах. Полная добавленная стоимость равна традиционной плюс налоги на использованные продукты.

затраты на оплату доставки приобретаемых товаров. Кроме того, цены приобретения продуктов, входящих в состав конечного потребления, определяют стоимость «потребительской корзины», а через нее – уровень жизни работников и их зарплату – рыночную цену рабочей силы. Последняя, в свою очередь, входит в издержки производства производителей всех видов продукции – товаров и услуг.

Доходы предприятий, производящих товары, зависят от грузовых транспортных тарифов косвенно – оплата перевозок входит в наценку обращения производимых товаров и, следовательно, в цены их приобретения покупателями (совместно с торговой наценкой и налогами на продукты), а эти цены влияют на объемы спроса на товары и объемы их реализации.

Доходы грузового транспорта определяются производением тарифов на объемы перевозок, определяемые спросом на перевозимые товары, который, в свою очередь, зависит от цен приобретения, включающих транспортные наценки. Доходы пассажирского транспорта определяются пассажирскими тарифами и объемами работы по перевозке пассажиров (количеством перевезенных пассажиров, а на внегородских видах транспорта – и дальностью их поездок). В свою очередь количество и дальность поездок в большинстве случаев существенно зависят от уровней пассажирских тарифов и от уровней доходов населения, формируемых его участием в экономической деятельности.

Таким образом, уровни грузовых транспортных тарифов и цен на все виды продукции, а также объемы реализации продукции и ее перевозок, финансовые результаты деятельности производителей и перевозчиков всех видов продукции связаны между собой сложной системой прямых и обратных связей, которые необходимо учитывать при прогнозировании развития экономики в целом и ее отраслей (видов деятельности).

Инвестиции в основной капитал (капиталовложения) транспорта осуществляются для увеличения объемов сбыта и/или повышения качества услуг, предоставляемых транспортными предприятиями, для снижения себестоимости производства этих услуг.

В тех секторах рынка транспортных услуг, где условия их реализации и приобретения достаточно близки к теоретической модели рынка совершенной конкуренции, каждое транспортное предприятие самостоятельно решает вопрос о времени, объеме, направле-

ниях и источниках финансирования инвестиций в свой основной капитал. Как правило, основным критерием при выборе способов решения указанных вопросов является максимизация суммарной за достаточно длительный предстоящий период дисконтированной прибыли с учетом всех рисков. По отношению к транспортным предприятиям, действующим в таких условиях, государство может ограничиться надзором за соблюдением норм законодательства, анализом влияния этих норм на эффективность экономики и совершенствованием законодательства. Для повышения эффективности деятельности предприятий, действующих в условиях рынка совершенной конкуренции, важную роль могла бы иметь разработка и публикация органами государственной власти среднесрочных макроэкономических прогнозов. Данные таких прогнозов (в меру доверия к ним) учитывались бы предприятиями при подготовке своих инвестиционных решений.

В секторах рынка транспортных услуг, где отношения поставщиков услуг с их потребителями характеризуются дуополией, олигополией или монополией (хотя бы одной из сторон – поставщиков или потребителей) государство, кроме указанных выше функций, должно в той или иной форме регулировать тарифы на транспортные услуги, а по отношению к особо крупным транспортным предприятиям, оказывающим существенное влияние на экономику страны в целом, регулировать, вплоть до обязательного согласования, также их инвестиционные программы. В ряде случаев государство может и должно прямо участвовать в финансировании инвестиционных программ таких транспортных предприятий.

В настоящей работе внимание сосредоточено на исследовании инвестиционных процессов и процессов тарифообразования в первую очередь на двух видах транспорта – магистральном железнодорожном и автомобильном (включая автодорожное хозяйство). При этом в состав магистрального железнодорожного транспорта включены ОАО «РЖД», его дочерние и зависимые общества, а также железнодорожные предприятия общего и необщего пользования, созданные промышленными компаниями и независимыми перевозчиками (кроме внутреннего транспорта предприятий).

В составе автомобильного транспорта рассматриваются грузовой и пассажирский (автобусный, кроме таксомоторного) автомобильный транспорт общего и необщего пользования, а при

исследовании взаимодействия автомобильного транспорта с автомобильно-дорожным хозяйством – также и так называемые «технологические» автомобили<sup>2</sup>. Остальные виды транспорта рассмотрены лишь как объекты инвестиций и поставщики транспортных услуг, стоимость которых формирует транспортные наценки к ценам товаров (грузовые перевозки) или непосредственно используются потребителями (пассажирские перевозки). Особняком стоит вопрос о поездках населения по личным надобностям на личных автомобилях. В настоящей работе учитывается лишь, что расходы на приобретение импортных и новых отечественных автомобилей, моторного топлива и других материалов, используемых при эксплуатации личных автомобилей, осуществляются в рамках располагаемых доходов населения, а внегородской пробег этих автомобилей создает весьма значительную (или преобладающую) часть нагрузки на внегородские автомобильные дороги.

## 2 Народно-хозяйственный экономический эффект модернизации и развития транспорта

### 2.1 Железнодорожный транспорт

Влияние железнодорожного транспорта на темпы роста и эффективность экономики определяется полнотой удовлетворения спроса на его услуги по их видам, объему, качеству, а также ценами (тарифами) услуг. При этом по виду показателя, характеризующего качество требуемой клиентом транспортной услуги, можно выделить следующие категории грузовых железнодорожных перевозок (Комаров и др., 1988):

- 1) перевозки грузов на обычных условиях.
- 2) «Массовые ритмичные» (с выделением, в том числе, направлений особо крупных и важных перевозок отдельно внутри России и на экспорт). Для таких перевозок качество характеризуется стабильностью средней интенсивности прибытия

<sup>2</sup> Термин «технологический автомобиль» обозначает такие автомобили, которые используются непосредственно в технологическом процессе производства некоторой продукции. Затраты на эксплуатацию таких автомобилей учитываются не как приобретение услуг отрасли «автомобильный транспорт», а отдельно по элементам (топливо, материалы, оплата труда) включаются в затраты на производство продукции.

грузов к потребителю, причем усреднение производится за относительно малые интервалы времени – неделя, сутки, а, иногда, даже часть суток (12-ти или 6-ти часовые периоды).

- 3) «По заранее фиксированным моментам предъявления с доставкой точно в срок», или, иначе, «по жесткому графику» (с выделением, в том числе, направлений особо крупных и важных перевозок). Показатель качества – средняя величина отклонения фактических моментов прибытия партий груза к получателю от заранее согласованных. Уменьшение среднего отклонения означает повышение качества.
- 4) «По удовлетворению предъявляемых с минимальной заблаговременностью заявок и с максимальной скоростью доставки». Показатель качества – средняя скорость доставки груза, исчисляемая за время от подачи заявки на перевозку до прибытия груза к получателю. При этом право клиента подать заявку в произвольный момент времени никак не регламентируется, или регламентируется в минимальной, заранее оговоренной степени.

Как правило, различные категории качества перевозок требуются для различных грузов, при этом для большинства видов грузов часть спроса предъявляется на перевозки с повышенным качеством, а остальная часть спроса предъявляется на перевозки с обычным качеством.

Уменьшение величины отношения цена/качество услуг железнодорожного транспорта позволяет, как правило, сократить удельные материальные затраты предприятий-клиентов на производство их продукции и почти всегда позволяет снизить фондоемкость их продукции – как за счет снижения удельной величины необходимого объема оборотных средств, так и за счет интенсификации использования производственных основных фондов. Примерный перечень видов эффектов, получаемых клиентами грузового железнодорожного транспорта при использовании перевозок повышенного качества, приведен в приложении 1.

В ряду мер, направленных на приближение величины отношения цена/качество услуг железнодорожного транспорта к уровню, позволяющему максимизировать его прибыль и одновременно способствующему созданию условий для эффективного роста экономи-

ки страны, важную роль играет создание и рациональное размещение резервов парков подвижного состава и пропускной способности инфраструктуры, а также совершенствование возрастной структуры основных фондов железнодорожного транспорта.

В настоящее время возрастная структура основных фондов ОАО «РЖД» (за исключением парка грузовых вагонов) далека от оптимальной – существенно завышена доля фондов, имеющих предельно-допустимый и даже больший возраст, и, соответственно, занижена доля фондов, имеющих возраст не более 5 лет. Частично это относится и к той части парка специализированных грузовых вагонов (в первую очередь, фитинговых платформ для перевозки большегрузных контейнеров и изо-термического подвижного состава), которые остались в собственности дочерних по отношению к ОАО «РЖД» компаний – «Трансконтейнер» и «Рефсервис».

К тому же и относительно «молодые» фонды ОАО «РЖД» в большинстве своем (кроме, может быть, устройств электрической связи и информатики) созданы по морально устаревшим проектам. Естественно, что устаревшие (физически и морально) основные фонды затрудняют оказание услуг повышенного качества, поэтому обновление фондов, увеличение в их структуре доли младших возрастов является основным средством снижения величины отношения цена/качество услуг ОАО «РЖД».

Парк универсальных грузовых вагонов, а также некоторых видов специализированных грузовых вагонов (окатышевозы, химовозы и некоторые другие) в результате проведенных структурных реформ в настоящее время не принадлежит ОАО «РЖД» и, естественно, не учитывается в составе его основных фондов. Частные собственники вложили в течение 2003...2012 г.г. большие средства в приобретение новых грузовых вагонов, так что возрастная структура принадлежащего им парка грузовых вагонов в настоящее время вполне удовлетворительная. Однако нескоординированное управление работой парков грузовых вагонов, принадлежащих различным собственникам, привело к резкому ухудшению их использования, снижению их производительности, что существенно снизило положительный эффект от совершенствования возрастной структуры парка универсальных грузовых вагонов. Таким образом, некоторое повышение

качества транспортного обслуживания предприятий вагонами, принадлежащими их собственникам, достигнуто ценой чрезмерных затрат на приобретение вагонов и созданием существенных затруднений в работе инфраструктуры.

Коренными причинами выбора столь неэффективного способа повышения качества транспортного обслуживания предприятий являются:

- наивная вера высшего руководства экономикой страны в догмат якобы априорного преимущества частной собственности по сравнению с государственной во всех без исключения сферах экономики, в том числе в магистральном железнодорожном транспорте;
- недостаточная активность со стороны ОАО «РЖД» в решении важнейшей задачи повышения качества услуг магистрального железнодорожного транспорта, предоставляемых клиентуре;
- нерешенность вопроса об источниках финансирования инвестиций в приобретение грузовых вагонов в собственность ОАО «РЖД».

## 2.2 Автомобильные дороги

Народнохозяйственный экономический эффект модернизации и развития автомобильных дорог непосредственно определяется влиянием достигаемого совершенствования сети автомобильных дорог на удельные затраты автомобильного транспорта и на спрос на выполняемые им перевозки. Учитываются также внутранспортные эффекты, порождаемые увеличением скорости движения автомобилей, повышением надежности круглогодичного сообщения по местной сети дорог.

Уменьшение удельных (на единицу объема перевозочной работы) затрат автомобильного транспорта создает потенциальную возможность снижения его перевозочных тарифов. Грузовые тарифы влияют на стоимость приобретения товаров, используемых в производстве товаров и услуг, а также в конечном потреблении. Снижение грузовых автотранспортных тарифов ведет к снижению себестоимости производства товаров и услуг, что, при прочих равных условиях, позволяет либо непосредственно увеличить добавленную стоимость, создаваемую в отраслях, а,

следовательно, и ВВП страны в целом, либо способствует снижению цен производителей, что приводит к увеличению спроса на произведенные товары и услуги, а через это – опять-таки к росту ВВП, исчисленного в сопоставимых ценах. Снижение транспортной наценки на произведенные товары ведет к дополнительному (сверх снижения цен производителей) снижению цен приобретения товаров (цен покупателей), что еще более увеличивает спрос на них и величину ВВП страны.

Не меньшее, а, возможно, и большее значение, чем снижение грузовых транспортных тарифов, может иметь повышение скорости доставки грузов и их сохранности в процессе транспортировки. Технично-эксплуатационное состояние автомобильных дорог оказывает непосредственное и весьма существенное влияние на оба эти параметра перевозочного процесса.

Повышение скорости движения грузовых автомобилей позволяет каждому покупателю расширить зону, в которой расположены доступные ему поставщики, что усилит конкуренцию между последними. В российских условиях, где доля торгово-посреднической наценки чрезвычайно завышена, усиление конкуренции приведет, в первую очередь, к снижению этой наценки, а, следовательно, и к снижению цен покупателей без существенного снижения цен производителей. Тем самым, условия хозяйствования покупателей будут улучшены без ухудшения условий хозяйствования производителей. В первую очередь это относится к продукции, имеющей высокую степень готовности – к продукции машиностроения и металлообработки, легкой и пищевой промышленности.

Эффект от развития и улучшения сети территориальных дорог включает, кроме повышения скорости движения автомобилей, резкое снижение (вплоть до практической ликвидации) потерь продукции сельскохозяйственного производства, вызываемых как несвоевременным вывозом ее с полевых и первичных производственных складов, так и ее распылением, рассыпанием и потерей потребительских качеств во время ее перевозок по неблагоустроенным дорогам. Улучшение качества территориальных дорог приводит также к снижению потерь минеральных и химических удобрений, используемых в сельском хозяйстве России. При фиксированном объеме затрат на их приобретение

снижение потерь приводит к увеличению количества удобрений, реально вносимых в почву, и, соответственно, к росту урожайности сельскохозяйственных культур. В свою очередь, повышение урожайности приводит к снижению себестоимости производимой сельскохозяйственной продукции.

Изложенные выше соображения определяют в совокупности влияние развития и улучшения сети автомобильных дорог на показатели удельных затрат продуктов, используемых в производстве, в расчете на единицу объема выпуска продукции.

К определению эффекта, порождаемого повышением скорости движения легковых автомобилей, используемых в личных (непроизводственных) целях, известно несколько различных методических подходов – на основе оценки дополнительного свободного времени, повышения производительности труда вследствие сокращения времени пребывания в пути следования и, соответственно, снижения «транспортной усталости» и др. Исследование этих эффектов должно быть объектом специальных исследований. В качестве паллиатива принято следующее решение: при фиксированном объеме затрат домашних хозяйств на эксплуатацию и ремонт личных легковых автомобилей улучшение технико-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог приводит к увеличению полезности этих затрат, но непосредственно на величину ВВП не влияет.

### **3 Инвестиции – основной фактор развития и повышения эффективности экономики**

Выше кратко охарактеризованы эффекты, возникающие при развитии производственных мощностей отраслей экономики, и, в частности, транспорта. Инвестиции в основной капитал определяют динамику объемов, возрастной структуры и технического уровня производственных мощностей.

Термином «производственная мощность» будем обозначать максимально-возможный при нормальном режиме работы объем выпуска продукции. При рассмотрении экономики страны как совокупности ограниченного числа (от нескольких десятков до одной-пяти сотен) крупноагрегированных отраслей (видов

экономической деятельности) объемы выпуска в сопоставимом для разных отраслей виде реально возможно исчислять только в стоимостном выражении. При изучении динамики производственных мощностей и объемов выпусков сопоставимость данных, относящихся к различным значительным периодам времени (месяцам, кварталам, годам), достигается при исчислении этих показателей в неизменных (базовых) ценах. Выбор периода, принимаемого в качестве базового, определяется целями исследования и составом доступной информации.

Изменение во времени величины производственной мощности, исчисленной в базовой цене, определяется совместным влиянием двух параллельно протекающих процессов: вводов в эксплуатацию новых мощностей и выводом из эксплуатации устаревших (физически и/или морально) ранее созданных мощностей. Кроме того, одновременное изменение производственных мощностей двух и более отраслей может происходить в результате частичного перепрофилирования предприятий по видам выпускаемой продукции (Романов, 2010, 2011).

Ввод в эксплуатацию новых производственных мощностей определяется завершением процесса их сооружения, включая монтаж оборудования. Строительство новых объектов продолжается, обычно, несколько лет. На протяжении периода строительства выполняются строительные-монтажные работы (СМР), а в последнем (иногда и в предпоследнем) году строительства оплачивается также приобретение и монтаж оборудования, входящего в смету стройки. Нормативное распределение затрат на СМР и на оборудование по годам (кварталам) определяется, обычно, так называемым «проектом организации строительства» (ПОС). Однако реально вследствие недостатка финансирования, возникающего иногда из-за непредвиденных обстоятельств, в начальном периоде строительства финансирование осуществляется не в полном объеме. Тогда на завершающей стадии строительства приходится форсировать выполнение работ и их финансирование. В худшем случае приходится сдвигать момент завершения строительства и ввода в эксплуатацию на более поздний, чем предусмотренный планом строительства, срок. Отклонение темпов строительства от нормативных (если оно возникает) порождается

чаще всего тем, что одновременно в процессе строительства находится множество объектов, начатых в разные сроки и находящихся на разных стадиях строительства, и суммарную потребность в финансировании всех их в текущем году не всегда удается заранее согласовать с общим объемом инвестиционного фонда этого года. Задача обеспечения строек финансированием осложняется еще и тем, что в каждом году, даже при недостатке общего объема инвестиционного фонда, приходится начинать новое строительство объектов, подлежащих сдаче в эксплуатацию через несколько лет, когда, согласно прогнозу, ожидается острая необходимость в их использовании.

Создание новых производственных мощностей осуществляется не только постройкой новых объектов, но и модернизацией существующих предприятий (Романов, 2010, 2011). В этом случае удельные затраты на создание единицы производственной мощности сокращаются по сравнению с новым строительством, в общей стоимости увеличивается доля затрат на приобретение оборудования и, соответственно, снижается доля затрат на оплату СМР, сокращается продолжительность периода выполнения работ по созданию новых производственных мощностей.

Наряду с понятием «производственная мощность» широко используется тесно связанные с ним понятия «производственные основные фонды» и «основной капитал». В каждый данный момент производственные основные фонды имеют сформировавшуюся к этому моменту возрастную структуру. Инвестиции в основной капитал (в производственные основные фонды) определяют ввод в эксплуатацию новых производственных фондов, при этом суммарный объем фондов, относящихся к младшим возрастным группам, увеличивается. При этом, как правило, увеличивается общий объем производственных основных фондов и доля младшей возрастной группы в общем объеме.

Увеличение объема производственных основных фондов создает предпосылки для увеличения выпуска продукции и объема создаваемой добавленной стоимости. При этом увеличение выпуска даже традиционной продукции (в современных условиях России – чаще всего, сырьевой или продукции первого передела), если она пользуется спросом на внешнем рынке, может способствовать росту объема экспорта.

Увеличение доли младшей возрастной группы производственных основных фондов может приводить к какому-либо одному из указанных ниже эффектов или одновременно к нескольким из них:

- a) Увеличение доли продукции повышенного качества в общем объеме ее выпуска. Такая продукция, как правило, может быть реализована по несколько повышенным ценам, при этом увеличивается доля добавленной стоимости в доходе от реализации продукции. Увеличение доли добавленной стоимости в доходах от реализации продукции является важнейшим фактором роста экономики страны.
- b) Продукция повышенного качества может оказаться конкурентоспособной в новых для России секторах мирового рынка, это создает предпосылки для ее экспорта и для использования ее в качестве импортозамещающей. В обоих этих случаях происходит рост чистого экспорта (величины сальдо торгового баланса страны). Чистый экспорт является дополнительным (к увеличению доли добавленной стоимости в доходах от реализации) фактором роста экономики, а неотрицательность торгового сальдо – важнейшее условие экономической безопасности и самостоятельности страны в долгосрочной перспективе.
- c) Увеличение выработки продукции в расчете на одного работника;
- d) В производстве электроэнергии, добыче полезных ископаемых, в трубопроводном транспорте выпускаемая продукция является в преобладающей мере однородной по качеству или же ее качество слабо связано с возрастной структурой используемых производственных фондов. Для этих отраслей (видов производств) решающее значение имеют эффекты, связанные с увеличением добавленной стоимости.

Использование более молодых производственных фондов при производстве нерыночных услуг здравоохранения, образовании, культуре, как правило, резко повышает потребительские качества этих услуг, однако в силу нерыночного их характера повышение их качества при принятой методологии их учета не находит адекватного отражения в оценке выпуска этих отраслей и создаваемой ими добавленной стоимости. То же относится и к услугам коммунального

хозяйства, городского и пригородного пассажирского транспорта. В таких случаях повышается значение более адекватных, чем добавленная стоимость, показателей народно-хозяйственной эффективности инвестиций – например, рассматриваемого далее показателя полезности конечного потребления.

#### 4 Формирование инвестиций в основной капитал

Инвестиции в основной капитал экономики России на современном этапе ее развития формируются из следующих источников:

- Валовая добавленная стоимость, созданная в экономике страны в рассматриваемом периоде;
- Различного рода фонды, созданные за счет сбережения части валовой добавленной стоимости, созданной в России в предыдущих периодах;
- Иностранские инвестиции.

Использованное здесь понятие валовой добавленной стоимости несколько модифицировано по сравнению с традиционно принятым путем включения в ее состав налогов на продукты, использованные в производстве. Таким образом, здесь и далее полагается, что валовая добавленная стоимость представляет собой разность исчисленных в так называемых «основных ценах»<sup>3</sup> величин стоимости выпущенной продукции и материальных затрат на ее производство. При этом в состав материальных затрат включается стоимость использованных в производстве товаров и услуг с учетом транспортных и торгово-посреднических наценок на их стоимость, но без учета налогов на стоимость этих продуктов. Иными словами, используемое нами понятие «добавленная стоимость» отличается от традиционного включением в ее состав налогов на использованные в производстве продукты. Определенное так понятие можно было бы назвать «полной валовой добавленной стоимостью», но для краткости слово «полная»

<sup>3</sup> С учетом действующего в настоящее время в России законодательства «основные цены» в большинстве случаев близки к ценам производителей.

здесь и далее опущено, однако везде, за исключением специально оговоренных случаев, подразумевается<sup>4</sup>.

Таким образом, при исчислении объема выпуска продукции и затрат на ее производство в неизменных ценах, факторами роста объема внутренних (то есть, кроме иностранных) инвестиций могут являться:

- Рост объема выпуска продукции;
- Увеличение доли добавленной стоимости в стоимости выпуска продукции (сокращение удельных материальных затрат на единицу объема выпуска продукции);
- Увеличение той доли общего объема добавленной стоимости, которая направляется на финансирование внутренних инвестиций.

Возможность увеличения объема выпуска может ограничиваться одним или одновременно несколькими из следующих факторов:

- Величиной спроса (внутреннего и внешнего) на соответствующую продукцию;
- Величиной наличных производственных мощностей по выпуску этой продукции;
- Дефицитом некоторых продуктов (товаров, услуг), используемых в производстве рассматриваемой продукции<sup>5</sup>.

Объем инвестиций находится в прямых динамических связях с указанными здесь факторами, ограничивающими возможные объемы выпуска продукции. Увеличение объема инвестиций увеличивает спрос на инвестиционные продукты, в первую очередь – на продукцию строительства и машиностроения, а от них через цепочки межотраслевых связей – и на многие другие про-

<sup>4</sup> Во избежание недоразумений отметим, что как в традиционную, так и в полную валовую добавленную стоимость входит, в том числе, и потребление основного капитала, которое можно принять равным величине амортизационных отчислений.

<sup>5</sup> Ограничение объема выпуска дефицитом используемых в его производстве продуктов во многих случаях может быть преодолено путем импорта недостающей продукции, однако это возможно не всегда. Во-первых, не-которые из требуемых дефицитных продуктов могут оказаться принципиально не импортируемыми (например, услуги инфраструктуры железнодорожного транспорта), во-вторых, импорт может оказаться экономически нецелесообразным, в-третьих, суммарный объем импорта всех продуктов может оказаться ограниченным требованием неотрицательности сальдо торгового баланса России.

дукты. Кроме того, увеличение инвестиций приводит к увеличению производственных мощностей (со сдвигом по времени на продолжительность строительства), а это создает предпосылки для увеличения объема производства. Если эти предпосылки будут реализованы, то увеличится объем производства, возрастет объем созданной при этом добавленной стоимости, что послужит источником для дальнейшего увеличения объема инвестиций в последующих периодах времени. Кроме того, увеличение объема производства продуктов, связанных межотраслевыми цепочками, может снять дефицитность некоторых из них, но может, вообще говоря, породить и новые дефициты.

Инвестиции создают новые производственные мощности, имеющие, как правило, более высокие технико-экономические характеристики. Их использование позволяет реализовать технологии, обеспечивающие более высокую долю добавленной стоимости в стоимости выпускаемой продукции. Увеличение объема добавленной стоимости может служить источником дальнейшего увеличения объемов инвестиций.

Остановимся, наконец, на вопросе о влиянии величины доли общего объема добавленной стоимости, направляемой (доли) на финансирование инвестиций. Общая величина добавленной стоимости в результате процессов ее распределения и перераспределения распадается на располагаемые доходы трех основных институциональных единиц, участвующих в экономической деятельности – наемных работников, корпораций и государства. Каждая из этих единиц, руководствуясь своими интересами и возможностями, принимает решение о распределении своего дохода по направлениям его использования. В качестве основных можно выделить следующие направления: конечное потребление, финансирование государственных расходов на предоставление бесплатных услуг домашним хозяйствам, инвестиции, сбережения, вывод за пределы российской экономики. Сбережения, в свою очередь, посредством использования тех или иных инструментов в большей своей части направляются на инвестиции в основной и оборотный капитал.

Наемные работники используют свой располагаемый доход на конечное потребление (в условиях современной России на эти цели используется большая, а то и преобладающая часть дохода наемных

работников) и на финансирование инвестиций – непосредственно в результате приобретения акций корпораций и паев инвестиционных фондов, а также через посредство банков и других институтов финансовой системы путем вложения средств в депозиты, в пенсионные фонды и т.п.

Корпорации используют поступающую в их распоряжение часть добавленной стоимости на конечное потребление (расходы на эти цели, обеспечиваемые полученными дивидендами) и на финансирование инвестиций в основной и оборотный капитал. Кроме того, в современных условиях России значительная часть принадлежащей корпорациям добавленной стоимости выводится ими за пределы российской экономики.

Та часть добавленной стоимости, которая поступает в распоряжение государства в виде налоговых и неналоговых доходов консолидированного бюджета, направляется на конечное потребление в виде трансфертов домашним хозяйствам, на оплату услуг, предоставляемых домашним хозяйствам бесплатно<sup>6</sup>, и на инвестиции в государственные предприятия и учреждения.

## 5 Источники финансирования инвестиций в транспорт

### 5.1 Источники финансирования инвестиций в магистральный железнодорожный транспорт

Инфраструктура и локомотивный парк магистрального железнодорожного транспорта общего пользования в настоящее время сосредоточены в открытом акционерном обществе «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»), 100% акций которого пока что принадлежат Российской Федерации. Небольшая часть парка грузовых вагонов принадлежит Федеральной грузовой компании, являющейся дочерним обществом холдинга ОАО «РЖД», некоторые виды специализированных грузовых ва-

<sup>6</sup> В соответствии с методологией, принятой в системе национального счетоводства, в состав этих услуг входят, в том числе, и расходы на оборону, на поддержание правопорядка и на другие государственные функции, а также на финансирование деятельности нерыночных учреждений здравоохранения, образования, культуры, науки, на строительство и содержание автомобильных дорог, городского хозяйства и т.п.

гонов находятся в собственности других дочерних по отношению к ОАО «РЖД» компаний – «Трансконтейнер», «Рефсервис». Преобладающая часть парка грузовых вагонов принадлежит большому количеству частных компаний, из числа которых особо крупной является «Первая грузовая компания», крупнейшим акционером которой является ОАО «РЖД».

Статус ОАО «РЖД» как компании со 100% государственной собственностью исключает возможность привлечения инвестиций в эту компанию через эмиссию и размещение акций. Источниками финансирования инвестиций ОАО «РЖД» являются, в первую очередь, собственные средства Компании. Подавляющую часть своего дохода ОАО «РЖД» получает за услуги, реализуемые по тарифам, устанавливаемым федеральным правительством. Поэтому объем собственных источников финансирования инвестиций определяется четырьмя группами факторов: предъявляемыми и возможными объемами и структурой перевозок, уровнями установленных тарифов на различные виды услуг (главным образом – различные виды перевозок), натуральной материалоемкостью перевозок и ценами на потребляемые материальные ресурсы (в первую очередь – на электроэнергию, дизельное топливо и рельсы).

Объем средств, которые могут быть привлечены ОАО «РЖД» со стороны для пополнения своего инвестиционного фонда, определяется совокупным влиянием следующих факторов:

- a) целесообразностью увеличения инвестиционного фонда сверх размера, обеспечиваемого собственными источниками;
- b) прогнозом объема своих доходов и прибыли, за счет которых можно будет обеспечить в будущем обслуживание и возврат долга;
- c) прогнозом возможностей размещения вновь эмитируемых ценных бумаг;
- d) рейтингом ОАО «РЖД» на рынке долгосрочных кредитов.

Целесообразность увеличения инвестиционного фонда выявляется путем разработки нескольких вариантов инвестиционной программы компании, в том числе таких, которые предусматривают увеличение объема инвестиций сверх уровней, обеспечиваемых прогнозируемой собственной валовой прибылью. Одновременно

менно и в увязке с инвестиционной программой прогнозируются тарифы на продукцию (услуги) ОАО «РЖД», в том числе предложения по регулируемым тарифам и прогноз конкурентоспособного уровня свободных тарифов. При этом учитывается влияние инвестиций на ресурсоемкость, а, следовательно, и себестоимость продукции и на ее качество, которое, в свою очередь влияет на возможные уровни тарифов. Если увеличение объемов инвестиций сверх уровня, обеспечиваемого прогнозируемой собственной валовой прибылью, позволяет увеличить суммарную за прогнозируемый период прибыль на величину, большую, чем объем привлекаемых средств с учетом затрат на их обслуживание, то привлечение дополнительных средств в инвестиционный фонд можно рассматривать как желательное.

Статус ОАО «РЖД» как корпорации со 100%-м государственным капиталом дает возможность эмиссии из всех видов ценных бумаг только облигаций. Для оценки возможности размещения планируемых к эмиссии облигаций их намечаемая доходность сопоставляется с оценками нормы прибыли на капитал, сложившейся у наиболее вероятных крупных покупателей акций. Можно рассчитывать, что, если превышение доходности облигаций над средней нормой прибыли на капитал будет заметным, то облигации будут куплены. Норму прибыли на капитал у наиболее вероятных крупных покупателей акций можно оценить по данным публичной отчетности крупнейших компаний, отчетного и прогнозного межотраслевых балансов и соответствующих балансов основных фондов. При этом надо учитывать, что в балансах эти величины показаны в сумме по всем предприятиям каждой из отраслей, а покупателями облигаций будут наиболее успешные в финансовом отношении предприятия, у которых норма прибыли на капитал несколько выше среднеотраслевой.

Корпорация такого масштаба как ОАО «РЖД» может рассчитывать получить долгосрочный кредит на инвестиционные цели практически только в крупнейших банках. Оценка этими банками кредитного рейтинга ОАО «РЖД» складывается под влиянием двух противоположно действующих факторов: с одной стороны, спрос на перевозки определяется общим состоянием экономики страны в целом и потому мало подвержен непредсказуемым рискам; с другой стороны, большая часть доходов ОАО

«РЖД» формируется по регулируемым государством тарифам и существует риск того, что государство, исходя из тех или иных соображений общего характера, занизит регулируемые тарифы и лишит компанию прибыли. В настоящее время ОАО «РЖД» не имеет, насколько это известно автору, реальных планов получения крупных инвестиционных кредитов.

Представляется, что одним из вероятных способов могло бы быть получение ОАО «РЖД» своеобразных «обратных товарных кредитов» от крупнейших потребителей его услуг (или от специально образуемого ими для этой цели консорциума) с получением кредита в денежной форме и выплатой и обслуживанием долга в форме предоставления кредитору скидок с тарифа на запрашиваемые им перевозки. Риск такой сделки невелик – ОАО «РЖД» получает практическую гарантию спроса на перевозки со стороны кредитора и, таким образом, гарантированный источник средств для обслуживания и возврата долга, а кредитор получает немедленную выгоду от снижения затрат на оплату перевозок, то есть практически гарантированное своевременное обслуживание долга и его возврат. Правда, теоретически остается риск умышленного уклонения ОАО «РЖД» от предоставления перевозок на оговоренных условиях, но есть возможность предусмотреть в договоре о кредите специальные условия, при которых такое уклонение будет заведомо невыгодным.

В состав магистрального железнодорожного транспорта входят также железнодорожные предприятия, создаваемые другими, кроме ОАО «РЖД», субъектами хозяйствования. В последние годы быстро растет количество грузовых вагонов, принадлежащих промышленным предприятиям – отправителям больших объемов грузов. Обычно эти вагоны передаются дочерним компаниям, которые при этом формально получают статус перевозчиков. Реально их функции в большинстве случаев включают лишь:

- подготовку грузовых вагонов к выполнению перевозок,
- погрузку и выгрузку вагонов,
- предъявление ОАО «РЖД» загруженных вагонов, маршрутных составов или готовых поездных формирований для доставки их к месту назначения
- предъявлением выгруженных вагонов, составов, поездных формирований для доставки их в исходный пункт погрузки или в другой, указанный клиентом пункт.

Такой ограниченный перечень выполняемых функций не дает оснований, в соответствии с критериями, сформулированными в Гражданском кодексе, относить упомянутые дочерние компании к транспорту общего пользования, но, поскольку принадлежащие им вагоны используются в межгородских перевозках, эти компании относятся к магистральному транспорту.

Нефтедобывающие и нефтеперерабатывающие компании, компании по производству минеральных химических удобрений приобретают специализированные вагоны (цистерны, химвозы) для доставки своей продукции потребителям, в том числе для доставки в морские порты продукции, направляемой на экспорт. Металлургические компании приобретают специализированные платформы для доставки металла, а также универсальные полувагоны для перевозки используемой ими руды и/или другого сырья.

Инвестиции в дочерние железнодорожные компании-перевозчики осуществляются обычно материнскими промышленными компаниями. По сути дела, создание таких частных железнодорожных компаний вызвано отсутствием достаточного по объему и, особенно, качеству предложения аналогичных услуг со стороны ОАО «РЖД». Себестоимость и фондоемкость перевозок в частных компаниях оказываются, как правило, выше, чем в ОАО «РЖД», но избыточные транспортные затраты грузовладельцев перекрываются исключением потерь в производстве и реализации основной продукции, вызываемых низким качеством услуг, предлагаемых ОАО «РЖД».

Позитивной стороной процесса приобретения вагонов грузовладельцами и другими частными инвесторами является то, что промышленные компании, имеющие большие прибыли, хотя и вынужденно, но вкладывают инвестиции в магистральный железнодорожный транспорт. Теоретически было бы выгоднее и промышленным компаниям, и «РЖД», если бы средства, ныне вкладываемые промышленными компаниями в приобретение вагонов, были бы вложены в «РЖД», однако для этого необходимо разработать и реализовать специальный экономический механизм.

Пассажирский железнодорожный транспорт – межгородской (дальний) и пригородный – в настоящее время практически полностью входит в состав ОАО «РЖД» и его дочерних и зависимых компаний – Федеральной пассажирской компании и ре-

гиональных пригородных пассажирских компаний. Почти 100% пригородных перевозок и более 90% перевозок в межгородском сообщении имеют ярко выраженный социальный характер и осуществляются по устанавливаемым государством тарифам. В межгородском сообщении эти тарифы только едва покрывают (с учетом установленных государством льгот для некоторых категорий пассажиров) ту часть затрат «РЖД», которая зависит от объемов перевозок, а в пригородном движении – далеко не покрывают и эту часть затрат «РЖД». Инвестиции в межгородский пассажирский железнодорожный транспорт предполагалось хотя бы частично финансировать за счет средств федерального бюджета, однако реально это пока практически не выполняется. Инвестиции в пригородный железнодорожный транспорт должны финансироваться из бюджетов субъектов федерации, однако и это осуществляется далеко не в полной мере. В то же время зародился и начинает развиваться интерес частных инвесторов к приобретению пассажирских вагонов повышенной комфортности и организации с их использованием обращения специальных пассажирских поездов для удовлетворения спроса на поездки с повышенным уровнем комфорта, в том числе и с туристическими целями.

Реально в настоящее время почти исключительным источником финансирования инвестиций в социальный пассажирский железнодорожный транспорт является значительная часть прибыли, полученной ОАО «РЖД» от выполнения грузовых перевозок. Это приводит к искусственному завышению грузовых тарифов и негативно влияет на эффективность экономики. В определенной мере такая ситуация будет постепенно исправляться по мере роста реальных душевых доходов населения, что создаст возможность некоторого повышения пассажирских тарифов. Важным фактором повышения доходов ОАО «РЖД» от межгородских пассажирских перевозок является существенное (в разы) увеличение объема перевозок с повышенным уровнем комфортности и либерализованными тарифами, обеспечивающими получение большой прибыли, достаточной для инвестиций в эти перевозки и еще частично покрывающей убытки от социальных перевозок (по аналогии с тем, как повышенная цена элитного жилья помогает финансировать инвестиции в социальное жилье).

Сказанное выше об участии сторонних, кроме ОАО «РЖД», инвесторов относится, главным образом, к формированию инвестиций в приобретение грузовых и, отчасти, пассажирских вагонов. Вопрос о возможности и целесообразности привлечения частных инвестиций в приобретение локомотивов в настоящее время оживленно дискутируется, но пока что такие инвестиции осуществляются только ОАО «РЖД».

Особенно сложным и, в то же время, критически актуальным является вопрос об источниках финансирования инвестиций в развитие и модернизацию железнодорожной инфраструктуры, в первую очередь – в сооружение новых железнодорожных линий, усиление отдельных участков действующей железнодорожной сети, развитие крупных сортировочных станций. При этом особняком стоит вопрос о переустройстве действующих магистралей для организации движения по ним скоростных пассажирских поездов и о сооружении новых высокоскоростных магистралей.

Большая часть рассматриваемых в настоящее время проектов крупных новых железнодорожных линий предназначаются, в первую очередь, для освоения новых месторождений ископаемого сырья и его экспорта. Добыча и экспорт сырья не требуют больших затрат капитала и времени на предварительную разработку новых технологий, так что риски таких проектов определяются, главным образом, рисками конъюнктуры международных рынков соответствующих сырьевых товаров. При сложившихся в настоящее время в России условиях ценообразования и налогообложения рентабельность добычи и экспорта сырья весьма велика. Поэтому финансирование инвестиций в строительство таких железнодорожных линий целесообразно осуществлять на условиях государственно-частного партнерства. При этом доля государства в инвестициях должна примерно соответствовать доле прироста дохода консолидированного бюджета и наемных работников в общей величине прироста валовой добавленной стоимости, вызываемого реализацией проекта освоения нового месторождения экспортруемого товара.

Сооружение новых железнодорожных линий и усиление (модернизация) существующих линий общего назначения, а также строительство новых и развитие существующих сортировочных станций должно финансироваться, как правило, за счет собственных средств

ОАО «РЖД», хотя в отдельных случаях участие консолидированного государственного бюджета может оказаться необходимым и целесообразным. Программу осуществления такого строительства необходимо согласовать с прогнозируемыми объемами перевозок и с уровнями тарифов – регулируемых и рыночных.

Модернизация существующих линий для организации движения по ним скоростных пассажирских поездов и сооружение новых высокоскоростных магистралей в современных условиях России реально можно осуществлять только за счет федерального государственного бюджета, при этом не исключается привлечение частного капитала для развития пассажирского сервиса.

## 5.2 Источники финансирования автодорожного хозяйства

До 2002-2003 г.г. в России действовал налог на пользователей автомобильных дорог, базой которого был объем реализации продукции (оборот) практически всех хозяйствующих субъектов. Существование этого налога подвергалось критике, в основном, по двум основаниям: а) его всеобщность, независимость от фактического использования (или не использования) автомобильных дорог конкретным плательщиком налога; и б) его оборотный характер.

Первое из указанных оснований нам представляется не убедительным – ни один вид продукции не может быть произведен и ни один вид товаров (за исключением электро- и теплоэнергии) не может быть доведен до конечного потребителя без участия автомобильного транспорта, а, стало быть, и автомобильных дорог (рассматривая в числе последних и внутригородские). Наличие и состояние автомобильных дорог влияет, в конечном счете, на величину транспортной наценки к цене производителя товара, в снижении которой он заинтересован для расширения рынка сбыта своего товара. Можно было бы говорить о том, что для разных видов товаров транспортная наценка (как по абсолютной величине, так и по ее доле в конечной цене товара) весьма различна, и на этом основании требовать дифференциации ставок налога по видам производимой продукции. Однако учет фактического занятия дорог перевозками каждой отдельной партии товаров в настоящее время практически невозможен, а затраты на организацию такого учета были

бы столь велики, что для покрытия их потребовалось бы значительно увеличить среднюю ставку налога. Совокупность приведенных соображений приводит к выводу о том, что всеобщее обложение налогом по единой ставке всех производителей продукции является практически наиболее приемлемым решением.

Иначе обстоит дело с обратным характером существовавшего ранее налога на пользователей автомобильных дорог. Такой его характер действительно является принципиальным недостатком, так как это противодействует экономически эффективной специализации и кооперации производства, созданию товарных запасов для сглаживания колебаний спроса и вообще развитию логистики, подталкивает к натуральному хозяйству. Обратные налоги вообще, и в том числе налог на пользователей автомобильных дорог в той форме, в какой он существовал до 2002 г., не оправданы.

Приведенные соображения приводят к выводу, что налог, средства которого направлялись бы целевым образом на финансирование автодорожного хозяйства, целесообразно взимать по единой ставке со всех хозяйствующих субъектов (за исключением тех, кому законом будет предоставлена соответствующая льгота), но базой налога не должен быть оборот (объем реализации) продукции, используемой в промежуточном потреблении. Именно так формируется в России налог на добавленную стоимость – он взимается только с добавленной стоимости продукции, используемой в промежуточном потреблении. Правда, он взимается с общей стоимости продукции, поступающей в конечное потребление, но это не влечет указанных выше отрицательных последствий оборотных налогов<sup>7</sup>. Поэтому предложения о введении нового дорожного налога, формируемого либо аналогично налогу на добавленную стоимость, либо как фиксированная и обособленная часть последнего, обсуждаемые специалистами-автодорожниками уже,

<sup>7</sup> Надо отметить теоретическую ошибочность иногда высказываемого, особенно в кругах хозяйственников-практиков, тезиса о желательности минимизации всех налогов вообще. В действительности, существование государственного бюджета, формируемого за счет налогов, является материальной основой всей деятельности государства. Целый ряд жизненно-важных для общества функций другими субъектами, кроме государства, либо вообще не может быть выполнен, либо выполняется крайне неэффективно. Ведение автодорожного хозяйства – важный тому пример (при всей актуальности вопроса о платных дорогах). Поэтому теоретически правильной является постановка вопроса не о минимизации, а об оптимизации налоговых доходов государственного бюджета на основе оптимального распределения функций между государством и хозяйствующими субъектами.

по крайней мере, с 2002 г., заслуживают самого серьезного внимания. Возможность введения такого налога предусмотрена в разработанной в настоящей работе модели.

Вторым важным возможным источником формирования дорожного фонда является акциз на горюче-смазочные материалы. Направление акциза на ГСМ на финансирование автодорожного хозяйства логически оправдано наличием прямой связи (при данном фиксированном состоянии автодорог) между объемом использованных автотранспортом ГСМ и износом дорог. При этом теоретически может возникнуть нежелательная отрицательная обратная связь между, с одной стороны, совершенствованием начертания сети автодорог путем сооружения спрямляющих линий, исключаящих кружные маршруты следования автомобилей, и улучшением технико-эксплуатационного состояния дорог, позволяющим снизить удельный расход ГСМ на перевозки, а с другой стороны – с объемом потребления ГСМ и, соответственно, поступлением акциза в дорожный фонд. Однако практически, с учетом того, что планы развития и улучшения сети автомобильных дорог утверждаются органами государственной власти, заинтересованными в создании условий для эффективной деятельности совокупности всех отраслей экономики<sup>8</sup>, вероятность попыток искусственного сдерживания развития и улучшения сети автомобильных дорог с целью повысить поступление акцизов на ГСМ не существенна.

Третий возможный источник поступления средств в дорожный фонд – транспортный налог. По существу он является специфической формой дополнительного налога на имущество: он распространяется только на определенные виды имущества – транспортные средства, а базой его является не стоимость имущества, а его технические характеристики (для автомобилей – мощность двигателя). Хотя в п.1 статьи 358 главы 28 «Налогового кодекса» приведен в качестве объектов налогообложения весьма широкий перечень транспортных средств различных видов транспорта (кроме железнодорожного и трубопроводного), но практически, с учетом положений п. 2 этой статьи,

<sup>8</sup> Эта заинтересованность порождается уже, хотя бы, стремлением максимизировать доход соответствующего государственного бюджета, определяемый суммой всех налогов, в которой акциз на ГСМ составляет весьма небольшую часть.

определяющего перечень транспортных средств, не облагаемых транспортным налогом, подавляющая часть общей суммы налога собирается с владельцев автотранспортных средств. Поэтому не будет слишком большим отходом от принципа справедливости перечисление всей суммы этого налога в дорожный фонд. Принятый в «Законе» принцип формирования налоговой ставки – на единицу мощности двигателя – возражений не вызывает, однако следовало бы предусмотреть возможность пересмотра ставок с учетом, по крайней мере, инфляции. Правда, оговорки, содержащиеся в п.п. 2 и 3 ст. 361, предоставляют субъектам федерации практически почти неограниченные возможности изменения ставок налога, однако не ясно, имеют ли они право изменять однажды установленные ими ставки.

Четвертый и пятый возможные источники поступления средств в дорожный фонд – введение сборов для большегрузных отечественных автомобилей за право проезда по автомагистралям и для всех иностранных автомобилей по всей сети автомобильных дорог России. Первый из этих сборов представляет собой, по существу, введение режима платности (в форме, эквивалентной введению абонементной платы) для определенной категории автомобилей по некоторым конкретным автодорогам, перечень которых устанавливается Правительством РФ. Второй сбор – аналог транспортного налога, уплачиваемый владельцами автотранспортных средств-нерезидентами России при въезде их на территорию России. Введение сбора с иностранных автотранспортных средств обеспечивает сближение условий хозяйствования для иностранных и отечественных владельцев автотранспортных средств.

Рассмотренные 5 возможных источников средств, которые могли бы формировать дорожный фонд, не обязательно исчерпывают весь возможный перечень источников. При поступлении других предложений они должны быть рассмотрены дополнительно (Тихомиров, 2008).

## 6 Модель вычислимого общего равновесия (динамического межотраслевого баланса) – инструмент системного анализа проблемы взаимодействия экономики и транспорта

В дальнейшем изложении мы исходим из предположения, что базовые понятия макроэкономики и теории межотраслевого баланса известны читателю. При необходимости можно ознакомиться с ними, например, по источникам (Агапова, Серегина, 2013) и (Башкатов и др., 2005).

Выше взаимодействие транспорта и других отраслей народного хозяйства, вопросы формирования и экономической роли инвестиций, в том числе инвестиций в транспорт, источники их финансирования рассмотрены на уровне качественных описаний. Количественное описание этих процессов, их взаимосвязей представлено в виде специально разработанной математической модели, относящейся к классу моделей вычислимого общего равновесия. Нам представляется, что термин «динамический межотраслевой баланс», если только вкладывать в него все содержание модели вычислимого равновесия, более полно раскрывает суть рассматриваемой задачи. Поэтому далее мы будем пользоваться терминами «модель вычислимого общего равновесия» и «динамический межотраслевой баланс» как синонимами. В настоящей главе приведены общая структура разработанной модели и перечень важнейших задач, для решения которых целесообразно использовать эту модель (Позамантир, Тищенко, 2004, 2008, 2010).

### 6.1 Критерий оптимальности

Классическая модель межотраслевого баланса представляет собой систему линейных алгебраических уравнений относительно искомых объемов выпуска продуктов с экзогенно заданными квадратной невырожденной матрицей коэффициентов и вектором конечного использования продукции. Такая модель имеет единственное решение, вопрос о целевой функции (критерии оптимальности) при этом не возникает.

В модели динамического межотраслевого баланса искомыми, кроме объемов выпусков, являются также цены продуктов, объемы конечного потребления и инвестиций, зависящие (но отнюдь

не однозначно!) от объемов ранее созданной добавленной стоимости, объемы экспорта и импорта продукции. Могут рассматриваться в качестве искомым также ставки различных видов налогов, значения доли фонда оплаты труда в общей величине полной добавленной стоимости или в стоимости выпуска каждого из видов продукции. Такая модель имеет большое количество степеней свободы, в связи с чем возникает вопрос о критерии оптимальности, то есть о целевой функции, зависящей от искомым величин.

В оптимизационных макроэкономических моделях в качестве критерия оптимальности обычно рассматривается объем валового внутреннего продукта. При рассмотрении достаточно длительных периодов времени (10-20 лет и более) такой критерий недостаточно адекватно отражает интересы общества в целом: в состав ВВП входят, кроме конечного потребления, инвестиции и экспорт, но эти две компоненты непосредственно в состав общественного интереса не входят, а могут рассматриваться лишь как инструменты повышения уровня конечного потребления в динамике. Кроме того, при вычислении ВВП из суммарного объема конечного использования продуктов вычитается весь объем импорта, а для конечного потребителя безразлично, потреблять ему отечественный или импортный продукт (естественно, при одинаковом их качестве и цене). Наконец, ВВП исчисляется в рыночных ценах, которые далеко не всегда с приемлемой степенью адекватности отражают общественную полезность продукта – примерами крайних отклонений могут служить, например, в одну сторону – ценность результатов фундаментальной науки, в противоположную – «общественная полезность» наркотиков.

Исходя из сказанного, в настоящей работе в качестве критерия оптимальности принят показатель, названный «полезность», формируемый следующим образом:

- За основу берется конечное потребление, суммарное по 4-м его направлениям: конечное потребление домашних хозяйств, расходы консолидированного государственного бюджета на приобретение государством продуктов, необходимых для предоставления бесплатно домашним хозяйствам услуг индивидуального и коллективного использования, а также для некоторых выплат некоммерческим организациям. Это конечное потребление исчисляется в основных ценах.

- Каждый из элементов полученного вектора конечного потребления умножается на соответствующий коэффициент корректировки, представляющий собой отношение общественной полезности единицы этого продукта к его рыночной цене. Коэффициенты корректировки для каждого из продуктов задаются экзогенно.
- «Полезность» равна сумме всех откорректированных элементов вектора конечного потребления.

Таким образом, принятый в настоящей работе показатель «Полезность» родственен общепринятому показателю «Валовой внутренний продукт», но имеет следующие существенные отличия от него:

- a) В состав полезности, в отличие от ВВП, входит не все конечное использование продуктов, а только конечное потребление. Важно, что в полезность не входят валовое накопление основного капитала и экспорт.
- b) Стоимость вошедших в конечное потребление импортных продуктов не вычитается из объема полезности, в то время как при расчете ВВП из общего объема конечного использования продуктов вычитается стоимость всего объема импортных продуктов, использованных как в промежуточном потреблении, так в конечном использовании.
- c) В составе полезности продукты оцениваются не по ценам покупателей, а по основным ценам, то есть в оценку полезности потребляемого продукта не входят транспортные и торговая наценки, а также налоги. Логика такого подхода к оценке полезности потребления основывается на том, что наценки и налоги характеризуют затраты на производство потребляемых продуктов, но не влияют на потребительную ценность продукта, использованного в конечном потреблении.
- d) Полезность оценивается не по рыночным, а по общественным ценам.
- e) С учетом динамического характера модели в качестве критерия оптимальности принята суммарная за прогнозируемый период дисконтированная по времени величина полезности по экономике в целом. При этом полезность во всех периодах времени оценивается в ценах базового

периода. Строго говоря, к указанной здесь сумме следовало бы прибавить прирост величины национального богатства, исчисленный с учетом дисконтирования величины богатства, которая будет иметь место по состоянию на конец прогнозируемого периода. В первом приближении можно было бы ограничиться прибавлением прироста величины основных фондов (производственных и непроизводственных).

Вопрос о природе и величине применяемого в таких расчетах дисконта остается, по мнению авторов, пока что открытым. Во всяком случае, кажется лишенным логического основания использование дисконта, основанного на безрисковой процентной ставке. Заслуживающими большего внимания представляются попытки определить используемый здесь дисконт как параметр гуманитарного характера, описывающий склонность лиц, принимающих глобальные экономические решения, соизмерять ценность благ, получаемых ими и их современниками, с ценностью благ, которые будут получать последующие возрастные когорты и поколения населения.

## 6.2 Структура системы ограничений

Система ограничений динамического межотраслевого баланса состоит из совокупности блоков, относящихся к последовательным интервалам времени (как правило, годам) некоторого расчетного периода, охватывающего, обычно, 5...20 лет. В состав блока, относящегося к одному интервалу времени, входят блоки, описывающие:

- потоки продукции;
- финансовые потоки;
- формирование и использование добавленной стоимости;
- формирование инвестиций и движение производственных основных фондов.

Приведем обобщенную характеристику указанных блоков.

*Блок описания потоков продукции* включает два вида подблоков – балансы производства и использования товаров и балансы производства и использования услуг, в том числе транспортных. Из числа последних в настоящей работе более детально описывается

производство и использование услуг федерального железнодорожного транспорта и автомобильного транспорта (включая автодорожное хозяйство).

Ресурсная часть баланса производства и распределения товаров включает два источника – производство товаров на отечественных предприятиях и импорт товаров.

Расходная часть баланса товаров описывает распределение их по следующим направлениям:

- использование товаров в составе текущих материальных затрат при производстве всех видов продукции – как товаров, так и услуг;
- использование товаров в качестве материально-технического обеспечения инвестиций, направляемых на создание мощностей по производству всех видов продукции;
- экспорт;
- конечное потребление (конечное потребление домашних хозяйств, а также государственных учреждений и некоммерческих организаций, предоставляющих бесплатные услуги домашним хозяйствам).

Балансы производства и использования услуг имеют, в основном, аналогичную структуру, но для некоторых видов услуг формируются с учетом их особенностей.

Баланс производства и использования услуг федерального железнодорожного транспорта практически не включает импорт, но включает экспорт. В состав последнего входят, прежде всего, доходы от выполнения транзитных через территорию России перевозок, а также доходы от перевозок экспортируемых грузов до пограничных станций и портов перевалки. Хотя эти доходы железнодорожный транспорт реально получает от грузовладельцев-экспортеров, но их можно рассматривать как доходы от экспорта, так как оплачиваются из цены FOB экспортируемого товара, а предприятию-экспортеру принадлежит только цена производителя.

Баланс производства и использования продукции автомобильного транспорта должен включать импорт и экспорт его услуг. Импорт автотранспортных услуг возникает, когда покупатель импортных товаров использует и оплачивает услуги по их доставке в Россию автотранспортной фирмой, не являющейся

резидентом России. Экспорт автотранспортных услуг возникает, когда экспортируемый товар перевозится в пределах территории России и, быть может, за ее пределами российской автотранспортной фирмой.

*Блок описания финансовых потоков.* Финансовые потоки формируют балансы доходов и расходов секторов экономики – отраслей (предприятий), домашних хозяйств, государственных учреждений.

Доходы отраслей (предприятий, видов производств) включают доходы от реализации продукции внутри России и на экспорт. Кроме того, в некоторых случаях предприятия получают государственные субсидии на производство отдельных видов продукции, реализуемой по ценам существенно ниже рыночных. Полученные доходы используются по направлениям:

- Оплата приобретения продукции (товаров и услуг, в том числе транспортных), использованной в производстве;
- Оплата труда наемных работников;
- Налоги и другие обязательные платежи в консолидированный бюджет России.

Разность между величиной дохода и суммой трех указанных направлений расходов образует валовую прибыль предприятий, поступающую в их распоряжение. Часть валовой прибыли обычно выплачивается собственникам капитала предприятия (дивиденды на акции, другие виды доходов от собственности). Валовая прибыль включает, в том числе, потребление основного капитала, величина которого пока что практически считается равной отчислениям в амортизационный фонд. Выделение потребления основного капитала в составе валовой прибыли оправдывается тем, что отчисления в амортизационный фонд исключаются из базы налога на прибыль. Часть валовой прибыли после уплаты налогов, включающая, в том числе, и амортизацию, после выплаты из нее доходов собственникам капитала, полностью или частично может быть направлена на финансирование инвестиций.

Доход сектора «Домашние хозяйства» включает:

- Оплату труда наемных работников;
- Доход от собственности, принадлежащей физическим лицам (в первую очередь процентные доходы от депозитов, дивиденды по акциям, доходы по другим ценным бумагам);

- Трансферты, полученные от государства (пенсии, пособия и т.п.) и от некоммерческих организаций.

Расходы сектора:

- Конечное потребление товаров и услуг (в том числе, транспортных);
- Расходы на приобретение прав собственности на капитал предприятий (в первую очередь – на приобретение акций предприятий).

Разность между доходом сектора и суммой указанных двух направлений его расходов образует сбережения населения. В развитой рыночной экономике сбережения населения почти полностью вносятся в банки в виде депозитов или используются для приобретения ценных бумаг, однако в России в настоящее время заметная часть сбережений остается на руках у населения и, тем самым, исключается из экономики (впредь до того момента, когда они будут либо израсходованы по указанным выше направлениям, либо внесены в банки на депозиты).

Доход сектора «Государственные учреждения» мы будем отождествлять с доходом консолидированного государственного бюджета России. Доход бюджета включает налоговую и неналоговую часть. В составе налоговых доходов для целей нашего исследования необходимо выделить единый социальный налог и другие платежи в государственный пенсионный фонд. Неналоговые доходы бюджета состоят, главным образом, из ренты на принадлежащие государству факторы производства, процентных доходов и доходов от собственности государства на капитал предприятий. Обычно, доходы государственного бюджета от собственности представляют собой дивиденды на акции, принадлежащие государству.

Расходы консолидированного государственного бюджета включают:

- 1) Финансирование текущих расходов и инвестиций отраслей, предоставляющих нерыночные услуги домашним хозяйствам – бесплатные для населения услуги образования, здравоохранения, культуры, государственного управления (включая охрану порядка, деятельность по предотвращению

- чрезвычайных ситуаций и преодолению их последствий, оборону);
- 2) Финансирование текущих расходов и инвестиций автотранспортного хозяйства;
  - 3) Государственные инвестиции в некоторые другие отрасли экономики и виды производств (в том числе, в форме участия в государственно-частном партнерстве);
  - 4) Трансферты домашним хозяйствам – пенсии, пособия, другие выплаты социального характера;
  - 5) Субсидии на некоторые услуги, предоставляемые домашним хозяйствам по заниженным ценам – прежде всего, услуги ЖКХ, некоторых видов пассажирского транспорта, культуры. Государственные субсидии выделяются также на некоторые продукты, используемые в промежуточном потреблении, и на некоторые виды производств;
  - 6) Обслуживание государственного долга.

Совокупность указанных выше балансов доходов и расходов в настоящей работе используется для установления связей между приростами элементов добавленной стоимости и компонентов конечного использования продукции.

*Блок формирования и использования добавленной стоимости.* Добавленная стоимость состоит из 3-х компонентов – заработная плата наемных работников, валовая (то есть, включая амортизацию) прибыль, остающаяся в распоряжении корпораций после уплаты налогов, и налоговый доход консолидированного бюджета. Каждый из компонентов в присущих ему соотношениях делится на 5 частей, 4 из которых направляются на финансирование, соответственно, расходов домашних хозяйств, расходов государственных учреждений на услуги, предоставляемые домашним хозяйствам, выплаты некоммерческим организациям и на финансирование инвестиций. Последняя (пятая), не распределенная часть компонента добавленной стоимости в экономике России не используется. Соотношения, в которых каждый из компонентов добавленной стоимости делится на указанные 5 частей, определяются по данным отчетных балансов доходов и расходов секторов, рассмотренных выше.

Созданная в очередном году добавленная стоимость направляется на финансирование осуществляемых в следующем году

конечного потребления продуктов и их приобретения для валового накопления основного капитала. Каждый из указанных здесь компонентов конечного использования продуктов складывается из направляемых в него частей заработной платы, прибыли и налогов (Позамантир, Тищенко, 2008), (Шугаль, Ершов, 2008).

*Блок формирования инвестиций и движения производственных основных фондов.* Важнейшей особенностью разработанного здесь способа формирования динамического межотраслевого баланса является явный конструктивный учет связи между объемом инвестиций, возрастной структурой производственных основных фондов, качеством выпускаемой продукции и эффективностью ее использования в промежуточном и конечном потреблении. Использование продукции повышенного качества в промежуточном потреблении приводит к сокращению доли материальных затрат в стоимости выпуска продукции, то есть, к увеличению доли и, как правило, объема добавленной стоимости. Через цепочку кратко охарактеризованных выше связей это ведет к дальнейшему росту конечного использования в целом и инвестиций в том числе. Так формируется самовозрастающий процесс роста экономики. Динамический межотраслевой баланс является инструментом количественного описания и исследования этого процесса, а также инструментом обоснования количественных рекомендаций и предложений по макроэкономической политике и экономической политике отраслей народного хозяйства.

### **6.3 Сводка важнейших направлений развития модели межотраслевого баланса, реализованных в разработанной модели**

1. В составе многих (но не обязательно всех) продуктов различаются продукты, относящиеся к различным категориям качества. Введены три категории качества – первая, вторая, третья (высококачественные продукты, обычные, низкокачественные). Одноименные продукты, имеющие различные категории качества, в определенных пределах и соотношениях взаимозаменяемы. Использование более качественных продуктов в производстве сокращает удельные производственные затраты. Использование более качественных продуктов в конечном потреблении позволяет при тех же затратах по-

- высвить полезность потребления. Возможность производства высококачественных продуктов ограничивается возрастной структурой производственных основных фондов – такие продукты могут производиться только при наличии достаточно «молодых» производственных фондов.
2. Введены уравнения динамической связи между объемами располагаемых доходов основных институциональных единиц (наемные работники, корпорации, государство) и компонентами конечного потребления продуктов (расходы домашних хозяйств, расходы государства, некоммерческих организаций), а также валовым накоплением основного капитала (инвестициями в основной капитал). При этом учтен лаг времени между получением доходов и их использованием;
  3. Основным источником формирования располагаемых доходов институциональных единиц в текущем году является добавленная стоимость, созданная в предыдущем году. Кроме того, в ряде случаев располагаемые доходы институциональных единиц могут быть увеличены за счет дополнительной эмиссии денег государством.
  4. Продуктовая структура по каждому из направлений конечного потребления и валового накопления основного капитала, исчисленная в базовых ценах покупателей, рассматривается как экзогенно заданная, не меняющаяся по годам прогнозного периода. При этом структура, исчисленная в текущих основных ценах, зависит от динамически изменяющихся цен производителей, транспортных тарифов, удельных торгово-посреднических наценок, ставок налогов.
  5. Физические объемы экспорта каждого продукта определяются как сумма базового значения плюс прирост. Прирост объема экспорта считается пропорциональным приросту объемов производственных мощностей (для сырьевых продуктов – весь прирост мощности, для остальных продуктов – прирост объема производственных мощностей, относящихся к младшей возрастной группе). Коэффициенты пропорциональности, различные по продуктам, задаются экзогенно.

6. FOB-цены экспортных продуктов и коэффициенты перехода от них к рублевым эквивалентам задаются экзогенно в динамике на протяжении прогнозного периода.
7. Объем импорта определяется как некоторая экзогенно заданная или же управляемая доля общего потребления по каждому его направлению. В последнем случае выбираемое значение доли импорта ограничивается снизу возможностями отечественного производства инновационных продуктов, которое, в свою очередь, ограничивается созданием и наличием производственных мощностей, способных выпускать такую продукцию.
8. С учетом того, что часть потребления (промежуточного и конечного) может быть удовлетворена только импортными продуктами, требование неотрицательности сальдо торгового баланса страны (чистого экспорта) может оказаться условием, ограничивающим рост экономики страны.
9. В классической модели динамического межотраслевого баланса промежуточное потребление считается пропорциональным объему выпуска продуктов в текущем году, а конечное использование считается не зависящим от объема выпуска. В разработанной модели некоторые компоненты промежуточного потребления и конечного использования зависят, а остальные не зависят от объема выпуска в текущем периоде.
10. Промежуточное потребление в каждой отрасли подразделено на 3 компонента:
  - затраты, пропорциональные объему выпуска;
  - затраты, пропорциональные наличному объему производственных основных фондов;
  - затраты, пропорциональные объему работ по капитальному ремонту основных фондов.
11. Такое подразделение промежуточных затрат позволяет адекватно моделировать наличие и изменение так называемых «независящих от объема выпуска затрат». В модели реализовано также аналогичное подразделение затрат на оплату труда.
12. К числу компонентов конечного использования, зависящих от объемов выпуска в текущем периоде, отнесены из-

менения запасов продукции. При этом изменение запасов продукции у производителей (то есть готовой продукции) пропорционально объему выпуска соответствующего вида продукции; изменение запасов у потребителей, использующих продукцию в промежуточном потреблении, (то есть, изменение производственных запасов) пропорционально объему промежуточного потребления; изменение запасов в торговле пропорционально объему реализации каждого из видов продукции.

13. Остальные, кроме изменения запасов, компоненты конечного использования от объемов выпусков текущего года не зависят.
14. Моделируется динамика наличия производственных основных фондов каждой отрасли с подразделением их общего объема на активные и пассивные. Активные фонды подразделены на возрастные группы. Через наличие фондов, их возрастную структуру и фондоемкость определяются размеры наличных в каждом году производственных мощностей. Размер производственной мощности ограничивает возможную величину выпуска соответствующего продукта.
15. Ввод новых основных фондов в эксплуатацию определяется выбором объемов вновь начинаемого строительства в каждом из периодов (годов) прогнозного периода и ходом финансирования строительства на всем его протяжении до завершения. Объемы финансирования в каждом году периода строительства определяются технологией строительства и ограничиваются возможными объемами инвестиций, направляемых на эти цели.
16. Введены уравнения, определяющие динамику коэффициентов прямых затрат и фондоемкости продукции отраслей в зависимости от возрастной структуры и технического уровня имеющихся активных производственных основных фондов.
17. В каждом столбце коэффициентов прямых затрат элементы, относящиеся к строкам «грузовой транспорт» и «торговля», определяется как сумма произведений удельных транспортных/торговых затрат на все элементы этого столбца.

18. В каждом столбце элемент «налоги на использованные в производстве продукты» определяется как сумма произведений удельных ставок налога на все элементы этого столбца.
19. Равенство между спросом и предложением каждого из продуктов обеспечивается выбором индексов цен, объемов импорта, изменением объемов запасов готовой продукции у производителей и в торговой сети.
20. Фонд инвестиций в нефинансовые активы в целом по экономике складывается из внутренних и внешних источников. Внутренний инвестиционный фонд складывается из частей располагаемого дохода трех институциональных единиц (наемные работники, корпорации, государство), направляемых этими единицами на инвестиции в нефинансовые активы.
21. Внутренний инвестиционный фонд распределяется между отраслями следующим образом:
  - 21.1. Для каждой отрасли экзогенно задана доля ее чистой прибыли, направляемая на внутренние инвестиции в нефинансовые активы и, кроме того, та часть этой доли, которая в сумме с амортизацией направляется на инвестиции в собственную отрасль. Остальная часть чистой прибыли, направляемой на внутренние инвестиции в нефинансовые активы, направляется на общероссийский рынок капитала.
  - 21.2. На общероссийский рынок капитала направляется также та часть располагаемого дохода наемных работников, которую они решили направить в инвестиции в нефинансовые активы.
  - 21.3. Суммарная величина общероссийского рынка капитала распределяется между отраслями пропорционально коэффициентам их инвестиционной привлекательности. Принято, что коэффициент привлекательности определяется отношением рентабельности отрасли к средней по всей экономике рентабельности.
  - 21.4. Кроме валовой прибыли корпораций и располагаемого дохода наемных работников, источником финансирования инвестиций является также консолидированный государственный бюджет. Доля суммарного

налогового дохода консолидированного бюджета, направляемая на финансирование внутренних инвестиций в нефинансовые активы, задается экзогенно. Суммарная величина государственных инвестиций в нефинансовые активы распределяется между отраслями экзогенно заданными долями.

- 21.5. Общая величина внутренних инвестиций в отрасль равна сумме собственных источников плюс поступление с рынка капитала плюс государственные инвестиции в эту отрасль.
- 21.6. Внешние инвестиции в нефинансовые активы задаются экзогенно по отраслям в динамике на протяжении прогнозного периода. Если предусматриваются возврат кредитов, их обслуживание, вывоз прибыли, то все соответствующие показатели задаются экзогенно.
22. Дополнительные направления развития модели, связанные с учетом специфики транспорта, изложены ниже в соответствующих разделах.

#### 6.4 Перечень основных результатов, которые могут быть получены с помощью модели

Основными результатами расчетов по разработанной модели являются следующие показатели, определяемые отдельно для каждого года прогнозного периода и по каждому виду экономической деятельности (каждой отрасли):

- 1) Валовой внутренний продукт (по экономике страны в целом) и объемы добавленной стоимости по видам экономической деятельности (отраслям) в текущих и в неизменных ценах;
- 2) Объемы выпуска продукции, исчисленные в текущих так называемых основных ценах (практически – в ценах производителей);
- 3) Объемы конечного потребления продукции, в том числе домашними хозяйствами и государством;
- 4) Объемы экспорта и импорта продукции, сальдо торгового баланса страны;
- 5) Налоговые доходы консолидированного государственного бюджета по источникам их поступления;

- 6) Расходы консолидированного государственного бюджета по их основным направлениям;
- 7) Цены производителей и покупателей, транспортные тарифы, торговые наценки;
- 8) Рентабельность продукции;
- 9) Инвестиции в нефинансовые активы;
- 10) Объемы вновь начинаемого капитального строительства, погодовой график финансирования строительно-монтажных работ (СМР) на объектах, находящихся в процессе строительства (в незавершенном строительстве), объемы ввода в эксплуатацию готовых строительных объектов, приобретение оборудования, входящего и не входящего в сметы строек;
- 11) Наличие производственных основных фондов (с подразделением их на активные и пассивные), наличие производственных мощностей; возрастная структура активных фондов и производственных мощностей.
- 12) Оценка экономической целесообразности различных уровней цен и тарифов на продукцию естественных монополий, их влияния на финансовое положение производителей и потребителей этой продукции, на темпы развития экономики страны.
- 13) Оценка результатов и целесообразности различных вариантов государственного участия в инвестициях в отдельные виды деятельности, в том числе в инфраструктуру естественных монополий.

## 7 Математическая модель

Полное детальное описание разработанной модели весьма сложно и трудно обозримо. Для облегчения восприятия общей структуры модели и основных ее блоков сначала приведено абстрактное представление модели, в котором многие зависимости и уравнения обозначены символами функций с указанием их аргументов, а некоторые уравнения, важные в практическом отношении, но не определяющие принципиальную структуру модели, вообще опущены. Детальное описание модели с раскрытием содержания

всех блоков, входящих в них переменных, параметров, уравнений и неравенств, приведено в последующем разделе.

### 7.1 Абстрактное представление модели

Переменные<sup>9</sup>:

$u_t$  – полезность суммарного по всем продуктам конечного потребления в году  $t$ , исчисленная в основных ценах<sup>10</sup> базового года<sup>11</sup> (скаляр);  
 $Pc\_Ind_t$  – (price index) – вектор значений базовых индексов основных цен продуктов (то есть, индексов основных цен текущего года по отношению к базовому);

$VA_{jt}$  – добавленная стоимость<sup>12</sup> (полная, включая налоги на продукты, использованные в производстве), созданная в отрасли  $j$  в году  $t$ ;

$r_j^{VA\_min}$  – минимально-допустимая величина доли объема добавленной стоимости в стоимости выпуска продукта  $j$ .

$VA_j^S$  – суммарная по всем отраслям (видам деятельности) величина добавленной стоимости, созданной в году  $t$ ;

$Y_t^{DI}$  – матрица распределения располагаемых доходов институциональных единиц, полученных (доходов) в году  $t$ , по направлениям их использования;

$y_{itq}$  – конечное использование продукта  $i$  в направлении  $q$  конечного использования в году  $t$  (в основных ценах, транспортные и торговая наценки не включены);

$n^{fu}$  – количество направлений конечного использования;

$Y_t = \{y_{itq}\}_{i=1, \dots, n}^{q=1, \dots, n^{fu}}$  – матрица конечного использования в году  $t$ ;

$y_{in^{fu}} = \{y_{iin^{fu}}\}_{i=1, \dots, n} = \{Ex_{ti}\}_{i=1, \dots, n}$  – вектор объемов экспорта, исчисленных в основных ценах;

<sup>9</sup> Символы, стоящие справа сверху от обозначения переменной, обозначают уточнение, детализацию понятия, обозначаемого переменной, но не индексы этой переменной. Эти символы набраны прямым шрифтом в отличие от переменных и их индексов, набранных курсивом.

<sup>10</sup> Термин системы национального счетоводства. В современных условиях России практически близки к ценам производителей.

<sup>11</sup> Далее все стоимостные переменные, если явно не оговорено иное, исчисляются в основных ценах текущего года.

<sup>12</sup> В данном случае в соответствии со сложившейся в экономической литературе традицией стоящие рядом два символа VA означают одно понятие, а не произведение двух переменных. Аналогичным образом введенное ниже обозначение GDP обозначает одно понятие – валовой внутренний продукт.

$Ex_i^{FOB}$  – объем экспорта продукта  $i$  в году  $t$ , исчисленный в цене FOB.

$Y_t^{Sb} = \{y_{itq}^b\}_{q=1, \dots, n^{fu}}$  – вектор-строка суммарного по продуктам конечного использования, исчисленного в ценах покупателей, по направлениям использования;

$n^{fc}$  – количество направлений конечного потребления продуктов;

$\varepsilon_i$  – коэффициент пересчета стоимостной оценки конечного потребления в полезность;

$W_t = \{w_{ij}\}_{i,j=1, \dots, n}$  – матрица коэффициентов прямых затрат в году  $t$ ;

$J_0$  – множество видов продуктов, при производстве которых некоторое множество используемых в производстве продуктов между собой взаимозаменяемы;

$I_0$  – множество видов продукции, которые являются взаимозаменяемыми между собой при производстве продуктов, относящихся к множеству  $J_0$ ;

$\omega_{ij}$   $i \in I_0$   $j \in J_0$  – коэффициенты эквивалентности (по стоимости, исчисленной в базовых ценах) при замене между собой продуктов, относящихся к  $I_0$ , при использовании их в производстве продуктов, относящихся к  $J_0$ ;

$D_t^W = \{d_{ij}^W\}_{i,j=1, \dots, n}$  – матрица значений доли отечественных (все за минусом импортных) продуктов в коэффициентах прямых затрат в году  $t$ ;

$D_t^Y = \{d_{itq}^Y\}_{i=1, \dots, n}^{q=1, \dots, n^{fu}}$  – матрица значений доли отечественных продуктов в объеме конечного использования в году  $t$ ;

$\Pi_t^R = \{\pi_{ij}^R\}_{i,j=1, \dots, n}$  – матрица объемов потребления продукта  $i$  на капитальный ремонт производственных мощностей, выпускающих продукт  $j$  в году  $t$  (эти затраты не зависят от объема выпуска продукции в году  $t$ );

$\Pi_t^F = \{\pi_{ij}^F\}_{i,j=1, \dots, n}$  – матрица объемов потребления продукта  $i$  на содержание и эксплуатацию производственных мощностей, выпускающих продукт  $j$  в году  $t$  (та часть этих затрат, которая не зависит от объема выпуска продукции в году  $t$ );

$N = [\Pi_t^R \ \Pi_t^F \ Y_t]$  – объединение матриц  $\Pi_t^R, \Pi_t^F, Y_t$  вдоль строк (по горизонтали), то есть объединенная матрица объемов потребления продуктов, не зависящего от объема выпуска в году  $t$ ;

$N_t^S$  – вектор объема потребления продуктов, не зависящего от объемов их выпуска, суммарный по всем направлениям такого потребления (сумма столбцов матрицы  $N$ );

$D_t^N = \{d_{ij}^N\}_{i=1,\dots,n, j=1,\dots,2n}$  – матрица значений доли отечественных продуктов в объеме промежуточного потребления, не зависящего от объема выпуска продукции;

$D_t = \begin{bmatrix} D_t^W & D_t^N & D_t^Y \end{bmatrix}$  – матрица значений доли отечественных продуктов в объеме использования (всего промежуточного и конечного);

$Ip_{it}^S$  – суммарный по всем направлениям использования объем импорта<sup>13</sup> продукта  $i$  в году  $t$ ;

$Ip_t = \{Ip_{it}^S\}_{i=1,\dots,n}$  – вектор объемов импорта по видам продуктов в году  $t$ ;

$MU_t^{ID} = \{mu_{ij}^{ID}\}_{i,j=1,\dots,n}$  – матрица удельных значений суммы всех наценок (транспортной, торговой, налоговой) на единицу стоимости продукта  $i$ , использованного в направлении  $j$  промежуточного потребления<sup>14</sup> в году  $t$ ;

$MU_t^{fu} = \{mu_{iq}^{fu}\}_{i=1,\dots,n, q=1,\dots,n^{fu}}$  – матрица удельных значений суммы всех

наценок (транспортной, торговой, налоговой) на единицу стоимости продукта  $i$ , использованного в направлении  $q$  конечного использования в году  $t$ ;

$\Phi_t = \{\varphi_{j\tau}\}_{j=1,\dots,n, \tau=0,\dots,(\tau_j^{\max}-1)}$  – матрица объемов производственных фондов,

обеспечивающих выпуск продуктов  $j=1,\dots,n$ , имеющих (фондов) по состоянию на начало года  $t$  возраст  $\tau=0,\dots,(\tau_j^{\max}-1)$ , где  $\tau_j^{\max}$  – максимальный возраст фондов, используемых в производстве продукта  $j$ <sup>15</sup>. Объем производственных фондов исчисляется в ценах базового года;

$\Phi_{ij}^S = \left\{ \sum_{\tau=0}^{\tau_j^{\max}} \varphi_{j\tau} \right\}$  – вектор суммарного по всем возрастам объема производственных фондов вида деятельности  $j$  по состоянию на начало года  $t$ ;

$\Psi_{ij}$  – объем производственных фондов вида деятельности  $j$ , новое строительство или модернизация которых начинается в году  $t$ .

$\mathcal{G}_j$  – продолжительность строительства (модернизации) объектов, поступающих в состав производственных основных фондов вида деятельности  $j$ ;

<sup>13</sup> Более естественное обозначение  $Imp$  не использовано по техническим причинам.

<sup>14</sup>  $mu$  – двухсимвольное обозначение, сокращение от английского “markup”.

<sup>15</sup> Фонды, имеющие по состоянию на начало года возраст 0, введены в эксплуатацию в предыдущем году. При достижении возраста  $\tau_j^{\max}$  фонды из эксплуатации выводятся, так что в наличии по состоянию на начало года таких фондов нет.

$\theta$  – порядковый номер года периода строительства (модернизации),  $\theta=1,\dots,\mathcal{G}_j$ ;

$\zeta_{i\theta j}$  – доля полной сметной стоимости объектов, являющихся сооружаемыми производственными мощностями вида деятельности  $j$ , строительство или модернизация которых начинается в году  $t$ , приходящаяся (доля) на год, имеющий порядковый номер  $\theta$  периода строительства этих объектов;

$Inv_t = \{Inv_{jt}\}_{j=1,\dots,n}$  – вектор объемов инвестиций<sup>16</sup> в нефинансовые активы (капиталообразующих инвестиций) видов деятельности (чистых отраслей), выпускающих продукт  $j$ ;

$Inv_t^S$  – суммарный по всем видам деятельности объем инвестиций в нефинансовые активы в году  $t$ ;

$x_t$  – вектор объемов выпуска продуктов в году  $t$ .

$m_t$  – вектор объемов производственных мощностей по выпуску продуктов.

$\Delta$  – коэффициент дисконтирования полезности по времени.

Далее символом верхнего надчеркивания “ $\bar{\phantom{x}}$ ” обозначается объединение соответствующих величин, относящихся к совокупности всех значений индекса  $t$ .

Модель:

- Целевая функция – максимизация полезности с учетом ее дисконтирования по времени

$$\sum_{t=1}^T \left( u_t (1 + \Delta)^{-t} \right) \xrightarrow{\bar{I}, \bar{D}, \bar{Inv}, \bar{r}^{DI}} \max \quad (7.1)$$

$$u_t = \sum_{q=1}^{n^{fc}} \sum_{i=1}^n y_{iq} \varepsilon_i \quad t=1,\dots,T \quad (7.2)$$

- Формирование добавленной стоимости

$$VA_{ij} = \left( 1 - \sum_{i=1}^n w_{ij} \right) x_{ij} - \sum_{i=1}^n (\pi_{ij}^R + \pi_{ij}^\Phi) \quad t=1,\dots,T \quad (7.3)$$

$$VA_{ij} \geq r_j^{VA, \min} x_{ij} \quad (7.4)$$

<sup>16</sup> Здесь, как и в ранее отмеченных случаях, использовано трехсимвольное обозначение одного понятия.

$$VA_t^S = \sum_{j=1}^n VA_{tj} \quad (7.5)$$

- наличные производственные мощности по выпуску продукции

$$m_t = f_m(\Phi_t, Pc\_Ind_t) \quad (7.6)$$

- Матрица коэффициентов прямых затрат

$$W_t = f_w(A_0, Pc\_Ind_t, \Phi_t) \quad t=1, \dots, T \quad (7.7)$$

здесь  $A_0$  – экзогенно заданная матрица коэффициентов прямых затрат в году  $t=0$  (например, по данным отчетности);

- Условие частичной взаимозаменяемости некоторых продуктов в их производственном потреблении

$$\sum_{i \in I_0} \omega_{ij} w_{ij} \frac{u_{ij}}{u_j} - \frac{\sum_{i \in I_0} w_{0ij} u_{ij}}{\sum_{i=1}^n w_{0ij} u_{ij}} = 0 \quad \forall j \in J_0 \quad (7.8)$$

- Конечное использование продукции

$$Y_t = f_Y(VA_{(t-1)}^S, Pc\_Ind_t, Y_t^{DI}) \quad t=1, \dots, T \quad (7.9)$$

$$y_{iq}^b = \sum_{i=1}^n y_{iq} (1 + mu_{iq}) \quad q=1, \dots, n^{fu} \quad (7.10)$$

- Соотношение между суммарным по всем продуктам объемом конечного потребления и валового накопления основного капитала, и объемом добавленной стоимости, созданной в предыдущем периоде

$$\sum_{q=1}^5 y_{iq}^b \leq VA_{(t-1)}^S \quad (7.11)$$

где  $q=1,2,3,4$  – направления конечного потребления,  $q=5$  – валовое накопление основного капитала.

- Формирование промежуточного потребления, не зависящего от объемов выпуска продукции в году  $t$

$$\Pi_t^R = \Pi_0^R f_{\pi^R}(x_{(t-1)}, Pc\_Ind_t, \Phi_t) \quad t=1, \dots, T \quad (7.12)$$

$$\Pi_t^F = \Pi_0^F f_{\pi^F}(Pc\_Ind_t, \Phi_t) \quad t=1, \dots, T \quad (7.13)$$

- Суммарный объем потребления продуктов, не зависящий от объемов выпуска продукции в году  $t$

$$N_t^S = \sum_{q=1}^{n^f} y_{iq} + \sum_{j=1}^n (\pi_{ij}^R + \pi_{ij}^F) \quad (7.14)$$

- Формирование импорта

$$Ip_{ii}^S = \sum_{j=1}^n (w_{ij} (1 - d_{ij}^W) x_j + \pi_{ij}^R (1 - d_{ij}^F) + \pi_{ij}^{\phi} (1 - d_{ij}^R)) + \sum_{q=1}^{n^{fu}} y_{iq} (1 - d_{ii}^Y) \quad (7.15)$$

- Основное уравнение межотраслевого баланса

$$(E - W_t) x_t = N_t^S - Ip_t \quad t=1, \dots, T \quad (7.16)$$

- Ограничение выпуска наличной производственной мощностью

$$x_t \leq m_t \quad (7.17)$$

Формирование объемов и возрастной структуры производственных основных фондов

$$\varphi_{j0} = \Psi_{(t-\vartheta_j+1)j} \quad (7.18)$$

$$\varphi_{j\tau} = \varphi_{(t-1)j(\tau-1)} \alpha_{j\tau}^{ra} \quad \tau=1, \dots, \tau_j^{max} \quad (7.19)$$

- Формирование и использование инвестиций

$$Inv_{ij} = f_{Inv}(VA_t^S, VA_{tj}, Y_t^{DI}, Pc\_Ind_t, MU_t^{ID}, MU_t^{fu}) \quad (7.20)$$

$$\Psi_{ij} = \sum_{\theta=1}^{\vartheta_j} \frac{Inv_{(t+\vartheta_j-\theta)j}}{Pc\_Ind_{(t+\vartheta_j-\theta)j}} \quad (7.21)$$

- Общий объем финансирования строительства всех объектов, находящихся в году  $t$  в процессе строительства, должен быть обеспечен имеющимся объемом инвестиций

$$\left( \sum_{\theta=1}^{g_j} \psi_{(t-\theta+1)j} \varsigma_{t\theta j} \right) P c_{-} Ind_{j^{\text{bid}}} = Inv_{ij} \quad j=1, \dots, n; t=1, \dots, T \quad (7.22)$$

где:  $j^{\text{bid}}$  – индекс отрасли «строительство»;

- Требование завершения сметного объема финансирования строительства каждого из строящихся объектов к моменту ввода его в эксплуатацию

$$\sum_{\theta=1}^{g_j} \varsigma_{t(g_j-\theta+1)j} = 1 \quad j=1, \dots, n; t=1, \dots, T \quad (7.23)$$

- Требование неотрицательности сальдо торгового баланса страны

$$\sum_{i=1}^n (Ex_i^{\text{FOB}} - Ip_i) \geq 0 \quad t=1, \dots, T \quad (7.24)$$

$f_w, f_m, f_y, f_{\pi R}, f_{\pi \Phi}, f_{Inv}$

Важной характеристикой сформированной модели в математико-вычислительном аспекте является тот факт, что функции – рациональные функции, числитель и знаменатель которых представляют собой линейные/билинейные/трилинейные выражения своих аргументов.

## 7.2. Конкретизация модели

### 7.2.1. Взаимозаменяемость продуктов

Взаимозаменяемость продуктов, кратко упомянутая в абстрактной записи модели, здесь конкретизируется следующим образом. Во-первых, взаимозаменяемыми могут быть продукты, относящиеся к различным позициям принятой номенклатуры видов продуктов. Классическим примером является взаимозаменяемость угля, мазута и газа при производстве электроэнергии и теплоэнергии. Во-вторых, взаимозаменяемость возникает при введении в модель подразделения одноименных продуктов по категориям их качества. В терминах модели межотраслевого баланса категории качества различаются тем, что при производстве конкретной продукции конкретной категории качества потребность в каком-либо используемом продукте может быть

удовлетворена комбинацией всех трех его категорий качества, но использование продукта более высокого качества позволяет снизить удельные материальные затраты на единицу объема выпуска производимого продукта. Если общую потребность в продукте, используемом в производстве, измерять, например, стоимостью продукта первой категории, то для покрытия одной единицы этой потребности продуктом второй и, тем более, третьей категории стоимость заменяемой части потребности увеличивается. Формально это можно описать введением коэффициентов эквивалентности второй и третьей категорий по отношению к первой: для первой категории коэффициент эквивалентности принимается равным 1, тогда для второй категории этот коэффициент больше 1, а для третьей больше, чем для второй. Конкретные значения коэффициентов эквивалентности категорий качества определяются технологией производства.

Указанное подразделение продуктов по категориям качества принято для отечественных продуктов. Импортные продукты рассматриваются отдельно, принято, что все они имеют первую (высшую) категорию качества, то есть коэффициент эквивалентности для них равен 1.

Все сказанное выше о взаимозаменяемости продуктов, используемых в производстве, относится и к конечному потреблению с той только разницей, что коэффициенты эквивалентности определяются не технологией производства, а предпочтениями потребителей.

Одноименные продукты, относящиеся к различным категориям качества, в модели формально считаются различными взаимозаменяемыми продуктами. Соответственно расширяется номенклатура видов продукции – для каждого из подразделяемых по категориям качества продуктов отведено по три отдельных позиции. Для удобства обозначений позиции расширенной номенклатуры нумеруются двумя индексами – первый обозначает номер позиции в исходной номенклатуре, второй – номер категории качества. Рассмотрим сначала порядок учета взаимозаменяемости продуктов в промежуточном потреблении, пропорциональном объему выпуска продукции, а затем – в промежуточном потреблении, пропорциональном объему производственных фондов и пропорциональном объему работ по капитальному ремонту фондов.

Обозначим:

$w_{ijk}^{bas}$  – исчисленное в базовой цене количество продукта вида  $i$  первой (высшей) категории качества, которое необходимо было бы для выпуска в году  $t$  продукта  $j$  качества  $k$  в единичном объеме, исчисленном в базовой цене, если бы использованный в производстве продукт вида  $i$  был бы только первой категории качества.

$\omega_{ijk}$  – исчисленные в базовых ценах коэффициенты эквивалентности расхода продукта вида  $i$  качества  $l$  при производстве продукта  $j$  качества  $k$ . Кроме отечественных продуктов, имеющих категорию качества  $l=1,2,3$ , могут использоваться также импортные продукты, будем считать, что они имеют категорию качества  $l=0$ . По определению полагаем, что для расходуемого продукта первой категории качества, а также для импортного продукта  $\omega_{i1jk} = \omega_{i0jk} = 1$ . В большинстве случаев  $\omega_{i3jk} > \omega_{i2jk} > \omega_{i1jk} = 1$ .

$\xi_{ijk}$  – доля  $l$ -й категории качества в общем объеме продукта  $i$  (отечественного и импортного), использованного в производстве продукта  $j$ , имеющего  $k$ -ю категорию качества. Эта доля исчисляется в предположении, как если бы цена продукта  $i$  категории качества  $l$  в году  $t$  сохранялась бы на базовом уровне. Очевидно, что  $\sum_{l=0}^3 \xi_{ijk} = 1 \quad \forall t, i, j, k$ .

Величины  $w_{ijk}^{bas}$  определяются реализуемой в году  $t$  технологией производства продукта  $j$ , имеющего категорию качества  $k$ ,  $\omega_{ijk}$  являются технологическими нормативами, величины  $\xi_{ijk}$  отражают фактически сложившиеся в базовом году соотношения объемов применения различных технологий производства каждого из продуктов. Для  $t=1, \dots, T$  величины  $\xi_{ijk}$  являются экзогенно задаваемыми или управляемыми параметрами.

Тогда стоимость продукта  $i$  качества  $l$ , использованного на производство продукта  $j$  качества  $k$  (в части, пропорциональной объему выпуска продукции в текущем году), равна:

а) при исчислении стоимостей всех продуктов в базовых ценах

$$X_{ijk}^{bas} = x_{ijk}^{bas} \bar{w}_{ijk}^{bas} \xi_{ijk} \omega_{ijk} \quad \forall t, i, l, j, k \quad (7.25)$$

где:  $x_{ijk}^{bas}$  – объем выпуска в году  $t$  продукта  $j$  категории качества  $k$ , исчисленный в базовой цене;

$X_{ijk}^{bas}$  – исчисленная в базовой цене стоимость продукта  $i$  категории качества  $l$ , использованного в производстве продукта  $j$  категории качества  $k$ ;

б) то же в текущих ценах

$$X_{ijk} = X_{ijk}^{bas} \cdot Pc\_Ind_{it} \quad \forall t, i, l, j, k \quad (7.26)$$

где:  $X_{ijk}$  – исчисленная в текущей цене стоимость продукта  $i$  категории качества  $l$ , использованного в производстве продукта  $j$  категории качества  $k$ ;

Совокупность величин  $\{X_{ijk}\}_{i=1, \dots, n, l=0, 1, 2, 3}$  характеризует затраты

продуктов всех видов и категорий качества (включая импортные), пропорциональные объему выпуска продукции, на производство продукта  $j$ , имеющего категорию качества  $k$ .

Затраты продукции, пропорциональные наличному на начало года объему производственных основных фондов (сюда относятся расходы по содержанию и текущему ремонту фондов), а также затраты на капитальный ремонт фондов, определяются по формулам, аналогичным (7.25):

$$\pi_{ijk}^{F, bas} = \Phi_{ijk} w_{ijk}^F \xi_{ijk}^F \omega_{ijk} \quad \forall t, i, l, j, k \quad (7.27)$$

$$\pi_{ijk}^{R, bas} = Cr_{ijk}^{bas} \bar{w}_{ijk}^R \xi_{ijk}^R \omega_{ijk} \quad \forall t, i, l, j, k \quad (7.28)$$

где:  $\Phi_{ijk}$  – объем производственных основных фондов, обеспечивающих в году  $t$  выпуск продукта  $j$  категории качества  $k$ ;

$Cr_{ijk}^{bas}$  – объем работ по капитальному ремонту указанных фондов, исчисленный в ценах базового года;

$\bar{w}_{ijk}^F, \xi_{ijk}^F, \bar{w}_{ijk}^R, \xi_{ijk}^R$  – величины, аналогичные  $\bar{w}_{ijk}, \xi_{ijk}$  применительно к рассматриваемым здесь видам затрат.

Потребность в каждом из продуктов, используемых в конечном потреблении и в валовом накоплении основного капитала, также удовлетворяется совокупностью объемов этого продукта, относящихся к различным категориям качества. По аналогии с рассмотренным выше промежуточным потреблением, введем величины  $\omega_{i1q}^{ic}, \xi_{i1q}^{ic}$ , а вместо  $\bar{w}_{ijk}$  будем, в соответствии с принятой нами системой обозначений, использовать обозначение  $\bar{y}_{i1q}$ . Здесь индекс

$l$  обозначает категорию качества продукта, индекс  $q$  – направление использования (4 направления конечного потребления и валовое накопление основного капитала), верхние индексы “fc” указывают на конечное потребление.

Тогда

$$y_{iilq}^{bas} = \bar{y}_{iilq}^{bas} \xi_{iilq}^{fc} \omega_{iilq}^{fc} \quad \forall t, i, l, \quad q = 1, \dots, 5 \quad (7.29)$$

$$y_{iilq} = y_{iilq}^{bas} P c\_Ind_{iil} \quad \forall t, i, l, \quad q = 1, \dots, 5 \quad (7.30)$$

Конечные потребители выбирают значения долей  $\xi_{iilq}^{fc}$  исходя из системы своих предпочтений и доступного им бюджета. В валовом накоплении основного капитала  $\xi_{iilq}^{fc}$  выбираются аналогично промежуточному потреблению, но с учетом ограниченности объема финансирования.

Рассмотрим особенности выбора величин  $\xi_{iijk}$ ,  $\xi_{iijk}^F$ ,  $\xi_{iijk}^R$ ,  $\xi_{iilq}^{fc}$  при  $l=0$ , то есть долей импортных продуктов в удовлетворении общей потребности в продукте  $i$ . Принимая во внимание высокую степень агрегации номенклатуры продуктов, принятой в межотраслевом балансе, в составе продукта  $i$  могут оказаться такие подвиды этого продукта, которые отечественной экономикой в данном году либо вообще не производятся, либо производятся в недостаточном количестве. Принятые технологии производства некоторых продуктов могут требовать использования импортного продукта, который не может быть замещен отечественным продуктом даже первой (высшей) категории качества. В этом случае ограничивается снизу допустимое значение соответствующей величины  $\xi_{i0jk}$ .

Обычно замещение импортного продукта отечественным становится возможным и расширяется по мере создания и увеличения производственных мощностей, выпускающих инновационную продукцию. Такими мощностями могут быть производственные мощности только первой (самой младшей) возрастной группы, но и не все, а только создаваемые по инновационным проектам. Условия разработки и реализации проектов создания инновационных производственных мощностей могут быть включены в модель вычислимого общего равновесия экономики. Один из возможных подходов к решению этой задачи приведен в разделе 8. Впредь до более полной разработки этого вопроса в качестве паллиатива принято, что ниж-

няя граница для каждой  $\xi_{i0jk}$  определяется некоторой экспертно заданной долей от доли младшей возрастной группы производственных мощностей в общем объеме производственных мощностей по выпуску продукта  $i$ .

Для остальных, кроме пяти рассмотренных здесь, направлений конечного использования порядок распределения общей потребности каждого из продуктов по категориям качества иной. Прирост запасов распределяется по категориям качества в соответствии с факторами, определяющими величину этого прироста (см. ниже, 7.2.3.2), весь объем экспорта целиком относится к первой (высшей) категории качества (кроме тех продуктов, которые в рамках рассматриваемой модели не различаются по качеству, как, например, электроэнергия).

### 7.2.2 Модель формирования добавленной стоимости и располагаемых доходов.

Здесь, как уже указывалось ранее (см. раздел 1), рассматривается полная добавленная стоимость. В соответствии с принятым определением и введенным выше подразделением продуктов по категориям качества, а также с учетом подразделения общего объема промежуточного потребления на части, пропорциональные объему выпуска в текущем году, объему работ по капитальному ремонту фондов и объему наличных фондов, получаем следующее выражение для объема полной добавленной стоимости, созданной в отрасли  $j$  в году  $t$

$$VA_j = \sum_{k=1}^3 x_{ijk} - \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^n \sum_{l=0}^3 (X_{iijk} + \pi_{iijk}^R + \pi_{iijk}^F), \quad (7.31)$$

где  $x_{ijk}$  – выпуск продукта  $j$ , имеющего категорию качества  $k$ , в году  $t$ ;

$X_{iijk}$  – часть промежуточного потребления продукта  $i$ , имеющего категорию качества  $l$ , которая пропорциональна объему выпуска продукта  $j$ , имеющего категорию качества  $k$ ;

$\pi_{iijk}^R$  – часть аналогичного промежуточного потребления, которая пропорциональна объему работ по капитальному ремонту основных фондов;

$\pi_{iijk}^F$  – часть аналогичного промежуточного потребления, которая пропорциональна объему производственных фондов.

В результате распределения и перераспределения первичных доходов институциональных единиц, участвующих в экономической деятельности (наемные работники, корпорации, государство) общая величина добавленной стоимости, созданной в отрасли (виде деятельности)  $j$ , распадается на компоненты, которыми распоряжаются указанные институциональные единицы. Обозначим эти компоненты  $V_{j1}, V_{j2}, V_{j3}$  соответственно. Тогда

$$V_{j1} = WB_{ij} (1 - IPP\_Tx\_R_t) \quad (7.32)$$

$$V_{j2} = Pr_{ij} (1 - Pr\_Tx\_R_t) + A_{ij} \quad (7.33)$$

$$V_{j3} = IB_{ij} \quad (7.34)$$

$$V_{ij} = V_{j1} + V_{j2} + V_{j3} \quad (7.35)$$

где:  $WB_{ij}$  – (wage bill) фонд заработной платы в отрасли (виде деятельности)  $j$  в году  $t$ <sup>17</sup>;

$WB\_Tx_{ij}$  – (wage-bill tax) начисления на оплату труда, направляемые на социальные нужды;

$IPP\_Tx\_R_t$  – (incomes of physical persons tax rate) ставка налога на доходы физических лиц (реальная, то есть отношение фактически поступившего в бюджет налога к величине оплаты труда);

$Pr_{ij}$  – чистая (то есть, валовая за вычетом амортизации) прибыль корпораций до уплаты налога на прибыль;

$Pr\_Tx\_R_t$  – ставка налога на прибыль (реальная);

$A_{ij}$  – амортизация, начисляемая на стоимость основных фондов;

$IB_{ij}$  – налоговый доход консолидированного государственного и муниципальных бюджетов.

Величины, входящие в формулы (7.32) – (7.35), определяются следующим образом.

а) фонд заработной платы

$$WB_{ij} = \sum_{k=1}^3 \left( c_{jk}^{ID} X_{ijk} + c_{jk}^F \widehat{\Phi}_{ijk} \right) + c_j^R \widehat{\Phi}_{ij3} \quad \text{при } j=1, \dots, n; \quad (7.36)$$

<sup>17</sup> В российской версии национального счетоводства термином «фонд заработной платы» обозначается объем фонда заработной платы, начисленной работодателем всему составу наемных работников. Фонд заработной платы не включает начисление социального налога на нее.

где:  $c_{jk}^{ID}, c_j^F, c_j^R$  – удельные значения величины заработной платы, пропорциональные, соответственно:  $c_{jk}^{ID}$  – объему выпуска продукта  $j$ , имеющего категорию качества  $k$ ;  $c_j^F$  – объему производственных основных фондов вида деятельности (отрасли)  $j$ , наличных по состоянию на начало года  $t$ ;  $c_j^R$  – объему работ по капитальному ремонту этих фондов, выполняемому в году  $t$  (капитальному ремонту подвергаются фонды только самой старшей возрастной группы);

б) начисления на оплату труда

$$WB\_Tx_{ij} = WB_{ij} (1 - \varepsilon_{ij}^{WB}) \cdot WB\_Tx\_R_t \quad (7.37)$$

где  $WB\_Tx\_R_t$  – ставка начислений налога, взимаемого на социальные нужды;

$\varepsilon_{ij}^{WB}$  – доля фонда заработной платы, учитываемая, в соответствии с российским законодательством и правилами бухгалтерского учета, как часть прибыли, подлежащей обложению налогом на прибыль.

в) налог на продукты, использованные в производстве

$$PC\_Tx_{ij} = \sum_{k=1}^3 \sum_{l=0}^3 X_{ijkl} tx_{ij}^{ID} \quad (7.38)$$

г) чистая прибыль (валовая прибыль за вычетом потребления основного капитала, но до уплаты налога), созданная при производстве продукта  $j$

$$Pr_{ij} = \sum_{k=1}^3 x_{ijk} - \left( \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^n \sum_{l=0}^3 X_{ijkl} + PC\_Tx_{ij} + WF_{ij} (1 + WB\_Tx\_R_t)_{ij} + A_{ij} + Tx\_Oth_{ij} - Subs_{ij} \right) \quad \text{при } j=1, \dots, n; \quad (7.39)$$

где  $Tx\_Oth_{ij}$  – так называемые «другие налоги на производство»;

$Subs_{ij}$  – субсидии на производство.

Величина  $Pr_{ij}$  представляет собой чистую прибыль до уплаты налога на прибыль, как она определена в системе национального счетоводства. Прибыль как база налога на прибыль в соответствии с российским законодательством и правилами бухгалтерского учета отличается от  $Pr_{ij}$ , главным образом, по двум основаниям:

- Реально получаемый доход отличается от  $x_{ijk}$  на величину изменения запасов готовой нереализованной продукции и запасов продуктов, используемых в производстве (про-

изводственных запасов). Доход уменьшается на величину прироста запасов, если этот прирост положительный, и увеличивается, если прирост отрицательный (запасы уменьшаются по сравнению с предыдущим годом). В виде деятельности «Торговля» запасов собственной нереализованной готовой продукции нет (как и по всем видам услуг), но есть запасы нереализованных товаров, предназначенных для дальнейшей продажи.

- Часть фонда зарплаты, учтенного в системе национального счетоводства, в бухгалтерском учете рассматривается как прибыль.

Прибыль, облагаемая налогом на прибыль («бухгалтерская прибыль»), равна:

- Для всех видов деятельности, кроме торговли

$$Pr_{ij}^{tx} = Pr_{ij} - \sum_{k=1}^3 (\Delta FS_{ijk} + \Delta IMS_{ijk}) + WB_{ij} \epsilon_{ij}^{WB} \quad (7.40)$$

В видах деятельности по производству услуг (не товаров)  $\Delta FS_{ijk} = 0$

- Для торговли

$$Pr_{ij^{Rt}}^{tx} = Pr_{ij^{Rt}} - \sum_{i \in I^{good}} \sum_{l=0}^3 (\Delta Str_{iil} + \Delta IMS_{ij^{Rt}il}) + WB_{ij^{Rt}} \epsilon_{ij^{Rt}}^{WB} \quad (7.41)$$

Порядок определения величин приростов запасов готовой продукции  $\Delta FS_{ijk}$ , производственных запасов  $\Delta IMS_{ijk}$  и запасов нереализованных товаров в торговой системе  $\Delta Str_{iil}$  приведен в разделе 7.2.3.2.

- г) амортизация

$$A_j = a_j^{ra} \Phi_j \quad \text{при } j = 1, \dots, n; \quad (7.42)$$

где  $a_j^{ra}$  – норма амортизационных отчислений в отрасли  $j$ .

- д) налоговый доход консолидированного бюджета, формируемый в отрасли (виде производства)  $j$

$$IB_j = PC_{Tx_j} + WB_{Tx_j} + Tx_{Oth_j} - Subs_j + WB_j \cdot IPP_{Tx_R_t} + Pr_{ij}^{tx} \cdot Pr_{Tx_R_t} \quad (7.43)$$

В состав «других налогов на производство» входят налог на имущество, транспортный налог, налог на добычу полезных ископаемых и ряд других налогов, общая величина которых существенно меньше, чем величина указанных трех налогов. Объем налога на имущество и транспортного налога принимаем пропорциональным наличному объему основных фондов, объем налога на добычу полезных ископаемых принимаем пропорциональным объему выпуска продукции, аналогично зависит от объема выпуска и сумма всех остальных налогов, входящих в состав категории «другие налоги на производство». В ставку налога на имущество включим и ставку транспортного налога в доле, соответствующей доле стоимости транспортных средств в общей величине основных фондов. В ставку НДС включим, кроме того, усредненную ставку всех других налогов, объем которых зависит от объема выпуска продукции. Тогда

$$Tx_{Oth_j} = \Phi_j \cdot PL_{R_j} + X_j \cdot MO_{Tx_R_j} \quad (7.44),$$

где:  $PL_{R_j}$  – ставка налога на имущество (property levy).

$MO_{Tx_R_j}$  – ставка налога добычу полезных ископаемых (mining operations tax). Ставка этого налога ненулевая для отраслей (видов деятельности), осуществляющих добычу полезных ископаемых;

Субсидии на производство будем считать пропорциональными объему выпуска

$$Subs_j = ss_j X_j \quad \text{при } j = 1, \dots, n; \quad (7.45),$$

где  $ss_j$  – установленная норма субсидий на единицу объема выпуска продукта  $j$  (для тех продуктов, для которых субсидии установлены).

Порядок определения объемов выпуска  $x_j$ , наличного объема фондов  $\Phi_j$  и затрат на капитальный ремонт фондов  $MR_j$  изложен в соответствующих разделах ниже.

Суммарный по народному хозяйству располагаемый доход (disposable income) наемных работников  $DI_{t1}$  является суммой по всем отраслям соответствующих компонентов добавленной стоимости:

$$DI_{t1} = \sum_{j=1}^n V_{j1} \quad (7.46)$$

Суммарный по народному хозяйству располагаемый доход корпораций является суммой по всем отраслям соответствующих компонентов добавленной стоимости, уменьшенных на величину прироста запасов готовой продукции – товаров (в терминах СНС – запасов продукции у производителей) и прироста запасов продуктов, используемых в производстве (производственных запасов, или, в терминах СНС, запасов у потребителей, а по отрасли «Торговля» – запасов в торговле). Необходимость вычитания стоимости прироста запаса готовой продукции определяется тем, что этот прирост входит в состав выпуска, но не входит в состав доходов от реализации, а, следовательно, и в состав располагаемого дохода. Необходимость вычитания стоимости прироста производственного запаса определяется тем, что, в соответствии с методологией национального счетоводства затраты, связанные с приростом этих запасов, не включаются в промежуточное потребление (они рассматриваются как компоненты конечного использования), но они уменьшают располагаемый доход корпораций. Таким образом

$$DI_{t2} = \sum_{j=1}^n (V_{tj2} - \Delta FS_{tj} - \Delta IMS_{tj}) \quad (7.47),$$

где:  $DI_{t2}$  – располагаемый доход корпораций;  
 $\Delta FS_{tj}$  – прирост запаса готовой продукции (finished stock) в отрасли  $j$  в году  $t$ ;  
 $\Delta IMS_{tj}$  – прирост суммарного по всем продуктам производственного запаса продуктов (inventory materials stock), используемых в производстве продукта  $j$  в году  $t$ .  
 При подстановке в формулу (7.47) данных, относящихся к виду деятельности «Торговля» ( $j = j^{Rt}$ ), вместо  $\Delta FS_{tj}$  подставляется

$$\sum_{i \in J^{good}} \sum_{l=0}^3 \Delta Str_{itl} - \text{прирост запасов нереализованных товаров, пред-}$$

назначенных для дальнейшей продажи. Порядок определения величин приростов запасов рассмотрен ниже в разделе 7.2.3.2.

Налоговый доход консолидированного бюджета включает, кроме суммы доходов, сформированных в отраслях, еще сумму налогов на продукты, использованные в конечном использовании. Тогда:

$$DI_{t3} = \sum_{j=1}^n V_{tj3} + \sum_{q=1}^{n^c} FU_{tq} - Tx_{tq} \quad (7.48)$$

где:  $DI_{t3}$  – располагаемый доход государства;  
 $FU_{tq} - Tx_{tq}$  – суммарная по всем продуктам величина налогов на продукты, использованные в направлении  $q$  конечного использования (final utilization tax).

Порядок определения налогов на продукты рассмотрен ниже, раздел 7.2.5.

Величины  $DI_{t1}$ ,  $DI_{t2}$ ,  $DI_{t3}$  сформированы из доходов, фактически полученных соответствующими институциональными единицами-субъектами хозяйствования в предыдущем году. Именно эти доходы являются основой формирования спроса на продукцию в текущем году. Если, однако, спрос в предыдущем году сдерживался недостатками производственных мощностей в некоторых отраслях, оказавшихся «узкими местами» экономики в целом, а анализ хода капитального строительства в предыдущем году показывает, что за счет ввода в эксплуатацию новых производственных мощностей к началу текущего года эти «узкие места» будут в той или иной мере расширены, то целесообразно создать условия для расширения спроса в текущем году с учетом ожидаемого увеличения предложения. При этом предложение может расширяться не только в отраслях, бывших «узкими местами», но и в некоторых других отраслях, выпуск продукции в которых сдерживался из-за недостатка предложения «узкими местами». В такой ситуации к доходам, полученным институциональными единицами в прошлом году, целесообразно добавить дополнительные доходы в виде денежных средств, дополнительно эмитируемых государством. Естественно, такая добавка должна быть строго дозирована во избежание возникновения инфляции, а точнее – во избежание такого роста цен, который обесценит дополнительный доход, полученный за счет эмиссии денег государством. Теорию выбора объема дополнительной эмиссии предстоит еще разработать, однако есть основания полагать, что увеличение располагаемых доходов за счет эмиссии на 5-10% оказывается, как правило, целесообразным – ведет к увеличению суммарного по стране валового внутреннего продукта, исчисленного в неизменных ценах. В модели в дальнейших расчетах используются именно такие несколько увели-

ченные значения располагаемых доходов институциональных единиц-субъектов хозяйствования.

### 7.2.3 Модель формирования конечного использования продукции

По классификации, принятой в российской версии системы национальных счетов, в составе конечного использования продуктов выделены следующие его компоненты:

- 1) конечное потребление домашних хозяйств;
- 2) приобретение государством продуктов для предоставления домашним хозяйствам бесплатных услуг коллективного использования;
- 3) то же для индивидуального использования;
- 4) приобретение продуктов некоммерческими организациями для предоставления бесплатных услуг домашним хозяйствам;
- 5) валовое накопление основного капитала;
- 6) изменение запасов продукта у производителей, потребителей и в торговле;
- 7) чистое накопление ценностей;
- 8) экспорт<sup>18</sup>.

По каждому направлению конечного использования используются одноименные отечественные и импортные продукты. В составе некоторых из отечественных продуктов различаются продукты 1-й, 2-й и 3-й категорий качества.

Далее излагаются принятые в разработанной модели исходные положения и формулы расчета элементов конечного использования продуктов отдельно по нескольким группам направлений их конечного использования.

### 7.2.3.1. Конечное потребление и валовое накопление основного капитала

Стоимость используемых продуктов, суммарная по всем видам продуктов и по направлениям их использования в конечном потреблении и в валовом накоплении основного капитала, определяется величиной располагаемых доходов институциональных единиц (наемных работников, корпораций, государства), полученных в предыдущем периоде (см. раздел 6.3). Далее используются обозначения компонент конечного использования  $Y_{iq}$  и  $Y_{iq}^b$ , введенные в 7.1. Их значения определяются на основе связей между элементами добавленной стоимости и компонентами конечного использования продукции. Частично эти связи были установлены в (Позамантир, Тищенко, 2004), в более полном объеме, но только для однопродуктовой модели они приведены в (Арбатов, 2004). В (Шугаль, Ершов, 2008) эти связи исследованы для отчетного межотраслевого баланса. В настоящей работе разработана модель, представляющая собой дальнейшее развитие и обобщение этого методического подхода, основанного на составлении балансов формирования элементов добавленной стоимости и их использования по направлениям конечного потребления. Источником информации для установления указанных балансов может служить совокупность счетов секторов «Предприятия», «Домашние хозяйства», «Государственные учреждения», входящих в состав «Системы национальных счетов России» (Национальные счета России в 1996-2003 годах. Статистический сборник, 2004), а также основные положения и нормативы системы налогообложения (Налоговый кодекс Российской Федерации. Часть вторая). На основе указанных данных формируется матрица  $Y_0^{DI} = \left\{ \gamma_{0gq}^{DI} \right\}_{\substack{g=1,2,3 \\ q=1,\dots,5}}$ ,

характеризующая имевшее место в отчетном периоде распределение располагаемых доходов институциональных единиц – субъектов хозяйствования по финансируемым из этих доходов направлениям конечного использования. Индекс  $g$  обозначает институциональную единицу (наемные работники, корпорации, государство), индекс  $q$  – направление конечного использования ( $q=1, \dots, 4$  – конечное потребление,  $q=5$  – валовое накопление основного капитала, остальные направления конечного использования

<sup>18</sup> В официальных документах Росстата в составе конечного использования выделяется, кроме перечисленных, позиция «импорт» со знаком «минус», причем в эту позицию включается суммарный объем импорта, использованного во всех направлениях промежуточного потребления и конечного использования. В излагаемой модели импорт рассчитывается отдельно по каждому направлению использования, поэтому отдельной позицией в состав конечного использования не включен. При этом в каждом из направлений конечного использования используются как отечественные, так и импортные продукты.

не финансируются из располагаемых доходов институциональных единиц). Для расчетов прогнозируемых периодов матрица  $\mathcal{Y}_t^{DI}$  либо принимается неизменной во времени ( $\mathcal{Y}_t^{DI} \equiv \mathcal{Y}_0^{DI}$ ), либо задается экзогенно, либо может быть управляемым

параметром. При этом, естественно,  $\sum_{q=1}^5 \gamma_{tq}^{DI} \leq 1 \quad \forall t, g$ .

В соответствии с определением матрицы  $\mathcal{Y}_t^{DI}$  и связью объемов конечного использования с располагаемыми доходами предыдущего периода имеет место следующее равенство

$$\begin{aligned} & \left( \mathcal{Y}_{t1}^b \mathcal{Y}_{t2}^b \mathcal{Y}_{t3}^b \mathcal{Y}_{t4}^b \mathcal{Y}_{t5}^b \right) = \\ & = \left( DI_{(t-1)1} (1+k^{\text{emiss}}) \quad DI_{(t-1)2} (1+k^{\text{emiss}}) \quad DI_{(t-1)3} (1+k^{\text{emiss}}) \right) \cdot \mathcal{Y}_t^{DI} \quad \forall t \end{aligned} \quad (7.49)$$

где  $k^{\text{emiss}}$  – относительное увеличение располагаемого дохода за счет дополнительной эмиссии денежной массы государством.

Величины  $DI_{(t-1)g}$  исчисляются по номиналу и потому как бы ни изменялись цены в году  $t$ , значения  $\mathcal{Y}_{tq}^b$  не изменяются.

Рассмотрим более детально валовое накопление основного капитала, отождествляемое нами с инвестициями в нефинансовые активы.

Величина  $\mathcal{Y}_{t5}^b$ , полученная по формуле (7.49) при  $q=5$ , представляет собой суммарный по всем отраслям объем инвестиций, сформированный исключительно из добавленной стоимости, созданной в экономике России в предыдущем году. Далее этот объем инвестиций будем обозначать через  $\tilde{\mathcal{Y}}_{t5}^b$ . Существуют и другие источники финансирования инвестиций, из числа которых введем в рассмотрение два: иностранные инвестиции и отечественные внебюджетные фонды, созданные ранее за счет профицита консолидированного государственного бюджета.

Объем инвестиций в нефинансовые активы каждой отрасли представим в виде суммы двух слагаемых: собственные инвестиции и привлеченные. Собственные инвестиции включают полностью объем амортизационных отчислений, начисленных на производственные основные фонды отрасли, имевшиеся по состоянию на начало текущего года, плюс та часть прибыли, полученной в предыдущем году, оставшейся в распоряжении корпораций, которая в текущем году будет направлена на финан-

сирование инвестиций в нефинансовые активы собственной отрасли. Еще одна часть прибыли направляется на приобретение размещаемых в порядке IPO акций или других ценных бумаг других отраслей непосредственно или путем внесения средств в банковские депозиты. Затраты из прибыли, направляемые на приобретение перепродаваемых ценных бумаг, не являющихся непосредственно объектом эмиссии в текущем году, в формировании новых производственных основных фондов в этом году не участвуют и здесь не рассматриваются.

Тогда

$$Inv_{jt} = Inv_{jt}^{\text{own}} + Inv_{jt}^{\text{debt}} \quad (7.50)$$

где:  $Inv_{jt}$  – объем инвестиций в нефинансовые активы отрасли  $j$  в году  $t$ ;

$Inv_{jt}^{\text{own}}$  – собственные инвестиции отрасли  $j$ ;

$Inv_{jt}^{\text{debt}}$  – инвестиции, привлеченные в отрасль  $j$ .

$$Inv_{jt}^{\text{own}} = A_{jt} + \gamma_{(t-1)j}^{\text{own}} \cdot Pr_{(t-1)j} \left( 1 - PrTxR_{(t-1)j} \right) \quad (7.51)$$

где:  $\gamma_{(t-1)j}^{\text{own}}$  – доля прибыли, полученной в предыдущем году, остающейся в распоряжении корпораций, направляемая на инвестиции в собственную отрасль  $j$ ;

$Pr_{(t-1)j} \left( 1 - PrTxR_{(t-1)j} \right)$  – прибыль, полученная в предыдущем году, остающаяся в отрасли  $j$  в распоряжении корпораций (см. 7.2.2).

$$Inv_{jt}^{\text{debt}} = Inv_{jt}^{\text{mc}} + Inv_{jt}^{\text{gov}} + Inv_{jt}^{\text{exbf}} + Inv_{jt}^{\text{fn}} \quad (7.52)$$

где:  $Inv_{jt}^{\text{mc}}$  – инвестиции, привлеченные с рынка капитала;

$Inv_{jt}^{\text{gov}}$  – инвестиции из консолидированного государственного бюджета, сформированного в году  $t$ ;

$Inv_{jt}^{\text{exbf}}$  – инвестиции из внебюджетных фондов;

$Inv_{jt}^{\text{fn}}$  – иностранные инвестиции.

Величины  $Inv_{jt}^{\text{gov}}$ ,  $Inv_{jt}^{\text{exbf}}$ ,  $Inv_{jt}^{\text{fn}}$  задаются экзогенно. При этом суммарный по всем отраслям объем государственных инвестиций равен той части располагаемого дохода консолидированного госу-

дарственного бюджета, которую государственная власть сочла необходимым направить на инвестиции в нефинансовые активы отраслей:

$$\sum_{j=1}^n \text{Inv}_{ij}^{\text{gov}} = \gamma_{(t-1)3,5}^{\text{DI}} \text{DI}_{(t-1)3} \quad (7.53),$$

где:  $\gamma_{(t-1)3,5}^{\text{DI}}$  – элемент матрицы  $\mathbf{Y}_{(t-1)}^{\text{DI}}$ , находящийся в строке «Государство» и столбце «Валовое накопление основного капитала»;

$\text{DI}_{(t-1)3}$  – располагаемый доход консолидированного бюджета (см. 7.2.2).

Величины  $\text{Inv}_{ij}^{\text{mc}}$  определяются как результат распределения общего объема рынка капитала между отраслями-претендентами пропорционально коэффициентам их инвестиционной привлекательности. Значения этого коэффициента для различных отраслей определяются многими факторами, некоторые из которых могут иметь субъективный характер. Поскольку число лиц, принимающих решения об инвестициях, весьма велико, совокупное влияние субъективных факторов можно было бы попытаться описать как случайную компоненту коэффициента инвестиционной привлекательности, это может быть объектом отдельного исследования. В качестве первого, самого грубого приближения можно принять в качестве коэффициента инвестиционной привлекательности отношение рентабельности капитала отрасли к средней рентабельности капитала по экономике в целом:

$$k_{ij}^{\text{inv}} = \left( \frac{Pr_{ij}}{\Phi_{ij}} \right) / \left( \frac{\sum_{p=1}^n Pr_{ip}}{\sum_{p=1}^n \Phi_{ip}} \right) \quad \forall t, j \quad (7.54)$$

Общий объем рынка капитала можно принять равным

$$\text{MC}_t = \sum_{j=1}^n Pr_{(t-1)j} \left( 1 - Pr\_Tx\_R_{(t-1)} \right) \left( \gamma_{(t-1)j}^{\text{inv}} - \gamma_{(t-1)j}^{\text{own}} \right) \quad (7.55)$$

где  $\gamma_{ij}^{\text{inv}}$  – доля прибыли отрасли  $j$ , остающейся в распоряжении корпораций, направляемая на инвестиции в собственную и во все другие отрасли.

Тогда

$$\text{Inv}_{ij}^{\text{mc}} = k_{ij}^{\text{inv}} \cdot \text{MC}_t \quad (7.56)$$

Добавленная стоимость, созданная в предыдущем году, является источником формирования собственных инвестиций совокупности всех отраслей и отечественного рынка капиталов. Поэтому:

$$\sum_{j=1}^n \text{Inv}_{ij}^{\text{own}} + \text{MC}_t = \mathbf{Y}_{t5}^b \quad (7.57)$$

где  $\mathbf{Y}_{t5}^b$  определено выше по формуле (7.49). Суммарный по всем отраслям и всем источникам финансирования объем инвестиций в нефинансовые активы (в валовое накопление основного капитала) равен

$$\mathbf{y}_{t5}^b = \mathbf{Y}_{t5}^b + \sum_{j=1}^n \left( \text{Inv}_{ij}^{\text{exbf}} + \text{Inv}_{ij}^{\text{fn}} \right) \quad (7.58)$$

Формула (7.49) при  $q=1, \dots, 4$  и формула (7.58) определяют только суммарный по всем видам продуктов и категориям их качества объем каждого компонента конечного использования, исчисленный в ценах покупателей. Развертывание общей величины компонента по видам продуктов (по индексу  $i$ ) производится на основе продуктовой структуры соответствующего компонента по данным отчетного межотраслевого баланса. Дальнейшее развертывание объема использования отдельного продукта по категориям его качества производится с использованием функций предпочтения потребителя и условий равновесия предложения и спроса. В процессе развертывания суммарной величины в объемы каждого из продуктов одновременно надо перейти от цен покупателей к основным ценам. Этот переход выполняется с помощью соответствующего коэффициента. Обратный к нему коэффициент перехода от основных цен к ценам покупателей определяется удельными значениями транспортных и торговой наценок, а также ставок налогов. Этот коэффициент меняется также при изменениях основных цен продуктов. Обозначим коэффициент перехода от основных цен к ценам покупателей  $k_{iiq}^{\text{ask} \rightarrow \text{bid}}$ . Порядок его определения приведен ниже, в разделе 7.2.5.

При расчете исчисленных в текущих основных ценах объемов конечного использования каждого из продуктов мы будем исходить из предположения, что для каждого из рассматриваемых здесь направлений конечного использования инвариантом является продуктовая структура потребления, исчисленная в базовых основных ценах. Эта структура определяется следующим образом.

В матрице  $\{y_{0iq}\}_{\substack{i=1,\dots,n \\ q=1,\dots,5}}$  конечного потребления и валового накопления, имевшего место в отчетном периоде, корректируем строки, относящиеся к транспорту и торговле, так, чтобы на их месте остались значения, входящие в эти направления конечного использования только непосредственно (не в виде наценок). Для этого вычитаем из этих строк суммарные по всем использованным в потреблении продуктам соответствующие наценки – транспортную  $Tr_{0q}$  и торговую  $Rt_{0q}$ . Порядок определения наценок на каждый из продуктов и их сумм по всем использованным в каждом из направлений продуктам приведен ниже, в разделе 7.2.5. Разность между общим объемом использованных услуг транспорта/торговли и транспортной/торговой наценкой на все использованные продукты представляет собой объем услуг транспорта/торговли, вошедших в потребление непосредственно (не в виде наценок). Обозначим эти объемы услуг  $\hat{y}_{0i^{Tr}q}$  и  $\hat{y}_{0i^{Rt}q}$ , где  $i^{Tr}$  и  $i^{Rt}$  – номера позиций транспорта и торговли в номенклатуре видов продуктов. Таким образом

$$\hat{y}_{0i^{Tr}q} = y_{0i^{Tr}q} - Tr_{0q} \quad (7.59)$$

$$\hat{y}_{0i^{Rt}q} = y_{0i^{Rt}q} - Rt_{0q} \quad (7.60)$$

Введем обозначение

$$y_{0q}^S = \sum_{i \neq i^{Tr}, i \neq i^{Rt}} y_{0iq} + \hat{y}_{0i^{Tr}q} + \hat{y}_{0i^{Rt}q} \quad (7.61)$$

Требуемая для наших целей продуктовая структура конечного потребления и валового накопления основного капитала в отчетном периоде определяется формулой

$$S_0^{fc} = \left\{ s_{0iq}^{fc} \right\}_{\substack{i=1,\dots,n \\ q=1,\dots,5}} = \begin{cases} \frac{y_{0iq}}{y_{0q}^S} & \text{при } i \neq i^{Tr}, i \neq i^{Rt} \\ \frac{\hat{y}_{0i^{Tr}q}}{y_{0q}^S} & \text{при } i = i^{Tr} \\ \frac{\hat{y}_{0i^{Rt}q}}{y_{0q}^S} & \text{при } i = i^{Rt} \end{cases} \quad (7.62)$$

Обозначим  $S_t^{fc} = \left\{ s_{tiq}^{fc} \right\}_{\substack{i=1,\dots,n \\ q=1,\dots,5}}$  – матрица продуктовой структуры конечного

потребления и валового накопления основного капитала, исчисленной в текущих основных ценах. Элементы этой матрицы определяются по формуле:

$$s_{tiq}^{fc} = \frac{s_{0iq}^{fc} P c - Ind_{ti}}{\sum_{p=1}^n s_{0pq}^{fc} P c - Ind_{tp}} \quad q=1,\dots,5 \quad (7.63)$$

Суммарный по всем видам продуктов объем конечного использования, исчисленный в ценах покупателей, связан с объемами использования продуктов, исчисленными в основных ценах, формулой

$$y_{iq}^b = \sum_{i=1}^n y_{iiq} k_{iiq}^{ask \rightarrow bid} \quad (7.64)$$

Ранее было введено обозначение  $mu_{iiq}$  – сумма удельных на единицу стоимости продукта всех наценок – транспортной, торговой, налоговой. Тогда

$$k_{iiq}^{ask \rightarrow bid} = 1 + mu_{iiq} \quad (7.65)$$

Выше формулой (7.61) определено суммарное по всем продуктам значение конечного использования в отчетном периоде, исчисленное в основных ценах. При подстановке в эту формулу индекса  $t$  вместо 0 получаем аналогичное выражение для периода  $t$ . Именно суммарное по продуктам значение, исчисленное в основных ценах, должно быть распределено по отдельным продуктам в соответствии с продуктовой структурой  $S_t^{fc}$ . Но пока что формулы (7.49) и (7.58) определяют только суммарные по продуктам значения, исчисленные в ценах покупателей. Переход от суммарного по продуктам объема, исчисленного в ценах покупателей, к развернутым по видам продуктов значениям, исчисленным в основных ценах, выполняется последовательным использованием формул (7.65), (7.64), (7.62) (в последней индекс 0 заменяется на  $t$  и правая часть выражается через левую). В результате получаем

$$y_{iiq} = \left( y_{iq}^S - \sum_{p=1}^n y_{ipq} \mathbf{m}u_{ipq} \right) s_{iiq}^{fc} = s_{iiq}^{fc} y_{iq}^S - s_{iiq}^{fc} \sum_{p=1}^n (y_{ipq} \mathbf{m}u_{ipq})$$

$$i = 1, \dots, n; q = 1, \dots, 5$$

$$y_{iiq} + s_{iiq}^{fc} \sum_{p=1}^n (y_{ipq} \mathbf{m}u_{ipq}) = s_{iiq}^{fc} y_{iq}^b \quad i = 1, \dots, n; q = 1, \dots, 5 \quad (7.66)$$

Формула (7.66) отдельно при каждом  $q$  представляет собой систему линейных относительно величин  $\{y_{iiq}\}_{i=1, \dots, n}$  уравнений. Ее можно записать в стандартном виде

$$\sum_{p=1}^n b_{ipq} y_{ipq} = s_{iiq}^{fc} y_{iq}^b \quad i = 1, \dots, n; q = 1, \dots, 5 \quad (7.67),$$

последовательно для каждого отдельного  $q$ , где

$$b_{ipq} = \begin{cases} \mathbf{m}u_{ipq} s_{iiq}^{fc} & \text{при } p \neq i \\ 1 + \mathbf{m}u_{ipq} s_{iiq}^{fc} & \text{при } p = i \end{cases} \quad (7.68).$$

Получаемая в результате решения системы уравнений (7.67) совокупность величин  $\{y_{iiq}\}_{i=1, \dots, n}$  представляет собой при каждом  $q$

искомый вектор исчисленных в текущих основных ценах объемов конечного использования всех продуктов по этому направлению. Компоненты этого вектора, относящиеся к видам грузового транспорта, создающим наценки, и к торговле, представляют собой только объемы, вошедшие в конечное использование непосредственно, они обозначены  $\hat{y}_{ii^{Tr}q}$ ,  $\hat{y}_{ii^{Tr}q}$ . Полная величина соответствующих компонентов конечного потребления и валового накопления основного капитала равна

$$y_{ii^{Tr}q} = \hat{y}_{ii^{Tr}q} + Tr_{iq} \quad (7.69)$$

$$y_{ii^{Rt}q} = \hat{y}_{ii^{Rt}q} + Rt_{iq} \quad (7.70)$$

где  $Tr_{iq}$ ,  $Rt_{iq}$  – транспортная и торговая наценки, порядок определения которых рассмотрен ниже в 7.2.5.

Распределение вычисленных объемов конечного потребления по категориям качества используемых продуктов осуществляется с помощью коэффициентов  $\{s_{iiq}^{fc}\}_{i=1, \dots, n}$  по формуле

$$\begin{matrix} t=1, \dots, T \\ i=1, \dots, n \\ l=0, 1, 2, 3 \\ q=1, 2, 3, 4 \end{matrix}$$

$$y_{iiq} = y_{iiq} \xi_{iiq}^{fc} \quad (7.71)$$

При этом должно соблюдаться условие  $\sum_{l=0}^3 \xi_{iiq}^{fc} = 1$ .

Значения коэффициентов  $\xi_{iiq}^{fc}$  могут устанавливаться экзогенно, либо могут быть управляющими параметрами – аргументами оптимизации.

### 7.2.3.2. Прирост запасов

Прогнозирование динамики запасов с учетом, в том числе, колебаний конъюнктуры рынка – сложная самостоятельная задача. Мы принимаем упрощающие предположения:

- Прирост запасов готовой продукции у производителей (finished stock) и в торговле (stock-in-trade) пропорционален приросту объема выпуска продукции в текущем году по отношению к предыдущему году;
- Прирост запасов у потребителей (производственные запасы – inventory materials stock) пропорционален приросту промежуточного потребления каждого из продуктов.

Эти приросты запасов являются компонентами конечного использования, но затраты на их создание уже вычтены при вычислении располагаемого дохода корпораций (см. 7.2.2), так что здесь надо определить только объемы этих запасов, не связывая их с располагаемыми доходами.

Обозначим через  $\psi_{ii}^{fs}$  удельную величину прироста запаса не реализованной производителями готовой продукции в отрасли  $i$ , имеющего категорию качества  $l$ , в расчете на единицу прироста объема выпуска. Тогда

$$y_{ii6} = \Delta FS_{ii} = (x_{ii} - x_{(t-1)ii}) \psi_{ii}^{fs} \quad i \in I^{\text{good}} \quad (7.72)$$

где:

$x_{ii}$  – объем выпуска товара  $i$ , имеющего категорию качества  $l$ , в году  $t$ ;

$q=6$  – номер направления конечного использования, соответствующего позиции «прирост запасов готовой продукции у производителей».

Обозначим через  $\psi_{ii}^{\text{ims}}$  удельную величину прироста производственного запаса продукта ( $ii$ ) в расчете на единицу объема ис-

пользования этого продукта в производстве продукта ( $jk$ ), примем эту величину одинаковой для всех отраслей (видов производств)<sup>19</sup>. Тогда

$$y_{il7} = \Delta IMS_{il}^S = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^3 \Delta IMS_{ijk} = \left( \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^3 (X_{ijk} - X_{(t-1)ijk}) \right) \psi_{il}^{ims}$$

$$i \in I^{good} \quad l = 0, 1, 2, 3 \quad (7.73)$$

где:

$\Delta IMS_{ijk}$  – прирост производственного запаса товара ( $il$ ), используемого в производстве продукта ( $jk$ );

$\Delta IMS_{ijk}^S$  – суммарный прирост производственного запаса товара ( $il$ ), используемого во всем промежуточном потреблении;

$X_{ijk}$  – объем потребления продукта ( $il$ ) в производстве продукта ( $jk$ );

$q=7$  – номер направления конечного использования, соответствующий позиции «прирост производственных запасов продуктов у производителей».

Обозначим через  $\psi_{il}^{str}$  удельную величину прироста запаса товара  $i$  в текущих запасах отрасли «Торговля» в расчете на единицу объема реализации этого продукта торговлей. Примем, что объем реализации продукции торговлей равен объему реализации этой продукции производителями<sup>20</sup>. Тогда

$$y_{il8} = \Delta Str_{il} = \begin{cases} -(Ip_{il} - Ip_{(t-1)il}) \psi_{il}^{str} & \text{при } l=0 \\ (x_{il} - x_{(t-1)il}) \psi_{il}^{str} & \text{при } l=1, 2, 3 \end{cases} \quad i \in I^{good} \quad (7.74)$$

где  $q=8$  – номер направления конечного использования, соответствующего позиции «прирост запасов нереализованных продуктов в торговле».

<sup>19</sup> Такое допущение представляется не очень обоснованным, однако в данных отчетного межотраслевого баланса нет данных, которые позволили бы дифференцировать эту величину по отраслям, использующим продукт  $i$  в своем производстве.

<sup>20</sup> В действительности продукт, однократно проданный производителем, может затем многократно перепродаваться предприятиями торговли. Это обстоятельство учтено в величине  $\psi_i^{topr}$ , которая, таким образом, представляет собой суммарный запас во всех торговых предприятиях.

Таким образом, запас нереализованной продукции в торговле (stock-in-trade) подобен запасу готовой продукции у производителей, меняется лишь место хранения запаса и, разумеется, его удельная величина. Отметим, что запас готовой продукции и запас продукции, нереализованной в торговле, существуют только по продуктам, являющимся товарами (не услугами), а производственные запасы товаров существуют во всех отраслях, производящих как товары, так и услуги.

### 7.2.3.3. Экспорт

Обратимся теперь к вопросу о прогнозировании объемов экспорта. Они определяются предложением российских предприятий и спросом мирового рынка. Моделирование мирового рынка и места России в нем не входит в задачу нашего исследования. Примем предположение, что прирост объема экспорта каждого из продуктов в прогнозируемом периоде по отношению к базовому равен некоторой доле прироста мощностей по производству и/или транспортировке этого продукта.

Факторы, определяющие величину доли прироста мощностей, формирующую прирост объема экспорта, весьма различны для разных продуктов.

Для сырой нефти и газа объем экспорта ограничивается, в первую очередь, пропускными способностями экспортно-ориентированных компонентов нефтетранспортной и газотранспортной систем. Эти системы в отчетном межотраслевом балансе объединены в позицию «трубопроводный транспорт. Для прогнозирования экспорта нефти и газа показатели динамики производственных мощностей этих систем надо разделить. На настоящем этапе работы это можно сделать на основании отраслевых данных об исходном состоянии этих систем и прогнозируемых вводов новых экспортно-ориентированных мощностей. Вводы производственных мощностей раздельно по этим двум системам определяются инвестициями в них, соответственно, нефтедобывающей и газодобывающей отраслей (но отнюдь не собственными источниками финансирования инвестиций трубопроводного транспорта).

Объемы экспорта продукции лесозаготовок определяются общим объемом производственных мощностей этой подотрасли.

Из числа продуктов лесо- и нефтепереработки, черных и цветных металлов, продуктов нефтехимии и машиностроения на внешнем рынке могут быть реализованы только те, которые относятся к первой (высшей) категории качества. Поэтому прирост объема их экспорта можно приять равным определенной доле прироста только тех мощностей соответствующих отраслей, которые относятся к первой (младшей) возрастной группе.

Для остальных, кроме рассмотренных выше, видов продуктов динамика объемов экспорта останется, вероятно, примерно такой же, как она сложилась в базовом периоде, и будет мало зависеть от изменения объемов производственных мощностей в этих отраслях.

Принятые допущения имеют основания при исчислении объемов экспорта в натуральном выражении. Для перехода от натуральных показателей к стоимостным применительно к экспорту (в отличие от продукции, реализуемой внутри страны) в наибольшей степени подходят неизменные цены FOB (цены FOB базового периода), а не основные цены. Поэтому сначала вычисляются прогнозируемые на год  $t$  объемы, исчисленные в базовых ценах FOB, затем они пересчитываются в цены FOB, прогнозируемые на год  $t$ , и затем вычисленные объемы экспорта пересчитываются в основные цены года  $t$ . Изменение во времени используемых при расчете экспорта объемов производственных мощностей должно быть по возможности близко к изменению их в натуральном выражении, этому требованию в наибольшей мере соответствует исчисление мощностей в основных ценах базового периода.

Исходя из изложенных соображений, положим:

а) для перечисленных выше сырьевых продуктов (raw-materials)

$$Ex_{ii}^{FOB.bas} = Ex_{0i}^{FOB} + \delta_i^{ex} \left( \sum_{k=1}^3 m_{ik}^{bas} - \sum_{k=1}^3 m_{0ik} \right) \quad i \in I^{fm} \quad (7.75)$$

б) для перечисленных видов продукции обрабатывающих отраслей (processing industry)

$$Ex_{ii}^{FOB.bas} = Ex_{0i}^{FOB} + \delta_i^{ex} (m_{i1}^{bas} - m_{0i1}) \quad i \in I^{pi} \quad (7.76)$$

где:

$I^{fm}$  – множество сырьевых продуктов;

$I^{pi}$  – множество продуктов обрабатывающих отраслей;

$Ex_{ii}^{FOB.bas}$  – экспорт продукта  $i$  в году  $t$ , исчисленный в цене FOB базового периода;

$\delta_i^{ex}$  – соотношение между приростами экспорта и производственных мощностей по продукту  $i$ ;

$m_{ik}^{bas}$  – мощность по производству в году  $t$  продукта  $i$ , имеющего категорию качества  $k$ , исчисленная во внутренних основных ценах базового периода (порядок определения производственных мощностей изложен ниже в разделе 7.2.8, понятие «внутренние основные цены» рассматривается ниже в настоящем разделе).

Для остальных продуктов объем экспорта будем определять экстраполяцией сложившегося тренда:

$$Ex_{ii}^{FOB.bas} = Ex_{(t-1)i}^{FOB.bas} \frac{Ex_{(t-1)i}^{FOB.bas}}{Ex_{(t-2)i}^{FOB.bas}} \quad (7.77)$$

Экспорт в текущих ценах FOB равен

$$Ex_{ii}^{FOB} = Ex_{ii}^{FOB.bas} \cdot Pc\_Ind_{ii}^{FOB} \quad (7.78)$$

где  $Pc\_Ind_{ii}^{FOB}$  – индекс цены FOB продукта  $i$  в году  $t$  по отношению к базовому году.

При прогнозировании развития экономики прогноз экспорта важен не только сам по себе как важный компонент конечного использования продукции, но и как фактор, влияющий на значения коэффициентов прямых затрат. Это влияние определяется тем, что затраты на производство продукции реально связаны с объемом выпуска в натуральном, а не стоимостном исчислении. Соотношение между объемом продукции, исчисленным в натуральном и в стоимостном выражениях, зависит от цены реализации, а она по большинству видов продукции весьма сильно различается при реализации продукции внутри России и на экспорт. Поэтому изменение доли экспорта в общем объеме выпуска и реализации продукции приводит к существенному изменению средневзвешенной цены продукта, а через этот фактор – к существенному изменению коэффициентов прямых затрат. Для исключения осложнений, связанных с зависимостью коэффициентов прямых затрат от доли экспорта в объеме выпускаемой продукции, в разработанной модели при расчете выпусков весь их объем исчисляется условно во внутренних ценах и исходя из

такого предположения вычисляются коэффициенты прямых затрат, которые уже не зависят от доли экспорта в выпуске. Объем экспорта, входящий в состав конечного использования, на этапе расчетов выпусков также исчисляется в условных внутренних ценах. Доходы же отраслей (видов производств) и финансовые результаты их деятельности определяются с учетом полученной в результате выполненных расчетов доли экспорта и реальных основных цен экспортной продукции, отличающихся от внутренних цен. Реальные основные цены экспортной продукции определяются через цены ФОБ, из которых вычитаются определяемые в модели транспортные, торговые и налоговые наценки (порядок определения наценок и налогов изложен далее в разделе 7.2.5).

## 7.2.4 Промежуточное потребление

### 7.2.4.1 Отчетный период – переход к развернутому составу показателей

В состав системы таблиц отчетного межотраслевого баланса входят:

- 1) Таблица объемов затрат продуктов, использованных в производстве. Эти таблица построена по схеме «продукт на продукт» (так называемая «симметричная таблица»);
- 2) Таблица объемов затрат импортных продуктов, использованных в производстве;
- 3) Таблица использования услуг грузового транспорта;
- 4) Таблица использования услуг отрасли «Торговля»;
- 5) Таблица уплаченных налогов на использованные в производстве продукты (товары и услуги).

Таблицы 2) – 5) построены по схеме, аналогичной таблице 1).

Построение прогнозного динамического межотраслевого баланса опирается на формирование тех или иных инвариантов, которые можно было бы рассматривать как константы или как известные функции каких-либо подающихся расчету и прогнозу факторов. В классической модели В. Леонтьева в качестве важнейшего инварианта рассматриваются показатели, получившие название «коэффициенты прямых затрат», вычисляемые по данным отчетного межотраслевого баланса по формуле

$$a_{0ij} = \frac{X_{0ij}}{x_{0j}} \quad \forall i, j \quad (7.79),$$

где  $X_{0ij}$  и  $x_{0j}$  берутся из таблицы, упомянутой в п. 1). Тем самым предполагается, что промежуточное потребление прямо пропорционально объему выпуска.

В рассматриваемой модели учтено, что пропорциональным объему выпуска является не все, а только часть промежуточного потребления. Второе отличие от классической модели заключается в том, что выпуск продукции и ее использование подразделяются по категориям качества. Соответственно надо подразделить величины  $x_{0j}$  и  $X_{0ij}$ , предварительно выделив из  $X_{0ij}$  те части промежуточного потребления, которые не связаны с объемом выпуска – величины  $\pi_{0ij}^F$  и  $\pi_{0ij}^R$ .

При проведении в будущем обследований предприятий, проводимых для разработки новых отчетных межотраслевых балансов, целесообразно включить в опросные анкеты дополнительные пункты, на основании которых можно было бы выполнить требуемую дифференциацию выпусков и используемых в производстве продуктов по категориям их качества. Впредь до получения такого рода отчетных данных можно предложить в качестве паллиатива следующий подход.

Необходимо определить согласующиеся с данными отчетного межотраслевого баланса объемы выпусков продуктов отдельно по категориям их качества – величины  $x_{0jk}$ , объемы промежуточного потребления, пропорционального объемам выпусков  $X_{0ijk}$  – затраты продукта  $i$  категории  $l$  при производстве продукта  $j$  категории  $k$ , а также объемы промежуточного потребления, пропорционального объемам наличных производственных фондов –  $\pi_{0ijk}^F$  и объемам работ по капитальному ремонту фондов –  $\pi_{0ijk}^R$ . Указанные величины надо сформировать так, чтобы они были согласованы с данными отчетного межотраслевого баланса, а соотношение между объемами использования одноименных продуктов различного качества должно соответствовать принципу «использование продуктов более высокого качества позволяет снизить общую величину удельных на единицу объема выпуска материальных затрат».

Начнем с рассмотрения показателей, определяемых непосредственно по данным отчетного межотраслевого баланса.

Значения  $X_{0ij}$ , у которых значения индекса  $i$  относятся к отраслям (видам деятельности) «Транспорт» и «Торговля», представляют каждое сумму двух слагаемых – объем соответствующей услуги, вошедший в затраты отрасли  $j$  непосредственно, плюс объем, представляющий собой сумму наценок на продукты, использованные в производстве продукта  $j$ :

$$X_{0i^{Tr}j} = \widehat{X}_{0i^{Tr}j} + Tr_{0j} \quad (7.80)$$

$$X_{0i^{Rt}j} = \widehat{X}_{0i^{Rt}j} + Rt_{0j} \quad (7.81)$$

где:  $i^{Tr}$  – номер позиции отрасли «Транспорт»;  
 $i^{Rt}$  – позиции отрасли «Торговля»;  
 $\widehat{X}_{0i^{Tr}j}$  – затраты на оплату услуг транспорта, вошедшие в затраты по производству продукта  $j$  непосредственно;  
 $\widehat{X}_{0i^{Rt}j}$  – то же на оплату услуг торговли;  
 $Tr_{0j}$  – сумма транспортных наценок на стоимость всех продуктов, использованных в производстве продукта  $j$ ;  
 $Rt_{0j}$  – то же торговая наценка.

Величины  $\widehat{X}_{0i^{Tr}j}$ ,  $\widehat{X}_{0i^{Rt}j}$ ,  $Tr_{0j}$ ,  $Rt_{0j}$  приведены непосредственно в таблицах отчетного межотраслевого баланса.

Суммарные по видам используемых продуктов материальные затраты, за исключением транспортной и торговой наценок:

$$M_{0j} = \sum_{i:(i \neq i^{Tr}, i \neq i^{Rt})} X_{0ij} + \widehat{X}_{0i^{Tr}j} + \widehat{X}_{0i^{Rt}j} \quad (7.82)$$

Доля материальных затрат в стоимости выпуска

$$\mu_{0j} = \frac{M_{0j}}{X_j} \quad (7.83)$$

Продуктовая структура материальных затрат

$$s_{0ij} = \frac{X_{0ij}}{M_{0j}} \quad (7.84)$$

Объем промежуточного потребления каждого из продуктов за исключением транспортной и торговой наценок

$$ID_{0i} = \sum_{j=1}^n X_{0ij} \quad (7.85)$$

Переходим к определению расчетных величин, не содержащихся непосредственно в отчетном межотраслевом балансе, но согласуемых с отчетными данными.

Каждую из находящихся в отчетной таблице 1) величин  $X_{0ij}$  необходимо подразделить на части, пропорциональные, соответственно, объему выпуска продукта  $j$ , объему производственных фондов, использованных для производства этого продукта, и объему работ по капитальному ремонту этих фондов.

Для требуемого распределения используем следующий подход. По данным бухгалтерской отчетности по статьям и элементам затрат (так называемая «форма 5») можно определить затраты на содержание и текущий ремонт основных фондов, а также затраты на их капитальный ремонт. В свою очередь в составе затрат на содержание и ремонт основных фондов выделяются (как и по всем другим статьям затрат) следующие элементы: оплата труда, начисления на нее, электроэнергия, топливо, материалы, амортизация, прочие затраты. В бухгалтерской отчетности термином «материалы» обозначаются затраты на использованные в производстве товары, за исключением электроэнергии и топлива, показываемых отдельно. В состав элемента «прочие затраты» входят затраты на оплату услуг, использованных в производстве, а также налоги на использованную продукцию. Все указанные здесь элементы затрат необходимо распределить по видам расходуемых продуктов в соответствии с номенклатурой межотраслевого баланса. В первом приближении это можно сделать так. Затраты на оплату материалов распределяются по видам товаров пропорционально объему использования каждого из товаров на производство рассматриваемого продукта (то есть, пропорционально соответствующим элементам столбца  $j$  упомянутой выше таблицы 1). Налоги на использованные в производстве товары, включая электроэнергию, топливо и материалы, рассчитываем с помощью удельных величин налогов, определяемых делением значений, приведенных в одноименных клетках таблиц 1) и 5). Суммарную величину рассчитанных таким способом налогов на использованные товары вычитаем из элемента «прочие расходы», остаток представляет собой сумму затрат на использованные в производстве услуги

и налоги на эти услуги. Этот остаток распределяем по видам услуг пропорционально данным таблиц 1) и 5). В результате всех вычислений получаем полностью столбец «затраты на продукты, использованные на работы по содержанию и текущему ремонту производственных основных фондов, использованных в производстве продукта  $j$ », элементы этого столбца обозначим  $\pi_{0ij}^F$ .

Затраты на капитальный ремонт основных фондов приведены, как указывалось выше, в элементе «капитальный ремонт» бухгалтерской отчетности по статьям и элементам затрат. Распределение этой величины по видам продуктов номенклатуры межотраслевого баланса производится в соответствии с продуктовой структурой столбца валовое накопление основного капитала, относящегося к производству продукта  $j$ . Тем самым полностью определен столбец  $\pi_{0ij}^R$ .

Теперь есть все необходимые данные для определения объемов затрат, пропорциональных объему выпуска по номенклатуре отчетного межотраслевого баланса:

$$X_{0ij}^{ID} = X_{0ij} - \pi_{0ij}^F - \pi_{0ij}^R \quad \forall i, j \quad (7.86)$$

Переходим к распределению затрат продуктов, известных по номенклатуре отчетного межотраслевого баланса, к аналогичным данным по номенклатуре, включающей дополнительно дифференциацию затрат по категориям качества производимых и используемых продуктов.

В первую очередь подразделим величины  $X_{0ij}$ ,  $X_{0ij}^{ID}$ ,  $\pi_{0ij}^F$ ,  $\pi_{0ij}^R$  на отечественные и импортные продукты, используя для этого данные об объемах импорта, содержащиеся в таблице 2):

$$X_{0ij}^{dom} = X_{0ij} - X_{0ij}^{imp} \quad (7.87)$$

$$X_{0ij}^{ID, dom} = X_{0ij}^{ID} \frac{X_{0ij}^{dom}}{X_{0ij}} \quad \pi_{0ij}^{F, dom} = \pi_{0ij}^F \frac{X_{0ij}^{dom}}{X_{0ij}} \quad \pi_{0ij}^{R, dom} = \pi_{0ij}^R \frac{X_{0ij}^{dom}}{X_{0ij}} \quad (7.88)$$

Будем считать здесь, что нам известны производственные мощности по выпуску каждого из продуктов  $j$  каждой из категорий качества  $k$ :  $m_{0jk}$   $j=1, \dots, n$   $k=1, 2, 3$ , а также коэффициенты использования производственных мощностей  $k_{0jk}^{up}$  такие, что, положив

$$x_{0jk} = k_{0jk}^{up} m_{0jk} \quad (7.89)$$

выполняется естественное требование  $x_{0j1} + x_{0j2} + x_{0j3} = x_{0j}$ . Порядок определения производственных мощностей и коэффициентов их использования приведен ниже в разделе 7.2.8.

Суммарное по всем видам производимых продуктов промежуточное потребление отечественных продуктов, пропорциональное объемам выпусков, равно

$$ID_{0i}^{dom} = \sum_{j=1}^n X_{0ij}^{ID, dom} \quad (7.90)$$

Предположим, что суммарные по всем видам производств объемы промежуточного потребления каждого из отечественных продуктов, пропорциональные объему выпуска, распределяются по категориям его качества пропорционально объемам их выпусков:

$$ID_{0il}^{dom} = ID_{0i}^{dom} \frac{x_{0il}}{x_{0i}} \quad (7.91)$$

где:  $ID_{0i}^{dom}$  – суммарное по всем отраслям (видам производимых продуктов) промежуточное потребление отечественного продукта  $i$ , пропорциональное объемам выпусков производимых продуктов;

$ID_{0il}^{dom}$  – аналогичное суммарное по всем отраслям промежуточное потребление отечественного продукта  $i$ , имеющего категорию качества  $l$ .

Предположим, что по результатам выборочных исследований, анализа технологической документации и с учетом экспертных оценок можно принять, что значения доли материальных затрат в стоимости выпуска разделяются по категориям качества выпускаемого продукта удовлетворяют формулам:

$$\mu_{0j2} = \mu_{0j} \quad \text{и} \quad \mu_{0j1} = \mu_{0j2} - \delta_{j1}^i$$

где величины  $\delta_{j1}^i$  определены экспертно. Тогда

$$\mu_{0j3} = \frac{\left( \sum_{i=1}^n X_{0ij} \right) - \mu_{0j1} x_{0j1} - \mu_{0j2} x_{0j2}}{x_{0j3}}$$

Тем самым определены расчетные значения доли материальных затрат в стоимости выпуска отдельно по категориям качества выпускаемого продукта –  $\mu_{0j1}, \mu_{0j2}, \mu_{0j3}$ , согласованные, с учетом принятых допущений, с отчетными данными. Эти значения доли материальных затрат состоят каждая из суммы отечественных и импортных продуктов.

Следующая задача – определить расчетные значения затрат каждого из отечественных продуктов, которые имели бы место в отчетном периоде, если бы потребность в каждом виде продуктов во всех видах производств удовлетворялась бы только продуктами первой (высшей) категории качества. В разделе 7.1 значения таких коэффициентов прямых затрат рассматривались как уже известные, здесь приводится один из возможных подходов к их определению.

Примем предположение, что если бы вся производственная потребность в каждом из продуктов удовлетворялась бы в базовом периоде только продуктом первой категории качества, то доля материальных затрат в выпуске уменьшилась бы по отношению к ее отчетным значениям следующим образом:

$$\bar{\mu}_{0j1} = \mu_{0j1} \varepsilon_{j1} \quad \bar{\mu}_{0j2} = \mu_{0j2} \varepsilon_{j2} \quad \bar{\mu}_{0j3} = \mu_{0j3} \varepsilon_{j3} \quad (7.92)$$

где  $\varepsilon_{j1} < 1$ ,  $\varepsilon_{j2} < 1$ ,  $\varepsilon_{j3} < 1$ ,  $\forall j$  – экспертно принятые константы. Здесь к продуктам первой категории качества отнесены отечественные продукты первой категории качества и импортные продукты целиком.

Принимаем еще одно допущение: будем считать, что при удовлетворении потребности в каждом продукте только продуктом первой категории качества продуктовая структура материальных затрат остается такой же, какой она была фактически в отчетном периоде. Тогда

$$\bar{X}_{0ijk} = x_{0jk} \bar{\mu}_{0jk} s_{0ij} \quad \forall i, j, k \quad (7.93)$$

где  $\bar{X}_{0ijk}$  – объем использования продукта  $i$  для производства продукта  $j$ , имеющего категорию качества  $k$ , при условии, что вся потребность в продукте  $i$  удовлетворяется только первой категорией качества этого продукта.

Каждая из величин  $\bar{X}_{0ijk}$  состоит из отечественного продукта первой категории качества и импортного продукта. Объем импортного продукта  $i$ , использованного в производстве продукта  $j$ , имеющего категорию качества  $k$ , выше обозначен  $X_{0i0jk}$ , а общий объем использования импортного продукта  $i$  в производстве продукта  $j$  –  $X_{0i0j}$ . Этот общий объем распределим между производствами продукта  $j$  различных категорий качества пропорционально объемам их выпуска. Тогда

$$X_{0i0jk} = X_{0i0j} \frac{x_{0jk}}{x_{0j}} \quad (7.94)$$

Выделим ту часть величины  $\bar{X}_{0ijk}$ , которая в отчетном периоде была составлена отечественным продуктом (то есть, все за исключение импорта):

$$\bar{X}_{0ijk}^{\text{dom}} = \bar{X}_{0ijk} - X_{0i0jk} \quad (7.95)$$

Переходим к заключительной части задачи формирования расчетных значений коэффициентов прямых затрат в отчетном периоде, дифференцированных по категориям качества выпускаемых и используемых в производстве продуктов. По определению

$a_{0ijk} = \frac{X_{0ijk}}{x_{0jk}}$ , так что задача сводится к определению совокупности величин  $\{X_{0ijk}\}_{i=0,1,2,3}^{j=1,\dots,n}$ , общее количество которых равно  $12n^2$ .

Величины  $\{X_{0i0jk}\}_{k=1,2,3}^{i,j=1,\dots,n}$  – объемы импорта – определены выше, так

что остается определить  $\{X_{0ijk}\}_{i,k=1,\dots,3}^{j=1,\dots,n}$ , всего  $9n^2$  величин,

представляющих собой затраты отечественных продуктов. Эти величины должны удовлетворять ранее определенным суммарным по всем видам производств объемам промежуточного потребления отечественных продуктов, отдельно по каждому виду используемых продуктов и каждой категории его качества, а также условиям взаимозаменяемости одноименных продуктов различных категорий качества с учетом коэффициентов их эквивалентности. Эти условия описываются следующей системой уравнений:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^3 X_{0ijk} = ID_{0il}^{dom} \quad i=1, \dots, n \quad l=1, 2, 3 \quad (7.96)$$

$$\sum_{l=1}^3 \frac{X_{0ijk}}{\omega_{ijk}} = \bar{X}_{0ijk}^{dom} \quad i, j=1, \dots, n \quad k=1, 2, 3 \quad (7.97)$$

где  $\omega_{ijk}$  – коэффициенты эквивалентности замены продукта  $i$ , имеющего первую категорию качества, одноименным продуктом, имеющим категорию качества  $l$ , используемым в производстве продукта  $j$ , имеющего категорию качества  $k$ . Предполагается, что эти коэффициенты могут быть определены по результатам анализа технологической документации.

Система (7.96)-(7.97) состоит из  $3n + 3n^2$  линейных уравнений, в состав которых входят  $9n^2$  искоемых переменных  $X_{0ijk}$ . При всех  $n$  такая система имеет бесконечное множество решений, если только она совместна. Для выбора единственного решения можно присоединить к системе (7.96)-(7.97) целевую функцию, в качестве которой разумно выбрать следующую

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^3 \sum_{i=1}^n X_{0ijk} \longrightarrow \min \quad (7.98).$$

Система (7.98), (7.96)-(7.97) представляет собой задачу линейного программирования, матрица которой сильно разрежена и имеет специфическую структуру – ненулевые элементы в ней расположены специальным регулярным порядком. При  $n$  порядка  $10^2$  число уравнений имеет порядок  $10^4$ , а число переменных –  $10^5$ , доля ненулевых элементов матрицы –  $10^{-4}$ . Задача такой размерности при учете специфики структуры ее матрицы вполне решается средствами современной вычислительной техники.

Значительно более сложными, чем вычислительные аспекты, являются обоснование и проверка принятых нескольких допущений и получение экспертных оценок значений введенных промежуточных величин-констант  $\delta_{jl}^n$  и  $\epsilon_{j1}, \epsilon_{j2}, \epsilon_{j3}$ . Эти трудности естественны, так как косвенный расчет не может заменить полноценного натурного обследования.

Результатом решения системы (7.98), (7.96)-(7.97) является совокупность величин  $\{X_{0ijk}\}_{i,j=1, \dots, n, l,k=1,2,3}$ , через которые определяются

значения коэффициентов прямых затрат в отчетном периоде, дифференцированные по категориям качества производимых и используемых в производстве продуктов – величины  $\{a_{0ijk}\}_{i,j=1, \dots, n, l,k=1,2,3}$ .

Для дальнейшего нам потребуется удельная в расчете на единицу объема выпуска величина затрат каждого из продуктов, которая имела бы место, если вся потребность в продукте удовлетворялась бы только продуктом первой (высшей) категории качества:

$$\bar{a}_{0ijk} = \sum_{l=0}^3 \frac{a_{0ijk}}{\omega_{ijk}} \quad \forall i, j, k \quad (7.99)$$

При этом надо иметь в виду, что полученные при решении системы (7.98), (7.96)-(7.97) значения  $X_{0ijk}$  при значениях индекса  $i=i^{Tr}$  и  $i=i^{Rr}$  представляют собой затраты на оплату услуг транспорта и торговли только вошедшие в затраты по производству продукта  $j$  непосредственно (не в виде наценок), обозначаемые через  $\hat{X}_{0i^{Tr}ijk}$  и  $\hat{X}_{0i^{Rr}ijk}$ . Это вытекает из принятого определения величин  $M_{0j}$  (формула (7.82)) и  $\mu_{0jk}$ . Полные значения величин  $X_{0i^{Tr}ijk}$  и  $X_{0i^{Rr}ijk}$  получаются суммированием  $\hat{X}_{0i^{Tr}ijk}$  и  $\hat{X}_{0i^{Rr}ijk}$ , соответственно, с транспортной  $Tr_{0jk}$  и торговой  $Rt_{0jk}$  наценкой, порядок определения которых изложен ниже, в разделе 7.2.5.

Закончено формирование данных о затратах отчетного периода, пропорциональных объемам выпусков. Переходим к формированию показателей затрат, пропорциональных объемам наличных производственных основных фондов и объемам работ по капитальному ремонту фондов. Эти две группы затрат существенно зависят от возрастной структуры наличных фондов. Принятый способ описания возрастной структуры фондов в одинаковой мере относится как к отчетному (базовому) году, так и к каждому году прогнозного периода.

В целях упрощения записи модели введем допущение, что весь объем фондов, вводимых в эксплуатацию в году  $t$ , вводится в конце этого года, и будем считать, что на протяжении года возраст фондов не меняется, то есть остается таким же, каким он был по состоянию на начало года. Это позволяет ограничиться рассмотрением только целочисленных значений возраста, так что фонды, введенные в эксплуатацию в году  $(t-1)$ , имеют по состоянию на начало года  $t$  возраст  $\tau = 0$  и сохраняют этот возраст на протяжении всего года  $t$ , а на протяжении всего года  $(t+1)$  возраст этих фондов  $\tau = 1$  и т.д.

пропущена скобка перед № формулы. Если я ее вставляю, то сдвигаются индексы у X

Считаем, что качество выпускаемой продукции (товаров и услуг) определяется возрастной структурой наличных производственных основных фондов, но только активной их части (подробнее об этом ниже, в разделе 7.2.8). Обозначим максимальные (пороговые) значения возраста активных производственных основных фондов, способных выпускать продукцию  $j$  повышенного и обычного качества, через  $\tau_{j1}$  и  $\tau_{j2}$ , соответственно. В целях единообразия обозначений в качестве нулевого порогового значения будем рассматривать  $\tau_{j0} = 0$ , а в качестве третьего – максимальный технически-возможный возраст, т.е.  $\tau_{j3} = \tau_j^{\max}$ . Продукция первой (высшей) категории качества в году  $t$  выпускается с использованием фондов, имеющих по состоянию на начало этого года возраст  $0 \leq \tau \leq \tau_{j1}$ <sup>21</sup>, продукция второй категории качества выпускается фондами с возрастом  $\tau_{j1} + 1 \leq \tau \leq \tau_{j2}$ , продукция третьей категории качества выпускается фондами с возрастом  $\tau_{j2} + 1 \leq \tau \leq \tau_{j3}$ . В соответствии с этим все наличные на начало года  $t$  производственные основные активные фонды подразделяются на 3 возрастные группы. Суммарная стоимость активных фондов, входящих в состав соответствующих возрастных групп, определяется формулами

$$\widehat{\Phi}_{ij1}^{\text{ac}} = \sum_{\tau=0}^{\tau_{j1}} \Phi_{j\tau}^{\text{ac}} \quad \widehat{\Phi}_{ij2}^{\text{ac}} = \sum_{\tau=\tau_{j1}+1}^{\tau_{j2}} \Phi_{j\tau}^{\text{ac}} \quad \widehat{\Phi}_{ij3}^{\text{ac}} = \sum_{\tau=\tau_{j2}+1}^{\tau_{j3}} \Phi_{j\tau}^{\text{ac}} \quad (7.100)$$

здесь верхний значок « $\widehat{\phantom{x}}$ » указывает, что соответствующая величина относится не к отдельному году возраста, а к возрастной группе в целом, указываемой третьим нижним индексом. Порядок определения величин  $\Phi_{j\tau}^{\text{ac}}$  приведен ниже в разделе 7.2.8.

Подразделение общей величины затрат на содержание и ремонт основных фондов по их возрастным группам выполним, исходя из предположения, что величина этих затрат пропорциональна объемам фондов, причем коэффициенты пропорциональности больше для старших групп:  $\delta_{j3}^{\text{F}} > \delta_{j2}^{\text{F}} > \delta_{j1}^{\text{F}} = 1$ , значения  $\delta_{j3}^{\text{F}}$ ,  $\delta_{j2}^{\text{F}}$  определяются экспертно. Тогда:

$$\pi_{0ijk}^{\text{F}} = \pi_{0ij}^{\text{F}} \frac{\delta_{jk}^{\text{F}} \widehat{\Phi}_{0jk}}{\sum_{k=1}^3 \delta_{jk}^{\text{F}} \widehat{\Phi}_{0jk}} \quad \forall i, j, k \quad (7.101)$$

При  $i = i^{\text{Tr}}$  и  $i = i^{\text{Rt}}$ , то есть, в строках, относящихся к транспорту и торговле, каждую из величин  $\pi_{0ijk}^{\text{F}}$  надо подразделить на два компонента – затраты, входящие в стоимость работ по содержанию и ремонту основных фондов непосредственно (не в виде наценок на использованные продукты), и сумму транспортных наценок на использованные продукты. По аналогии с формулами (7.80), (7.81)

$$\pi_{0i^{\text{Tr}}jk}^{\text{F}} = \widehat{\pi}_{0i^{\text{Tr}}jk}^{\text{F}} + \text{Tr}_{0jk}^{\text{F}} \quad \forall j, k \quad (7.102)$$

$$\pi_{0i^{\text{Rt}}jk}^{\text{F}} = \widehat{\pi}_{0i^{\text{Rt}}jk}^{\text{F}} + \text{Rt}_{0jk}^{\text{F}} \quad \forall j, k \quad (7.103)$$

Будем считать, что фонды, возраст которых еще не достиг значения, при котором они относятся к третьей (самой старшей) возрастной группе, капитальному ремонту не подвергаются. Тем самым весь объем затрат на капитальный ремонт фондов относится на фонды, входящие в состав третьей возрастной группы:

$$\pi_{0ij1}^{\text{R}} = \pi_{0ij2}^{\text{R}} = 0 \quad \pi_{0ij3}^{\text{R}} = \pi_{0ij}^{\text{R}} \quad (7.104)$$

При  $i = i^{\text{Tr}}$  и  $i = i^{\text{Rt}}$

$$\pi_{0i^{\text{Tr}}j3}^{\text{R}} = \widehat{\pi}_{0i^{\text{Tr}}j3}^{\text{R}} + \text{Tr}_{0j3}^{\text{R}} \quad \forall j \quad (7.105)$$

$$\pi_{0i^{\text{Rt}}j3}^{\text{R}} = \widehat{\pi}_{0i^{\text{Rt}}j3}^{\text{R}} + \text{Rt}_{0j3}^{\text{R}} \quad \forall j \quad (7.106)$$

Распределение затрат на содержание и текущий, а также капитальный ремонт фондов по категориям качества используемых продуктов примем такое же, как и в промежуточном потреблении, пропорциональном объемам выпусков:

$$\pi_{0ijk}^{\text{F}} = \pi_{0ijk}^{\text{F}} \frac{X_{0ijk}}{\sum_{q=1}^3 X_{0ijk}} \quad \forall i, l, j, k \quad (7.107)$$

$$\pi_{0ij3}^{\text{R}} = \pi_{0ij3}^{\text{R}} \frac{X_{0ij3}}{\sum_{q=1}^3 X_{0ij3}} \quad \forall i, l, j \quad (7.108)$$

Закончено определение расчетных значений затрат на содержание и текущий ремонт основных фондов, а также на их капитальный

<sup>21</sup> Напомним, что возраст фондов  $\tau$  в модели считается целочисленным.

ремонт, имевших место в базовом периоде, дифференцированных по возрастным группам фондов, а также по видам используемых продуктов и по категориям их качества. Рассчитанные значения согласованы, с учетом принятых допущений, с имеющимися отчетными данными.

#### 7.2.4.2 Методика расчета показателей по годам прогнозного периода

Начинаем с методики расчета величин  $\bar{w}_{ijk}^{\text{bas}}$  – исчисленных в базовых ценах удельных на единицу объема выпуска затрат продукта  $i$  при условии, как если бы вся потребность в нем удовлетворялась только первой категорией качества. Распределение этого общего объема по отдельным категориям качества производится по приведенной ниже формуле (7.111).

Значения  $\bar{w}_{ijk}^{\text{bas}}$  могут отличаться от  $\bar{w}_{0ijk}^{\text{bas}} \equiv \bar{a}_{0ijk}$  вследствие изменения применяемых в году  $t$  технологий производства каждого из продуктов  $j$ . Главным фактором изменения технологий, применяемых в производстве некоторого продукта, является изменение типов и характеристик производственных основных фондов, используемых для производства этого продукта. Типы и характеристики фондов, использовавшихся в базовом году, можно определить по данным отчетности о фондах, дополняемых, при необходимости данными отдельных выборочных обследований и экспертными оценками. Динамика типов и характеристик фондов, которые будут введены в эксплуатацию в прогнозируемом периоде, определяются, главным образом, направлением и темпом технического прогресса в отраслях, производящих эти фонды. Предложенный автором общий методический подход к моделированию условий и темпов технического прогресса в рамках рассматриваемой общей модели динамического межотраслевого баланса изложен ниже в разделе 8. Однако некоторые необходимые для реализации этого подхода зависимости в настоящее время еще недостаточно исследованы и не имеют надежных количественных описаний. Поэтому здесь мы ограничимся допущением, что значения коэффициентов прямых затрат однозначно определяются календарным годом начала строительства используемых производственных фондов и их возрастом к моменту начала текущего года. Это допущение будем применять по

отношению к величине коэффициента, соответствующей удовлетворению всей потребности в каждом из отечественных продуктов только продуктом первой (высшей) категории качества, то есть по отношению к величинам  $\bar{a}_{ijk}^{\text{bas}}$ .

Будем считать, что по результатам анализа прогнозируемых направлений технического прогресса в каждой отрасли  $j$  определены функции  $f_{ijk}^{\text{tl}}(t^b)$  – зависимость удельных затрат продукта  $i$ , имеющего первую категорию качества, на производство продукта  $j$ , имеющего категорию качества  $k$ , от технического уровня используемых производственных фондов. Этот уровень в соответствии с принятым нами допущением определяется календарным годом начала строительства соответствующей группы предприятий – значением  $t^b$ . Эта функция является убывающей по своему аргументу. Будем также предполагать, что по результатам анализа динамики удельных расходов материалов в периоде, предшествовавшем базовому году, и с учетом прогноза этой динамики определены функции  $f_{ijk}^{\text{age}}(\tau)$  – зависимость удельных затрат продукта  $i$ , имеющего первую категорию качества на производство продукта  $j$ , имеющего категорию качества  $k$ , от возраста используемых производственных фондов. Эта функция является возрастающей по своему аргументу.

Прогноз удельных затрат, исчисленных в базовых ценах, в предположении, что вся потребность целиком удовлетворяется продуктами только первой категории качества, определяется с учетом взвешивания значений функций  $f_{ijk}^{\text{tl}}(t^b)$  и  $f_{ijk}^{\text{age}}(\tau)$ , относящихся к различным значениям возраста фондов внутри соответствующей возрастной группы, весами при этом служат доли фондов каждого возраста в общей величине фондов возрастной группы. Фонды, имеющие по состоянию на начало года  $t$  возраст  $\tau$ , начаты строительством в году  $t^b = t - \tau - \vartheta_j$ . Тогда

$$\bar{w}_{ij1}^{\text{bas}} = \bar{a}_{0ij1} \frac{\sum_{\tau=0}^{\tau_{j1}} (\Phi_{j\tau}^{\text{ac}} f_{ij1}^{\text{tl}}(t - \tau - \vartheta_j) f_{ij1}^{\text{age}}(\tau))}{\hat{\Phi}_{ij1}^{\text{ac}}} \quad \forall t, i, j \quad (7.109)$$

$$\bar{w}_{ijk}^{\text{bas}} = \bar{a}_{0ijk} \frac{\sum_{\tau=\tau_{j(k-1)+1}}^{\tau_{jk}} (\Phi_{j\tau}^{\text{ac}} f_{ijk}^{\text{tl}}(t - \tau - \vartheta_j) f_{ijk}^{\text{age}}(\tau))}{\hat{\Phi}_{ijk}^{\text{ac}}} \quad \forall t, i, j \quad k = 2, 3 \quad (7.110)$$

При  $i = i^{Tr}$  и  $i = i^{Rt}$ , то есть, в строках, относящихся к транспорту и торговле, в формулах (7.109)-(7.110) величины  $\bar{a}_{0ijk}$  и  $\bar{w}_{ijk}^{bas}$  заменяются на  $\hat{a}_{0ijk}$  и  $\hat{w}_{ijk}^{bas}$ , то есть по этим формулам определяются только компоненты, непосредственно (не в виде наценок) входящие в затраты.

Исчисленные в ценах базового года коэффициенты прямых затрат, дифференцированные по категориям качества используемых и производимых продуктов, при всех  $i$ , кроме  $i = i^{Tr}$  и  $i = i^{Rt}$ , то есть, кроме транспорта и торговли, определяются формулой

$$w_{ijk}^{bas} = \bar{w}_{ijk}^{bas} \xi_{ijk} \omega_{ijk} \quad \forall t, j, k, \quad \forall (i, l) : i \neq i^{Tr}, i \neq i^{Rt} \quad (7.111)$$

здесь использованы обозначения  $\xi_{ijk} \in \omega_{ijk}$ , введенные в разделе 7.2.1. Коэффициенты  $\xi_{ijk}$  могут быть экзогенно заданными величинами или управляемыми параметрами.

Коэффициенты прямых затрат по строкам «транспорт» и «торговля», исчисленные в базовых ценах, определяются по формулам

$$w_{i^{Tr}jk}^{bas} = \hat{w}_{i^{Tr}jk}^{bas} + \sum_{i \in I^{03}} \sum_{l=0}^3 w_{iljk}^{bas} \cdot tr_{0ij}^{ID} \quad (7.112)$$

$$w_{i^{Rt}jk}^{bas} = \hat{w}_{i^{Rt}jk}^{bas} + \sum_{i=1}^n \sum_{l=0}^3 w_{iljk}^{bas} \cdot rt_{0ij}^{ID} \quad (7.113)$$

Порядок определения удельных транспортной  $tr_{0ij}^{ID}$  и торговой  $rt_{0ij}^{ID}$  наценок, имевших место в базовом году, приведен ниже, в разделе 7.2.5.

Коэффициенты прямых затрат, исчисленные в ценах текущего года, определяются формулой

$$w_{ijk} = w_{ijk}^{bas} \frac{Pc\_ind_{il}}{Pc\_ind_{ijk}} \quad \forall t, i, l, j, k \quad (7.114)$$

Закончено изложение методики расчета коэффициентов прямых затрат, относящихся к прогнозному периоду по номенклатуре, включающей дифференциацию продуктов по категориям их качества.

Переходим к изложению методики расчета прогнозных значений затрат, пропорциональных объему производственных основных фондов, и затрат на капитальный ремонт этих фондов.

Значения рассматриваемых здесь видов затрат в прогнозном периоде определяются на основе их значений в базовом периоде с учетом изменения объемов фондов и их технического уровня, определяемого календарным годом ввода их в эксплуатацию, при этом затраты пересчитываются из базовых цен в текущие. Влияние возраста фондов уже учтено формированием этих затрат в отчетном периоде отдельно по возрастным группам фондов. Будем считать, что влияние технического уровня фондов на величину рассматриваемых здесь затрат описывается той же функцией  $f_{ijk}^{tl}(t^b)$ , которая использовалась при прогнозировании затрат, пропорциональных объемам выпусков. Тогда расходы каждого из продуктов без подразделения их по его категориям качества при исчислении этих расходов в ценах базового года определяются формулами

$$\pi_{ijl}^{F,bas} = \pi_{0jl}^F \frac{\sum_{\tau=0}^{\tau_{j1}} (\Phi_{j\tau}^{ac} f_{ijl}^{tl}(t - \tau - \vartheta_j))}{\sum_{\tau=0}^{\tau_{j1}} (\Phi_{0j\tau}^{ac} f_{ijl}^{tl}(-\tau - \vartheta_j))} \quad \forall t, i, j \quad (7.115)$$

$$\pi_{ijk}^{F,bas} = \pi_{0jk}^F \frac{\sum_{\tau=\tau_{j(k-1)+1}}^{\tau_{jk}} (\Phi_{j\tau}^{ac} f_{ijk}^{tl}(t - \tau - \vartheta_j))}{\sum_{\tau=\tau_{j(k-1)+1}}^{\tau_{jk}} (\Phi_{0j\tau}^{ac} f_{ijk}^{tl}(-\tau - \vartheta_j))} \quad \forall t, i, j \quad k = 2, 3 \quad (7.116)$$

$$\pi_{ij3}^{R,bas} = \pi_{0j3}^R \frac{\sum_{\tau=\tau_{j2+1}}^{\tau_{j3}} (\Phi_{j\tau}^{ac} f_{ijk}^{tl}(t - \tau - \vartheta_j))}{\sum_{\tau=\tau_{j2+1}}^{\tau_{j3}} (\Phi_{0j\tau}^{ac} f_{ijk}^{tl}(-\tau - \vartheta_j))} \quad \forall t, i, j \quad (7.117)$$

При  $i = i^{Tr}$  и  $i = i^{Rt}$ , то есть, в строках, относящихся к транспорту и торговле, формулы (7.115)-(7.117) немного видоизменяются – вместо  $\pi$  везде вставляется  $\hat{\pi}$  со всеми теми же индексами. Тем самым, для этих значений  $i$  определены затраты, входящие в расходы на ремонты непосредственно (не в виде наценок).

Подразделение затрат на содержание и ремонт основных фондов по категориям качества используемых продуктов выполняется по формулам:

$$\pi_{ijk}^{F.bas} = \pi_{ijk}^{F.bas} \xi_{ijk}^F \omega_{ijk} \quad \forall t, l, j, k, \quad \forall i: (i \neq i^{Tr}, i \neq i^{Rt}) \quad (7.118)$$

$$\pi_{ijk}^{R.bas} = \pi_{ijk}^{R.bas} \xi_{ijk}^R \omega_{ijk} \quad \forall t, l, j, k, \quad \forall i: (i \neq i^{Tr}, i \neq i^{Rt}) \quad (7.119)$$

При  $i = i^{Tr}$  и  $i = i^{Rt}$  используются формулы, аналогичные (7.118), (7.119) с той только разницей, что  $\pi$  заменяется на  $\hat{\pi}$ . Тем самым определяются затраты, входящие в соответствующие расходы непосредственно. Полные же значения соответствующих расходов равны:

$$\pi_{i^{Tr}jk}^{F.bas} = \hat{\pi}_{i^{Tr}jk}^{F.bas} + Tr_{ijk}^{bas} \quad (7.120)$$

$$Tr_{ijk}^{bas} = \sum_{i \in I^{good}} \sum_{l=0}^3 \pi_{iljk}^{F.bas} \cdot tr_{ilj} \quad (7.121)$$

$$\pi_{i^{Rt}jk}^{R.bas} = \hat{\pi}_{i^{Rt}jk}^{R.bas} + Rt_{ijk}^{bas} \quad (7.122)$$

$$Rt_{ijk}^{bas} = \sum_{i=1}^n \sum_{l=0}^3 \pi_{iljk}^{R.bas} \cdot rt_{ilj} \quad (7.123)$$

Порядок определения входящих в эти формулы удельных транспортных  $tr_{ilj}$  и торговых  $rt_{ilj}$  наценок определен в разделе 7.2.5. Величины  $\pi_{i^{Tr}jk}^{F.bas}$  и  $\pi_{i^{Rt}jk}^{R.bas}$  исчислены в ценах базового года. В ценах текущего года  $t$  соответствующие затраты равны

$$\pi_{i^{Tr}jk}^F = \pi_{i^{Tr}jk}^{F.bas} \cdot Pc\_Ind_{i^{Tr}} \quad (7.124)$$

$$\pi_{i^{Rt}jk}^R = \pi_{i^{Rt}jk}^{R.bas} \cdot Pc\_Ind_{i^{Rt}} \quad (7.125)$$

Закончено изложение методики расчета всех показателей и параметров, характеризующих промежуточное потребление в отчетном и базовом периодах.

### 7.2.5 Транспортные и торговые наценки, налоги

Транспортные наценки как надбавки к основной цене товара возникают при перевозке товаров коммерческим грузовым транспортом. Выше во избежание отвлечения внимания от рас-

считывавшихся там вопросов транспорт рассматривался как одна отрасль. В отчетном межотраслевом балансе России за 2003 г. по специальному заказу Института системного анализа РАН были выделены следующие виды грузового транспорта: железнодорожный, автомобильный, трубопроводный, внутренний водный, лесосплав, морской, авиационный. Были выделены также несколько видов пассажирского транспорта, но, поскольку транспортных наценок на стоимость товаров они не создают, здесь они не рассматриваются. Понятие «качество транспортных услуг» применительно к различным видам грузового транспорта может иметь весьма различное содержание. В настоящей работе вопросы моделирования производства и использования транспортных услуг рассмотрены детально применительно к железнодорожному грузовому транспорту в разделе 9, специально посвященном специфике включения транспорта в межотраслевой баланс. Здесь же услуги каждого из видов грузового транспорта рассматриваются как имеющие единственную категорию качества, но учитываются различия, возникающие при предоставлении этих услуг для перевозки товаров, имеющих различные категории качества.

При определении транспортных наценок будем считать, что технологическим инвариантом является отношение величины затрат на оплату услуг транспорта каждого вида к стоимости перевозимого товара. Эта величина вычисляется отдельно для каждой комбинации индексов ( $iljk$ ) при исчислении всех затрат и транспортных тарифов в ценах базового года. В состав таблиц отчетного межотраслевого баланса входят таблицы затрат на оплату услуг каждого из видов грузового транспорта, представляющих собой транспортные наценки на стоимость продуктов, использованных в промежуточном потреблении и в конечном использовании. Таблицы отчетных значений транспортных наценок имеют такую же структуру, как и отчетные таблицы затрат продуктов в промежуточном потреблении и в конечном использовании. Для вычисления удельных транспортных наценок, которые можно было бы рассматривать как технологические инварианты, надо предварительно распределить отчетные значения затрат на оплату услуг транспорта по категориям качества товаров, использованных в промежуточном потреблении отдельно по категориям качества производимых продуктов. Оплата услуг каждого из видов транспорта по перевозке товаров,

поступивших в конечное использование, уже распределена по направлениям этого использования, так что остается только распределить затраты на перевозку используемых товаров по категориям их качества. Общий принцип формирования искомым распределений затрат на оплату услуг транспорта – пропорционально показателям, достаточно адекватно отражающим «физические объемы перевозок», или, несколько точнее, «физические объемы транспортной работы по перевозкам соответствующих групп товаров». В качестве таких показателей будем рассматривать стоимости перевозимых товаров, исчисленные в базовых ценах. При этом необходимо, однако, учитывать, что, как правило, одноименные товары более высокого качества имеют более высокую цену на единицу их «физической массы», и, следовательно, на единицу их стоимости приходится меньшая «физическая масса».

Обозначим отношение базовой цены товара  $i$ , имеющего категорию качества  $l$ , к базовой цене одноименного товара, имеющего категорию качества 1, через  $\chi_{il}$ . По определению  $\chi_{i1} = 1$  и, как правило,  $\chi_{i0} > \chi_{i1} > \chi_{i2} > \chi_{i3}$ <sup>22</sup>. Тогда согласованное с отчетными данными значение удельной транспортной наценки  $s$ -го вида транспорта на единицу стоимости товара  $i$ , имеющего качество  $l$ , использованного в производстве продукта  $j$ , независимо от категории качества последнего равно

$$tr_{0ijs}^{ID} = \left( \frac{Tr_{0ijs}^{ID}}{\sum_{k=1}^3 \sum_{p=0}^3 \frac{(X_{0ipjk} + \pi_{0ipjk}^F + \pi_{0ipjk}^R)}{\chi_{ip}}} \right) \frac{1}{\chi_{il}}$$

$$i \in I^{good}; l = 0, 1, 2, 3;$$

$$j = 1, \dots, n; s = 1, \dots, n^{tr} \quad (7.126)$$

где:  $Tr_{0ijs}^{ID}$  – отчетное значение общей величины транспортной наценки, создаваемой видом транспорта  $s$ , на стоимость продукта  $i$ , использованного в производстве продукта  $j$ ;

<sup>22</sup> Напомним, что третий слева нижний индекс «0» обозначает импортируемый продукт.

$I^{good}$  – множество значений индекса, относящихся к товарам (не услугам);

$n^{tr}$  – количество видов грузового транспорта, создающих транспортные наценки на стоимость использованных продуктов.

Значение  $tr_{0ijs}^{ID}$  одинаково для всех видов промежуточного потребления – пропорционального объему выпуска, объему фондов и объему работ по капитальному ремонту фондов.

При тех же предположениях транспортная наценка на товары, использованные в любом из направлений конечного использования, кроме экспорта, равна

$$tr_{0ilqs}^{fu} = \left( \frac{Tr_{0ilqs}^{fu}}{\sum_{p=0}^3 \frac{y_{0ilqp}}{\chi_{ip}}} \right) \frac{1}{\chi_{il}}$$

$$i \in I^{good}; l = 0, 1, 2, 3;$$

$$q = 1, \dots, (n^{fu} - 1); s = 1, \dots, n^{tr} \quad (7.127)$$

где  $n^{fu}$  – общее количество направлений конечного использования продуктов;

$q$  – номер направления конечного использования.

Для товаров, направляемых на экспорт, стоимостным показателем, наиболее тесно связанным с «физическим объемом», является их цена FOB, действовавшая в отчетном (базовом) периоде. Поэтому удельные значения транспортных наценок исчисляются в расчете на единицу этой цены. По сделанным предположениям (см. 7.2.3.3) каждый из продуктов, направляемых на экспорт, либо не подразделяется по категориям качества (в первую очередь, сырьевые продукты), либо относится только к первой (высшей) категории качества. Поэтому проблема дифференциации удельных транспортных наценок по категориям качества экспортируемых продуктов не возникает. Тогда

$$tr_{0is}^{exp} = \left( \frac{Tr_{0is}^{fu}}{Exp_{0i}^{FOB}} \right) \quad i \in I^{good}; s = 1, \dots, n^{tr} \quad (7.128)$$

Переходим к определению торговых наценок, имевших место в базовом периоде. Принимаем, что торговая наценка на продукт, использованный в промежуточном потреблении и в конечном использовании, кроме экспорта, пропорциональна стоимости продукта, исчисленной в основной цене. Торговая наценка на экспортируемый продукт пропорциональна его стоимости, исчисленной в цене FOB. Тогда

$$rt_{ij}^{ID} = \left( \frac{Rt_{0ij}^{ID}}{\sum_{k=1}^3 \sum_{p=0}^3 (X_{0ipjk} + \pi_{0ipjk}^F + \pi_{0ipjk}^R)} \right) \quad \forall i, l, j \quad (7.129)$$

$$rt_{0ilq}^{fu} = \left( \frac{Rt_{0iq}^{fu}}{\sum_{p=0}^3 y_{0ipr}} \right) \quad \forall i, l; \quad q = 1, \dots, (n^{fu} - 1) \quad (7.130)$$

$$rt_{0i}^{exp} = \left( \frac{Rt_{0im}^{fu}}{Exp_{0i}^{FOB}} \right) \quad i = 1, \dots, n; \quad (7.131)$$

Прогнозные значения удельных транспортных и торговой наценок рассчитываются на основе базовых значений с учетом изменения цен и тарифов:

$$\begin{aligned} tr_{iljs}^{ID} &= tr_{0iljs}^{ID} \frac{Pc\_Ind_{i_s^{Tr}}}{Pc\_Ind_{il}} \\ tr_{ilqs}^{fu} &= tr_{0ilqs}^{fu} \frac{Pc\_Ind_{i_s^{Tr}}}{Pc\_Ind_{il}} \\ tr_{iis}^{exp} &= tr_{0iis}^{exp} \frac{Pc\_Ind_{i_s^{Tr}}}{Pc\_Ind_{il}^{FOB}} \\ rt_{ilj}^{ID} &= rt_{0ilj}^{ID} \frac{Pc\_Ind_{i_s^{Rt}}}{Pc\_Ind_{il}} \\ rt_{ilq}^{fu} &= rt_{0ilq}^{fu} \frac{Pc\_Ind_{i_s^{Rt}}}{Pc\_Ind_{il}} \end{aligned} \quad (7.132)$$

$$rt_i^{exp} = rt_{0i}^{exp} \frac{Pc\_Ind_{i_s^{Rt}}}{Pc\_Ind_{il}^{FOB}} \quad (7.133)$$

где:  $i_s^{Tr}$  – индекс позиции «грузовой транспорта вида  $s$ »;  
 $i_s^{Rt}$  – индекс позиции «Торговля».

Объем налогов, начисленных на продукты, использованные в промежуточном потреблении и в конечном использовании, будем считать пропорциональными стоимости этих продуктов, исчисленной в текущих ценах. Удельная величина налогов, приходящаяся на единицу стоимости продуктов, определяется отдельно для каждого вида продуктов и для каждого направления его использования в составе промежуточного потребления и конечного использования. Значения удельных налогов в отчетном (базовом) периоде определяются по данным отчетного межотраслевого баланса (см. 7.2.4.1, таблицы 5) и 1):

$$tx_{ij}^{ID} = \frac{Tx_{0ij}^{ID}}{X_{0ij}} \quad i, j = 1, \dots, n; \quad tx_{ij}^{fu} = \frac{Tx_{0iq}^{fu}}{y_{0iq}}$$

$$i = 1, \dots, n; \quad q = 1, \dots, (n^{fu} - 1);$$

$$tx_{0i}^{exp} = \frac{Tx_{0i}^{exp}}{y_{0im}^{fu}} = \frac{Tx_{0i}^{exp}}{Exp_{0i}^{FOB}} \quad i = 1, \dots, n; \quad (7.134)$$

Здесь  $Tx$  с соответствующими индексами – сумма показанного в отчетном балансе налога,  $tx$  – его удельная величина. Отметим, что удельные значения налогов не всегда совпадают с законодательно установленными ставками, как вследствие неполной собираемости налогов, так и вариаций внутренней структуры укрупненных продуктов, по которым формируется отчетный межотраслевой баланс.

Удельные значения налогов в прогнозном периоде  $tx_{ij}^{ID}$ ,  $tx_{ilq}^{fu}$ ,  $tx_i^{exp}$  либо совпадают с соответствующими значениями базового периода, либо могут отличаться от них на некоторые константы, которые могут быть заданы экзогенно или являются управляемыми параметрами, которые могут оптимизироваться. Отметим, что эти удельные величины не зависят от категории качества используемого продукта. Тогда значения общего объема налогов на

продукты, использованные в промежуточном потреблении и в конечном использовании, равны

$$PC_{-}Tx_{ij} = \sum_{k=1}^3 \left( x_{ijk} \sum_{i=1}^n \sum_{l=0}^3 w_{iljk} tx_{ij}^{ID} \right) \quad \forall t, j \quad (7.135)$$

$$FU_{-}Tx_{iq} = \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^3 y_{ilq} tx_{iq}^{fu} \quad q = 1, \dots, (n^{fu} - 1) \quad (7.136)$$

$$FU_{-}Tx_{in^{fu}} = \sum_{i=1}^n (Exp_{ii}^{FOB} \cdot tx_{ii}^{exp}) \quad (7.137)$$

Сумма всех удельных наценок на стоимость продуктов, исчисленную в основных ценах, равна:

в промежуточном потреблении:

$$mu_{ij}^{ID} = \sum_{s=1}^{n^r} tr_{iij_s}^{ID} + rt_{ij}^{ID} + tx_{ij}^{ID} \quad \forall t, i, l, j \quad (7.138)$$

во всех направлениях конечного использования, кроме экспорта:

$$mu_{ilq}^{fu} = \sum_{s=1}^{n^r} tr_{ilq_s}^{fu} + rt_{ilq}^{fu} + tx_{ilq}^{fu} \quad \forall t, i, l, q = 1, \dots, (n^{fu} - 1) \quad (7.139)$$

Сумма всех удельных наценок на стоимость экспортных продуктов, исчисленную в ценах FOB, равна:

$$mu_{ii}^{exp} = \sum_{s=1}^{n^r} tr_{iin^{fu}_s}^{exp} + rt_{iin^{fu}}^{exp} + tx_{ii}^{exp} \quad (7.140)$$

Коэффициент перехода от основных цен к ценам покупателей для продуктов, используемых в промежуточном потреблении, равен

$$k_{ij}^{ask \rightarrow bid} = 1 + mu_{ij}^{ID} \quad \forall t, i, l, j \quad (7.141)$$

Коэффициент перехода от основных цен к ценам покупателей для продуктов, используемых во всех направлениях конечного использования, кроме экспорта, равен

$$k_{ilq}^{ask \rightarrow bid} = 1 + mu_{ilq}^{fu} \quad \forall t, i, l, q = 1, \dots, (n^{fu} - 1) \quad (7.142)$$

Коэффициент перехода от FOB-цен к основным ценам для экспортируемых продуктов равен

$$k_{ii}^{FOB \rightarrow ask} = 1 - mu_{ii}^{exp} \quad \forall t, i \quad (7.143)$$

## 7.2.6 Импорт и импортозамещение

Объемы импорта каждого из продуктов в отчетном периоде по номенклатуре межотраслевого баланса представлены в соответствующей таблице этого баланса. Деагрегация этих данных в номенклатуру, включающую подразделение по категориям качества продуктов, производится, как и для отечественных продуктов, порядком, изложенным в двух предыдущих разделах.

Объем импорта в каждом году прогнозного периода определяется по формулам:

$$\begin{aligned} Ip_{ijk}^{ID} &= x_{ijk} w_{ii0jk} & Ip_{ijk}^F &= \pi_{ii0jk}^F & Ip_{ij3}^R &= \pi_{ii0j3}^R & \forall t, i, j, k \\ Ip_{iq}^{fu} &= y_{ii0q} & \forall t, i, q \end{aligned} \quad (7.144)$$

$$Ip_t^{ID} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^3 Ip_{ijk}^{ID} \quad Ip_t^F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^3 Ip_{ijk}^F$$

$$Ip_t^R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Ip_{ij3}^R \quad Ip_t^{fu} = \sum_{i=1}^n \sum_{q=1}^{n^{fu}} Ip_{iq}^{fu}$$

$$Ip_t = Ip_t^{ID} + Ip_t^F + Ip_t^R + Ip_t^{fu} \quad (7.145)$$

В формулы, по которым вычисляются  $w_{ii0jk}$ ,  $\pi_{ii0jk}^F$ ,  $\pi_{ii0j3}^R$ ,  $y_{ii0q}$ , входят величины  $\xi_{ii0jk}^{ID}$ ,  $\xi_{ii0jk}^F$ ,  $\xi_{ii0jk}^R$ ,  $\xi_{ii0q}^{fu}$  — доли импорта в каждом из направлений использования каждого из продуктов. Значения этих долей могут рассматриваться, в зависимости от постановки задачи, либо как экзогенно заданные константы, либо как управляющие параметры, подлежащие оптимизации. В последнем случае возникает вопрос о верхних и нижних границах соответствующих переменных-аргументов оптимизации.

В качестве верхних границ формально может быть принято 1. И, хотя в большинстве случаев достижение таких верхних границ нецелесообразно, поиску оптимума это не препятствует.

Сложнее вопрос о назначении нижних границ этих переменных. Формально-возможные нижние границы, равные 0, во многих случаях нереалистичны, так как в некоторые крупноагрегированные позиции номенклатуры, принятой в межотраслевом балансе, входят, в том числе, такие конкретные виды продуктов, которые в России не производятся и не предполагаются к производству в прогнозируемом периоде. В таких случаях в качестве нижних границ можно принять фактические значения долей импорта в отчетном периоде. Кроме этих двух крайних случаев, по весьма многим видам продукции, в основном, инновационного характера, импорт был неизбежен в отчетном периоде, но при достаточном развитии собственных инновационных производственных мощностей объем его может быть существенно сокращен в прогнозном периоде, то есть реалистичной является постановка вопроса об импортозамещении. В таких случаях в качестве нижней границы доли импорта выступают величины, определяемые прогнозируемым развитием инновационных производственных мощностей.

Разработанный автором общий подход к формированию блока, описывающего развитие инновационных производств, и включению его в модель вычислимого общего равновесия экономики приведен в разделе 8. Однако в настоящее время многие параметры и зависимости, необходимые для реализации такого блока модели, исследованы недостаточно. Впредь до получения результатов таких исследований предложен в качестве паллиатива, следующий подход.

Для каждой отрасли (вида производства) анализируются значения доли импорта в объеме потребления каждого из используемых в производстве продуктов в отчетном (базовом) периоде и реальные перспективы снижения этой доли за счет развития инновационных производств. Принимается, что эта доля уменьшается пропорционально увеличению доли производственных мощностей инновационных производств, которые входят в состав первой (самой младшей) возрастной группы. Тогда нижняя граница доли импорта в объеме используемых продуктов по каждому направлению их использования определяется формулой

$$\bar{\xi}_{i0,jk} = \xi_{0i0,jk} \left( 1 - \frac{m_{i1}^{\text{inn}}}{m_{i1}} \right) \quad \forall t, i, j, k \quad (7.146)$$

где  $m_{i1}$  и  $m_{i1}^{\text{inn}}$  – объемы мощностей, относящихся к первой (самой младшей) возрастной группе, и объемы мощностей, обеспечивающих выпуск инновационной продукции, эти величины определены в разделе 7.2.8.

### 7.2.7 Капитальное строительство и ввод в эксплуатацию производственных мощностей.

Модель капитального строительства описывает взаимосвязи между объемами вновь начинаемого строительства, выполнением работ на ранее начатых стройках и объемами ввода в эксплуатацию созданных производственных мощностей. Все эти показатели связаны между собой объемами инвестиций и их распределением между совокупностями объектов, находящихся на последовательно сменяющих друг друга стадиях строительства.

Обозначим:

$FBE_{t^b,j}$  (full building's estimate) – полная сметная стоимость совокупности объектов –строек предприятий, предназначенных для выпуска продукта  $j$ , строительство которых начинается в году  $t^b$ ;

$FBE_{t^b,j}^{\text{baj}}$  – полная сметная стоимость строительно-монтажных работ, которые должны быть выполнены в соответствии со сметой на указанной выше совокупности объектов;

$FBE_{t^b,j}^{\text{eqp}}$  – полная сметная стоимость оборудования, которое должно быть установлено и подготовлено к пуску к моменту ввода в эксплуатацию указанной совокупности объектов;

При этом

$$FBE_{t^b,j} = FBE_{t^b,j}^{\text{baj}} + FBE_{t^b,j}^{\text{eqp}} \quad (7.147)$$

$RBE_{t^b,j}^{\text{baj}}$ ,  $RBE_{t^b,j}^{\text{eqp}}$  – остатки сметной стоимости СМР и оборудования на совокупностях объектов, начатых строительством в году  $t^b < t$ , оставшиеся по состоянию на начало года  $t$ .

$\mathcal{J}_j$  – средняя нормативная продолжительность строительства предприятий, предназначенных для выпуска продукта  $j$ ;

$\theta$  – порядковый номер года периода строительства (при нормативном ходе строительства  $\theta = 1, \dots, \mathcal{J}_j$ , но при отставании от графика вследствие, например, недостатка финансирования, может оказаться  $\theta > \mathcal{J}_j$ ;

$\zeta_{j\theta}^{\text{baj}}$  – нормативная доля полного сметного объема строительно-монтажных работ, которая, в соответствии с графиком строитель-

ства, должна быть выполнена в порядковом году  $\theta$  периода строительства предприятий, предназначенных для выпуска продукта  $j$ ;  $\zeta_{j\theta}^{\text{eqp}}$  – аналогичная доля стоимости оборудования (обычно либо  $\zeta_{j\theta}^{\text{eqp}}=1$ , либо  $\zeta_{j(\theta_j-1)}^{\text{eqp}} + \zeta_{j\theta}^{\text{eqp}}=1$ , при всех остальных значениях  $\theta$  величины  $\zeta_{j\theta}^{\text{eqp}}=0$ );

$Inv_{jt}$  – общий объем инвестиций, направляемых на финансирование капитального строительства в отрасли (вида деятельности)  $j$  в году  $t$ ;

$Inv_{jt^b}$  – объем инвестиций, направляемых отраслью  $j$  в году  $t$  на финансирование строительства совокупности объектов, строительство которых начато в году  $t^b$ .

Важно подчеркнуть, что все указанные здесь величины сметной стоимости исчисляются в ценах базового периода (года  $t=0$ ), независимо от года начала строительства  $t^b$  и текущего года  $t$ , а объем инвестиций определяется их номинальным значением.

Будем считать, что весь осуществляемый в году  $t$  объем инвестиций в капитальное строительство вносится в начале этого года. Это согласуется с тем, что инвестиции финансируются из добавленной стоимости, созданной в предыдущем году. У величин  $FBE_{t^b j}$ ,  $FBE_{t^b j}^{\text{baj}}$ ,  $FBE_{t^b j}^{\text{eqp}}$ ,  $RBE_{t^b j}^{\text{baj}}$ ,  $RBE_{t^b j}^{\text{eqp}}$  первый (нижний левый) индекс указывает номер года начала строительства соответствующей совокупности объектов. В году  $t$  в отрасли  $j$  осуществляются инвестиции в объекты, строительство которых начато в годах  $t, (t-1), (t-2), \dots, (t-\theta_j+1)$ . Эти объекты находятся в году  $t$  на различных стадиях строительства. Для каждой такой группы объектов год  $t$  является, соответственно, порядковым годом периода их строительства  $\theta=1, 2, \dots, \theta_j$ . Между  $t^b$  и  $\theta$  имеют место соотношения

$$t^b = t - \theta + 1$$

$$\theta = t - t^b + 1$$

Кроме того, инвестиции в строительство в году  $t$  могут осуществляться также в те объекты, строительство которых в соответствии с графиком должно было быть завершено в году  $(t-1)$  или даже ранее, но фактически к концу года  $(t-1)$  их строительство не было завершено, в частности, из-за недостатка финансирования. Обозначим полную сметную стоимость и ее остаток на начало года

$t$  совокупности объектов, которые по графику должны были быть введены не позднее конца года  $(t-1)$ , но не были введены к этому сроку,  $FBE_j^{\text{bhs}}$ ,  $FBE_j^{\text{baj.bhs}}$ ,  $FBE_j^{\text{eqp.bhs}}$ ,  $RBE_{ij}^{\text{baj.bhs}}$ ,  $RBE_{ij}^{\text{eqp.bhs}}$  (bhs – behind of schedule), для этих объектов момент начала их строительства значения уже не имеет.

Обозначим:

$Inv_{ij\theta}$  – объем инвестиций, вкладываемых в году  $t$  в строительство объектов, для которых этот год является порядковым годом  $\theta$  периода их строительства;

$Inv_{ij}^{\text{bhs}}$  – объем инвестиций, вкладываемых в году  $t$  в строительство объектов, отставших от графика своего строительства.

При этом каждая из этих двух величин состоит из двух слагаемых – стоимости строительно-монтажных работ и стоимости оборудования, входящего в смету стройки:

$$Inv_{ij\theta} = Inv_{ij\theta}^{\text{baj}} + Inv_{ij\theta}^{\text{eqp}} \quad (7.148)$$

$$Inv_{ij}^{\text{bhs}} = Inv_{ij}^{\text{baj.bhs}} + Inv_{ij}^{\text{eqp.bhs}} \quad (7.149)$$

Тогда распределение общего объема инвестиционного фонда, которым располагает отрасль (вид деятельности)  $j$  в году  $t$  ( $Inv_{jt}$ ) по различным группам строящихся объектов, должно удовлетворять следующим условиям:

1. Завершить полностью или в максимально-возможной мере строительство объектов, отставших от графика

$$Inv_{ij}^{\text{baj.bhs}} \leq \min \left( \left( \max_{1 \leq \theta \leq \theta_j} (\zeta_{j\theta}^{\text{baj}}) \cdot FBE_j^{\text{baj.bhs}} \right), RBE_{ij}^{\text{baj.bhs}} \right) Pc\_Ind_{i^{\text{baj}}} \quad (7.150)$$

$$Inv_{ij}^{\text{eqp.bhs}} \leq \min \left( \left( \max_{1 \leq \theta \leq \theta_j} (\zeta_{j\theta}^{\text{eqp}}) \cdot FBE_j^{\text{eqp.bhs}} \right), RBE_{ij}^{\text{eqp.bhs}} \right) Pc\_Ind_{i^{\text{eqp}}} \quad (7.151)$$

где:  $i^{\text{baj}}$  – номер позиции отрасли (вида деятельности) «Строительство»;

$i^{\text{eqp}}$  – номер позиции отрасли (вида деятельности) «Машиностроение»;

2. Осуществить в объеме норматива или в максимально приближенной к нему мере финансирование строительства вновь начинаемых и ранее начатых строек

$$Inv_{j\theta}^{baj} \leq \zeta_{j\theta}^{baj} FBE_{(t-\theta+1)j}^{baj} \cdot Pc\_Ind_{i^{baj}} \quad \theta = 1, \dots, \mathcal{Q}_j \quad (7.152)$$

$$Inv_{j\theta}^{eqp} \leq \zeta_{j\theta}^{eqp} FBE_{(t-\theta+1)j}^{eqp} \cdot Pc\_Ind_{i^{eqp}} \quad \theta = 1, \dots, \mathcal{Q}_j \quad (7.153)$$

Индексы цен  $Pc\_Ind_{i^{baj}}$  и  $Pc\_Ind_{i^{eqp}}$  включены в эти формулы, так как все проектно-сметные показатели исчислены, в соответствии с принятым нами порядком, в ценах базового года, а инвестиции исчисляются по номиналу, то есть используются для приобретения продуктов в ценах текущего года  $t$ .

Суммарный объем финансирования строительства в году  $t$  по совокупности всех объектов отрасли  $j$ , строящихся в этом году, плюс инвестиции в приобретение оборудования, не входящего в сметы строек, не может превысить общего объема инвестиций, которым отрасль располагает в этом году:

$$Inv_{ij}^{baj.bhs} + Inv_{ij}^{eqp.bhs} + \sum_{\theta=1}^{\mathcal{Q}_j} (Inv_{j\theta}^{baj} + Inv_{j\theta}^{eqp}) + Inv_{ij}^{eqp.no} \leq Inv_{ij} \quad \forall t, j \quad (7.154)$$

где  $Inv_{ij}^{eqp.no}$  – инвестиции в приобретение оборудования, не входящего в сметы строек;

$Inv_{ij}$  – общий объем инвестиций в отрасль  $j$  в году  $t$  (см. формулы (7.50), (7.51), (7.52)).

По состоянию на конец года  $t$  (то есть, на начало года  $(t+1)$ ) остатки сметной стоимости строительного-монтажных работ и оборудования равны:

$$RBE_{(t+1)j}^{baj.bhs} = RBE_{ij}^{baj.bhs} - \frac{Inv_{ij}^{baj.bhs}}{Pc\_Ind_{i^{baj}}} \quad \forall t, j \quad (7.155)$$

$$RBE_{(t+1)j}^{eqp.bhs} = RBE_{ij}^{eqp.bhs} - \frac{Inv_{ij}^{eqp.bhs}}{Pc\_Ind_{i^{eqp}}} \quad \forall t, j \quad (7.156)$$

$$RBE_{t^b(t+1)j}^{baj} = RBE_{t^b t j}^{baj} - \frac{Inv_{j(t-t^b+1)}^{baj}}{Pc\_Ind_{i^{baj}}} \quad \forall t, j, \quad (7.157)$$

$$t^b = t, (t-1), \dots, (t-\mathcal{Q}_j+1)$$

$$RBE_{t^b(t+1)j}^{eqp} = RBE_{t^b t j}^{eqp} - \frac{Inv_{j(t-t^b+1)}^{eqp}}{Pc\_Ind_{i^{eqp}}} \quad \forall t, j,$$

$$t^b = t, (t-1), \dots, (t-\mathcal{Q}_j+1) \quad (7.158)$$

К концу года  $t$  в эксплуатацию вводятся все те объекты, финансирование строительства которых будет завершено в полном объеме одновременно и по строительно-монтажным работам, и по оборудованию, входящему в сметы строек. Полная сметная стоимость производственных основных фондов, вводимых в эксплуатацию в году  $t$  (going into operation – GIO), равна

$$GIO_{ij} = FBE_{(t-\mathcal{Q}_j+1)j} \cdot \min \left( \left( \frac{\left( FBE_{(t-\mathcal{Q}_j+1)j}^{baj} - RBE_{(t-\mathcal{Q}_j+1)(t+1)j}^{baj} \right)}{FBE_{(t-\mathcal{Q}_j+1)j}^{baj}} \right), \left( \frac{\left( FBE_{(t-\mathcal{Q}_j+1)j}^{eqp} - RBE_{(t-\mathcal{Q}_j+1)(t+1)j}^{eqp} \right)}{FBE_{(t-\mathcal{Q}_j+1)j}^{eqp}} \right) \right) + FBE_{ij}^{bhs} \cdot \min \left( \frac{\left( FBE_{ij}^{baj.bhs} - RBE_{(t+1)j}^{baj.bhs} \right)}{FBE_{ij}^{baj.bhs}}, \frac{\left( FBE_{ij}^{eqp.bhs} - RBE_{(t+1)j}^{eqp.bhs} \right)}{FBE_{ij}^{eqp.bhs}} \right) \quad (7.159).$$

Может возникнуть сомнение в осмысленности системы ограничений (7.150) – (7.159), поскольку она удовлетворяется при нулевых значениях всех входящих в нее объемов инвестиций. Однако в действительности эта система ограничений входит в общую задачу, в которой максимизируется ВВП или «полезность», а для этого надо обеспечить достаточно большие объемы вводов производственных основных фондов в эксплуатацию, что возможно лишь при значительных объемах инвестиций, удовлетворяющих системе (7.150) – (7.159).

Важное замечание: вычисленная по формуле (7.159) стоимость производственных основных фондов исчислена в ценах базового периода. Это сделано для того, чтобы фонды, введенные в различных годах, исчислялись бы в едином масштабе цен, что существенно упрощает определение фондоемкости продук-

ции. Однако такой порядок исчисления стоимости фондов находится в противоречии с реальной практикой учета стоимости фондов, согласно которой каждый вводимый в эксплуатацию объект зачисляется на баланс по номинальной величине затрат на его создание, которые на протяжении периода строительства исчислялись в действовавших изменявшихся ценах. Методику согласования принятых в модели расчетных значений стоимости фондов со значениями, входящими в действующую систему учета наличия фондов, необходимо еще разработать.

### 7.2.8 Динамика фондов, фондоемкость продукции, производственные мощности

Исходя из принятого нами допущения, что все годовые объемы ввода и вывода производственных основных фондов осуществляется в конце текущего года, объем производственных основных фондов на протяжении всего текущего года остается постоянным и равным его величине на начало этого года.

Российская система учета основных фондов включает классификацию их по следующим видам: здания; сооружения; передаточные устройства; производственное оборудование; транспортные средства; другие виды основных средств. По их роли в реализации технологического процесса производства производственные основные фонды подразделяются на активные – используемые непосредственно в процессе производства, и пассивные – обеспечивающие условия, необходимые для функционирования процесса производства. С некоторой степенью условности к активным часто относят производственное оборудование и транспортные средства, остальные виды производственных основных фондов при этом относят к пассивным.

Конечным результатом моделирования процесса капитального строительства является определение для каждого года прогнозного периода объема вводимых в эксплуатацию новых производственных фондов в каждой из отраслей (видов деятельности). Выбытие из эксплуатации фондов, устаревших физически или морально, будем определять экзогенно заданным коэффициентом выбытия, при этом будем считать, что фонды, достигающие к началу года  $t$  возраста  $\tau > \tau_j^{\max}$ , полностью выводятся из эксплуатации, так что в году  $t$  в производстве они уже

не используются. Тогда динамика объема и возраста наличных на начало каждого года производственных основных фондов описывается формулами:

а) для активных фондов

$$\Phi_{(t+1)j}^{\text{ac}} = \begin{cases} GIO_{ij}^{\text{ac}} & \text{при } \tau = 0 \\ \Phi_{ij(\tau-1)}^{\text{ac}} \alpha_{j\tau}^{\text{ra.ac}} & \text{при } \tau = 1, \dots, \tau_j^{\max} \end{cases} \quad (7.160)$$

б) для пассивных фондов

$$\Phi_{(t+1)j}^{\text{pas}} = GIO_{ij}^{\text{pas}} + \Phi_{ij}^{\text{pas}} \alpha_j^{\text{ra.pas}} \quad (7.161)$$

где:  $\alpha_{j\tau}^{\text{ra.ac}}$  – доля активных фондов отрасли (вида деятельности)  $j$ , имеющих возраст  $\tau$ , выбывающих из эксплуатации при достижении этого возраста (retirement of assets);

$\alpha_j^{\text{ra.pas}}$  – доля общего объема пассивных фондов отрасли  $j$ , выбывающая из эксплуатации в любом одном году их эксплуатации.

При этом

$$GIO_{ij}^{\text{ac}} = GIO_{ij} \frac{FBE_{(t-g_j+1)j}^{\text{eqp}}}{FBE_{(t-g_j+1)j}} \quad (7.162)$$

$$GIO_{ij}^{\text{pas}} = GIO_{ij} \frac{FBE_{(t-g_j+1)j}^{\text{baj}}}{FBE_{(t-g_j+1)j}} \quad (7.163)$$

Для целей нашей работы существенным является подразделение фондов по признаку – какие из них являются ведущими в формировании производственной мощности по выпуску продукции, а какие влияют на величину производственной мощности в первую очередь тем, что создают условия для эффективного использования ведущего вида фондов. Для формирования производственных мощностей по производству большинства видов товаров ведущими являются активные производственные основные фонды, при этом, однако, недостаток пассивных фондов может снижать производительность активных фондов. Для многих видов деятельности по производству услуг (в том числе, торговля, жилищное хозяйство, образование, культура) ведущую роль при формировании мощности в количественном исчислении играют пассивные фонды, в первую очередь, здания. Роль активных фондов при этом

тоже весьма существенна, но в наибольшей мере они влияют на качество производимых услуг.

Упрощая реальную ситуацию, примем допущение: все виды деятельности подразделяются на две группы, для одной из них ведущим видом производственных основных фондов являются активные, для другой – пассивные. Производственная мощность по выпуску продукции в прогнозных периодах в обеих группах определяется как частное от деления объема наличных производственных фондов ведущего вида на фондоемкость выпуска продукции, рассчитанную по этому виду фондов. Фондоемкость выпуска продукции в текущем периоде определяется путем корректировки ее значения в базовом (отчетном) периоде по факторам «технический уровень» и «возраст». Принципы корректировки аналогичны указанным в 7.2.4.2, то есть с помощью функций, подобных указанным там  $f_{ijk}^{tl}(t^b)$ ,  $f_{ijk}^{age}(\tau)$ , которые, однако, могут иметь здесь несколько другой вид и значения параметров, поэтому будем обозначить используемые здесь функции  $f_j^{tl,\varphi}(t^b)$ ,  $f_j^{age,\varphi}(\tau)$ . Индексы  $i$  и  $k$  здесь, в отличие от 7.2.4.2, отсутствуют в соответствии со смыслом параметра «фондоемкость».

Фондоемкость выпуска продукции в базовом периоде в видах деятельности, для которых ведущим видом фондов являются активные, определяется как частное от деления объема активных фондов на объем выпуска продукции, максимально-возможный при нормальной организации технологического процесса. Для видов деятельности, для которых ведущим видом фондов являются пассивные, фондоемкость определяется аналогично, но по объему пассивных фондов. В обоих случаях максимально-возможный объем выпуска продукции в базовом периоде определяется по данным паспортов предприятий, а при отсутствии таковых или возможности их использования производственная мощность определяется как частное от деления фактического объема выпуска продукции в базовом периоде на экспертно оцениваемый фактически сложившийся в этом периоде коэффициент использования мощности.

Фондоемкость, связанная с активными фондами (будем, для краткости, называть ее «активная фондоемкость»), в прогнозном периоде определяется как базовое значение, скорректированное с учетом изменения технического уровня и возрастной структуры на-

личных в каждом году этого периода активных фондов. «Пассивная» фондоемкость зависит от технического уровня (года начала строительства) пассивных фондов, возраст пассивных фондов не учитывается.

Обозначим:

$k_{ijk}^{cu}$  – коэффициент использования производственных мощностей (capacity utilization) по выпуску в году  $t$  продукта  $j$ , имеющего категорию качества  $k$ ;

$m_{ijk}$  – производственная мощность по выпуску в году  $t$  продукта  $j$ , имеющего категорию качества  $k$ .

$\Phi_{ij\tau}^{ac}$  – «активная» фондоемкость выпуска в году  $t$  продукта  $j$ , при использовании производственных фондов, имеющих в этом году возраст  $\tau$ ;

$\Phi_{ij}^{pas}$  – «пассивная» фондоемкость выпуска в году  $t$  продукта  $j$  (не подразделяется по возрасту используемых производственных фондов);

$J^{ac}$  – множество видов продукции, мощность по производству которых определяется активными производственными основными фондами;

$J^{pas}$  – множество видов продукции, мощность по производству которых определяется пассивными производственными основными фондами ( $J^{pas} = \{1, \dots, n\} \setminus J^{ac}$ );

Сначала определяем параметры для базового периода:

Производственная мощность, имевшаяся в наличии в базовом периоде, может быть выражена через известные величины фактического объема выпуска

$$m_{0jk} = \frac{X_{0jk}}{k_{0jk}^{cu}} \quad \forall j, k \quad (7.164).$$

Дальнейшее рассмотрение ведем отдельно по отраслям, для которых ведущим видом фондов являются активные или пассивные.

Для отраслей (видов производств), у которых ведущими при определении производственной мощности являются активные фонды, среднее по  $k$ -й возрастной группе фондов значение активной фондоемкости в отчетном периоде равно

$$\hat{\varphi}_{0jk}^{ac} = \frac{\sum_{\tau=\tau(k-1)}^{\tau_k} \Phi_{0j\tau}^{ac}}{X_{0jk}} \quad (7.165)$$

В соответствии с принятым нами порядком использования функций  $f_j^{tl,\varphi}(t^b)$ ,  $f_j^{age,\varphi}(\tau)$  активная фондоемкость в году  $t$  определяется формулой

$$\varphi_{j\tau}^{ac} = \varphi_{0j0}^{ac} \cdot f_j^{tl,\varphi}(t - \tau - \mathcal{G}_j) \cdot f_j^{age,\varphi}(\tau) \quad \text{при } j \in J^{ac} \quad \forall t, \tau \quad (7.166)$$

где  $\varphi_{0j0}^{ac}$  – активная фондоемкость производства продукции с использованием активных фондов, имевших по состоянию на начало отчетного (базового) года возраст, равный 0.

Учитывая, что первая возрастная группа фондов включает малое число градаций возраста и с ростом возраста в пределах этой группы фондоемкость меняется незначительно, можно принять, что средняя по этой группе фондов фондоемкость приближенно равна значению фондоемкости, соответствующему среднему по возрастной группе значению возраста фондов, то есть

$$\tilde{\varphi}_{j1}^{ac} = \varphi_{0j0}^{ac} \cdot f_j^{tl,\varphi}\left(t - \frac{\tau_1}{2} - \mathcal{G}_j\right) \cdot f_j^{age,\varphi}\left(\frac{\tau_1}{2}\right) \quad \forall j \quad (7.167)$$

С другой стороны, для отраслей, у которых ведущим видом фондов являются активные, производственная мощность может быть выражена через известные значения объемов активных производственных основных фондов и активную фондоемкость продукции:

$$m_{0jk} = \sum_{\tau=\tau_{(k-1)}}^{\tau_k} \frac{\Phi_{0j\tau}^{ac}}{\varphi_{0j\tau}^{ac}} = \sum_{\tau=\tau_{(k-1)}}^{\tau_k} \frac{\Phi_{0j\tau}^{ac}}{\left(\varphi_{0j0}^{ac} \cdot f_j^{tl,\varphi}(t - \tau - \mathcal{G}_j) \cdot f_j^{age,\varphi}(\tau)\right)} \quad (7.168)$$

$J \in J^{ac}, k = 1, 2, 3$

Приняв некие предположения о виде (математической структуре, числе параметров) функций  $f_j^{tl,\varphi}$ ,  $f_j^{age,\varphi}$ , можно рассматривать (7.167)–(7.168) при  $k=1$  и отдельно при каждом  $j$  как систему уравнений относительно  $\varphi_{0j0}^{ac}$  и неизвестных значений параметров функций  $f_j^{tl,\varphi}$ ,  $f_j^{age,\varphi}$  при известных значениях  $m_{0jk}$  и  $\tilde{\varphi}_{j1}^{ac}$ . Эта система, как правило, переопределена, поэтому для выбора приближенного решения можно использовать в той или иной форме принцип наибольшего правдоподобия. Далее будем считать, что величины  $\varphi_{0j0}^{ac}$ , вид и параметры функций  $f_j^{tl,\varphi}$ ,  $f_j^{age,\varphi}$  при всех  $j \in J^{ac}$  известны.

Тогда для любого года  $t$  прогнозного периода суммарную по каждой из трех возрастных групп производственную мощность по выпуску продукции, для производства которой ведущими являются активные фонды, можно определить по формуле

$$m_{ijk} = \sum_{\tau=\tau_{(k-1)}}^{\tau_k} \frac{\Phi_{j\tau}^{ac}}{\varphi_{j\tau}^{ac}} \quad j \in J^{ac}, k = 1, 2, 3 \quad (7.169)$$

где  $\varphi_{j\tau}^{ac}$  определяется по формуле (7.166).

Переходим к рассмотрению порядка определения фондоемкости продукции и производственной мощности для отраслей (видов производств), для которых ведущим видом фондов являются пассивные. По принятому нами предположению возраст таких фондов не учитывается, продукция по категориям качества не различается, поэтому производственная мощность в базовом году равна

$$m_{0j} = \frac{X_{0j}}{k_{0j}^{cu}} \quad (7.170)$$

Средняя по всему объему пассивных фондов фондоемкость в отчетном периоде равна

$$\varphi_{0j}^{pas} = \frac{\Phi_{0j}^{pas}}{m_{0j}} \quad (7.171)$$

Для определения пассивной фондоемкости в прогнозируемом периоде будем учитывать только влияние повышения технического уровня вновь вводимых в эксплуатацию пассивных фондов. Тогда

$$\varphi_{ij}^{pas} = \varphi_{0j}^{pas} \frac{\Phi_{0j}^{pas} (1 - \alpha_j^{ra,pas} t) + \sum_{v=1}^t (GIO_{vj}^{pas} (1 - \alpha_j^{ra,pas} (t - v)))}{\Phi_{0j}^{pas} (1 - \alpha_j^{ra,pas} t) + \sum_{v=1}^t \frac{(GIO_{vj}^{pas} (1 - \alpha_j^{ra,pas} (t - v)))}{f_j^{tl,\varphi}(\tau)}} \quad (7.172)$$

Производственная мощность отрасли, для которой ведущим видом фондов являются пассивные, в текущем году равна:

$$m_{ij} = \frac{\Phi_{ij}^{pas}}{\varphi_{ij}^{pas}} \quad \text{при } j \in J^{pas} \quad (7.173)$$

Формально объем выпуска не должен превышать производственной мощности. Однако более адекватным является предполо-

жение, что выпуск может несколько превысить мощность за счет использования форсированного режима работы оборудования. Относительная величина превышения нормативной мощности может различаться для разных видов продуктов, в модели эта величина задана отдельно по видам продуктов, при этом для товаров максимально-возможное относительное превышение составляет 5-20%, а для услуг может составлять 30-200%. Принято, что в форсированном режиме повышаются коэффициенты прямых затрат, а при производстве услуг снижается их качество. Форсированный выпуск услуг социального характера достигается, например, за счет переполнения классов в школах, сокращения времени приема врачом одного пациента, проведения культурно-массовых мероприятий с использованием, в том числе, неудобного для посетителей времени суток и т.п. В модели выпуск услуг, выполняемый за пределами нормативной производственной мощности, учитывается по полной стоимости, но с пониженным, во многих случаях весьма значительно, коэффициентом полезности. В соответствии со сделанными предположениями вводим следующие величины:

$x_{ijk}^{\text{norm}}$  – выпуск продукции, произведенной с использованием нормативной технологии;

$x_{ijk}^{\text{forc}}$  – то же с использованием форсированной технологии (то есть сверх того, что может быть выпущено по нормативной технологии);

$m_{ijk}^{\text{norm}}$  – производственная мощность при использовании нормативной технологии;

$m_{ijk}^{\text{forc}}$  – производственная мощность при использовании форсированной технологии.

Ограничения на объемы выпуска продукции:

$$x_{ijk}^{\text{norm}} \leq m_{ijk}^{\text{norm}} \quad (7.174)$$

$$x_{ijk}^{\text{forc}} \leq m_{ijk}^{\text{forc}} \quad (7.175)$$

Рассмотрим теперь вопрос об инновационных мощностях. В составе мощностей первой (самой младшей) возрастной группы выделяются мощности, выпускающие инновационную продукцию. Доля, которую инновационные производственные мощности составляют в объеме вновь вводимых в эксплуатацию производственных мощностей, постепенно растет в календарном времени от уровня

базового периода (часто – от нулевого уровня) до оптимистически-реалистичного максимально ожидаемого уровня. Доля, которую инновационные производственные мощности составляют в общей величине производственных мощностей первой возрастной группы, определяется совместным влиянием темпов их ввода в эксплуатацию и выхода из состава первой группы по возрасту (принято, что при достижении возраста выхода из первой возрастной группы мощности перестают быть инновационными по уровню требований соответствующего календарного года). Объем инновационных производственных мощностей по состоянию на начало очередного года определяет максимально-возможный выпуск импортозамещающей продукции в этом году. В свою очередь, увеличение объема выпуска импортозамещающей продукции позволяет снизить нижнюю границу доли импортного продукта в каждом из направлений использования соответствующего продукта.

Обозначим:

$\delta_{ii}^{\text{inn}}$  – доля производственных мощностей по выпуску инновационного продукта, относящегося к позиции  $i$  номенклатуры межотраслевого баланса, в общем объеме ввода в эксплуатацию мощностей по производству продукта  $i$ , вводимых в эксплуатацию в году  $t$ ;

$\Phi_{i\tau}^{\text{ac.inn}}$  – наличие активных производственных фондов, обеспечивающих выпуск инновационного продукта в составе продукта  $i$ , имеющих возраст  $\tau$  по состоянию на начало года  $t$ ;

$m_{ii}^{\text{inn}}$  – производственная мощность по выпуску инновационного продукта, входящего в состав продукта  $i$ ;

Значение доли  $\delta_{ii}^{\text{inn}}$  – константа, задаваемая экзогенно для каждого продукта  $i$  и года  $t$ . Тогда (см. разделы 7.2.7, 7.2.8, 7.2.9):

$$GIO_{ii}^{\text{ac.inn}} = GIO_{ii}^{\text{ac}} \cdot \delta_{ii}^{\text{inn}} \quad (7.176)$$

$$\Phi_{i\tau}^{\text{ac.inn}} = \begin{cases} GIO_{(t-1)i}^{\text{ac.inn}} & \text{при } \tau = 0 \\ \Phi_{(t-1)i(\tau-1)}^{\text{ac.inn}} & \text{при } \tau = 1, \dots, \tau_{i1} \end{cases} \quad (7.177)$$

$$m_{ii}^{\text{inn}} = m_{ii1} \frac{\sum_{\tau=0}^{\tau_{i1}} \Phi_{i\tau}^{\text{ac.inn}}}{\sum_{\tau=0}^{\tau_{i1}} \Phi_{i\tau}^{\text{ac}}} \quad (7.178)$$

### 7.2.9 Сводная запись модели

1. Аргументами оптимизации являются следующие переменные:

$x_{ijk}^{norm}$  – объем выпуска продукции, производимой по нормальной технологии;

$x_{ijk}^{forc}$  – объем выпуска продукции, производимой по форсированной технологии;

$Pc - Ind_{il}$  – индекс основной цены продукта;

$\xi_{ijk}^{ID}, \xi_{ijk}^F, \xi_{ijk}^R, \xi_{ijk}^{fc}$  – доли, в которых общая потребность в каждом из продуктов в каждом из направлений его использования (промежуточное потребление, пропорциональное выпуску; то же, пропорциональное объему фондов; то же на капитальный ремонт фондов; конечное потребление продукции и валовое накопление основного капитала) распределяется по категориям качества используемого продукта;

$\xi_{ijk} = (\xi_{ijk}^{ID}, \xi_{ijk}^F, \xi_{ijk}^R, \xi_{ijk}^{fc})$  – совокупность всех указанных в скобках величин.

$Inv_j$  – объем инвестиций в нефинансовые активы отрасли (вида деятельности)  $j$  в году  $t$ ;

$Inv_{j\theta}$  – объем инвестиций в году  $t$  в совокупность строящихся объектов, находящихся на году  $\theta$  периода их строительства (при  $\theta = 1$  – объем вновь начинаемого строительства);

$\mathcal{Y}_t^{DI}$  – матрица распределения располагаемых доходов институциональных единиц-субъектов хозяйствования (наемные работники, корпорации, государство) по направлениям конечного потребления и на валовое накопление основного капитала.

2. Целевая функция – максимизация суммарной за прогнозный период полезности конечного потребления с учетом дисконтирования ее по времени

$$\sum_{t=1}^T (u_t (1 + \Delta)^{-t}) \rightarrow \max \quad (7.179)$$

$\left\{ x_{ijk}^{norm}, x_{ijk}^{forc}, Pc - Ind_{il}, \xi_{ijk}^{ID}, \xi_{ijk}^F, \xi_{ijk}^R, \xi_{ijk}^{fc}, Inv_j, Inv_{j\theta}, \mathcal{Y}_t^{DI} \right\}_{\substack{i=1, \dots, n \\ j=0, 1, 2, 3 \\ k=1, 2, 3 \\ \theta=1, \dots, \theta_j}}$

где

$$u_t = \sum_{i=1}^n \sum_{l=0}^3 \sum_{q=1}^4 y_{ilq} \varepsilon_{il} \quad t = 1, \dots, T \quad (7.180)$$

$y_{ilq}$  – конечное потребление продукта  $i$ , имеющего категорию качества  $l$ ,  $q$  – направление конечного потребления (конечное потребление домашних хозяйств; продукты, приобретаемые государством для предоставления населению бесплатных услуг населению коллективного и индивидуального пользования; продукты, приобретаемые некоммерческими организациями);

$\varepsilon_{il}$  – коэффициенты перехода от основной цены продукта к полезности этого продукта, эти коэффициенты задаются экзогенно на основе экспертных оценок;

$\Delta$  – коэффициент дисконтирования полезности по времени.

### 3. Формирование конечного использования

3.1. Конечное потребление и валовое накопление основного капитала

$$\begin{aligned} & (y_{t1}^b, y_{t2}^b, y_{t3}^b, y_{t4}^b, y_{t5}^b) = \\ & = \left( DI_{(t-1)1} (1 + k^{emiss}), DI_{(t-1)2} (1 + k^{emiss}), DI_{(t-1)3} (1 + k^{emiss}) \right) \cdot \mathcal{Y}_t^{DI} \quad \forall t \end{aligned} \quad (7.181)$$

где  $y_{tq}^b$  – суммарное по всем видам продуктов конечное использование, исчисленное в ценах покупателей по направлению  $q$  ( $q=1, \dots, 4$  – конечное потребление,  $q=5$  – валовое накопление основного капитала);

$DI_{(t-1)g}$  – располагаемый доход институциональной единицы-субъекта хозяйствования, полученный в году, предыдущем по отношению к текущему году  $t$  ( $g=1$  – наемные работники,  $g=2$  – корпорации,  $g=3$  – государство);

$k^{emiss}$  – относительное увеличение располагаемого дохода за счет дополнительной эмиссии денежной массы государством.

$$\sum_{p=1}^n b_{pq} y_{pq} = s_{iq}^{fc} y_{iq}^b \quad i = 1, \dots, n; \quad q = 1, \dots, 5 \quad (7.182)$$

где  $s_{iq}^{fc}$  – показатели продуктовой структуры конечного потребления и валового накопления основного капитала.

При каждом  $q$  система (7.182) представляет собой систему линейных уравнений относительно переменных  $\{y_{pq}\}_{p=1, \dots, n}$  – определяемых здесь величин конечного потребления и валового накопления основного капитала, исчисленных в текущих основных ценах.

Коэффициенты каждой из систем линейных уравнений определяются формулами

$$b_{ipq} = \begin{cases} \mathbf{m}u_{ipq} s_{iiq}^{\text{fc}} & \text{при } p \neq i \\ 1 + \mathbf{m}u_{ipq} s_{iiq}^{\text{fc}} & \text{при } p = i \end{cases} \quad \forall q \quad (7.183)$$

$$s_{iiq}^{\text{fc}} = \frac{s_{0iq}^{\text{fc}} \cdot \mathbf{P}c - \mathbf{I}nd_{ii}}{\sum_{p=1}^n (s_{0pq}^{\text{fc}} \mathbf{P}c - \mathbf{I}nd_{ii})} \quad \forall q \quad (7.184)$$

Формулы, по которым вычисляются величины  $\{\mathbf{D}I_{(t-1)g}\}_{g=1,2,3}$  и

$\{\mathbf{m}u_{ipq}\}_{p=1,\dots,n, q=1,\dots,5}$  приведены ниже, величины  $\{s_{0iq}^{\text{fc}}\}_{i=1,\dots,n, q=1,\dots,5}$  представляют

собой константы, определяемые по данным отчетного межотраслевого баланса по формулам (7.59) – (7.62).

Объемы конечного потребления продуктов и объемы продуктов, используемых при формировании валового накопления основного капитала, отдельно по категориям качества используемых продуктов равны

$$y_{iiq} = y_{iiq}^{\text{fc}} \xi_{iiq}^{\text{fc}} \quad (7.185)$$

При этом должно соблюдаться условие  $\sum_{l=0}^3 \xi_{iiq}^{\text{fc}} = 1$ .

### 3.2. Изменения объемов запасов продуктов

Все виды запасов продукции создаются только по товарам (не услугам). В соответствии с формулами (7.72) – (7.74) изменение запасов готовой продукции у производителей, запасов продуктов, используемых в производстве, и запасов нереализованной продукции, находящихся в торговой системе, зависят от объемов выпусков в текущем и предыдущем годах. Зависимость объемов запасов от объемов выпусков в текущем году учитывается соответствующей модификацией матрицы коэффициентов прямых затрат (см. ниже). В составе конечного использования формально остаются (при этом со знаком «минус») только объемы запасов, сформировавшиеся к началу очередного текуще-

го года. Для того чтобы отличать эти запасы, взятые со знаком «минус», от входящих в состав конечного использования изменений запасов, будем указанные запасы, взятые со знаком «минус», обозначать через  $\hat{y}$ . В соответствии с указанными выше формулами они определяются следующими выражениями:

Запас готовой продукции у производителей

$$\hat{y}_{ii6} = -\mathbf{x}_{(t-1)ii} \psi_{ii}^{\text{fs}} \quad i \in I^{\text{good}} \quad l=1,2,3 \quad (7.186)$$

где  $\psi_{ii}^{\text{fs}}$  – удельная на единицу объема выпуска величина остатка нереализованной производителями готовой продукции;

$\mathbf{x}_{(t-1)ii}$  – объем выпуска продукта ( $ii$ ) в году ( $t-1$ ), предыдущем перед текущим.

Запасы продукции, используемой в производстве (производственные запасы)

$$\hat{y}_{ii7} = -\left( \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^3 \mathbf{X}_{(t-1)ijk} \right) \psi_{ii}^{\text{ims}} \quad i \in I^{\text{good}} \quad l=0,1,2,3 \quad (7.187)$$

где  $\psi_{ii}^{\text{ims}}$  – удельная на единицу объема промежуточного потребления величина запаса продукта, используемого в производстве;

$\mathbf{X}_{(t-1)ijk}$  – объем продукта ( $i,l$ ), использованного в производстве продукта ( $j,k$ ) в году ( $t-1$ ).

$$\mathbf{X}_{(t-1)ijk} = \mathbf{x}_{(t-1)jk} \mathbf{w}_{(t-1)ijk} \quad (7.188)$$

где  $\mathbf{w}_{(t-1)ijk}$  – коэффициент прямых затрат, определяется по формуле (7.208).

Запасы нереализованной продукции в торговой системе

$$\hat{y}_{ii8} = \begin{cases} -\mathbf{I}p_{(t-1)i} \psi_{ii}^{\text{str}} & l=0 \\ -\mathbf{x}_{(t-1)ii} \psi_{ii}^{\text{str}} & l=1,2,3 \end{cases} \quad i \in I^{\text{good}} \quad (7.189)$$

где  $\psi_{ii}^{\text{str}}$  – удельное значение объемов запасов на единицу объема конечной реализации продукта (не перепродавцам).

$\mathbf{I}p_{(t-1)i}$  – объем импорта продукта в предшествующем году, определяется по формуле (7.246).

## 3.3. Экспорт

В соответствии с 7.2.3.3. экспорт в ценах FOB:

$$Ex_{ii}^{FOB.bas} = Ex_{0i}^{FOB} + \delta_i^{экс} \left( \sum_{k=1}^3 m_{ik}^{bas} - \sum_{k=1}^3 m_{0ik} \right) \quad i \in I^{rm} \quad (7.190)$$

$$Ex_{ii}^{FOB.bas} = Ex_{0i}^{FOB} + \delta_i^{экс} \left( m_{ii}^{bas} - m_{0i1} \right) \quad i \in I^{pi} \quad (7.191)$$

$$Ex_{ii}^{FOB.bas} = Ex_{(t-1)i}^{FOB.bas} \frac{Ex_{(t-1)i}^{FOB.bas}}{Ex_{(t-2)i}^{FOB.bas}} \quad \forall i : (i \notin I^{rm}, i \in I^{pi}) \quad (7.192)$$

$$Ex_{ii}^{FOB} = Ex_{ii}^{FOB.bas} Pc_{ind}_{ii}^{FOB} \quad (7.193)$$

где:  $I^{rm}$  – множество сырьевых продуктов;

$I^{pi}$  – множество продуктов обрабатывающих отраслей;

$Ex_{ii}^{FOB.bas}$  – экспорт продукта  $i$  в году  $t$ , исчисленный в цене FOB базового периода;

$\delta_i^{экс}$  – соотношение между приростами экспорта и производственных мощностей по продукту  $i$ ;

$m_{ik}^{bas}$  – мощность по производству в году  $t$  продукта  $i$ , имеющего категорию качества  $k$ , исчисленная во внутренних основных ценах базового периода.

Уравнения, определяющие входящие в эти формулы значения производственной мощности по выпуску продуктов  $m_{ik}^{bas}$ ,  $m_{0ik}$ , приведены ниже.

Экспорт в реальных основных ценах:

$$y_{ii9}^{real} = \begin{cases} Ex_{ii}^{FOB} \left( 1 - Tx - Ex - R_i - \sum_{s=1}^{n^r} tr_{is} - rt_j \right) & \forall i : (i \in I^{Tr}, i \neq i^{Rt}) \\ Ex_{ii_s} + \sum_{p=1}^n (Ex_{ii}^{FOB} \cdot tr_{is}) & \text{при } s=1, \dots, n^{Tr} \quad \{i_s\}_{s=1, \dots, n^{Tr}} = I^{Tr} \\ Ex_{ii^{Rt}} + \sum_{p=1}^n (Ex_{ii}^{FOB} \cdot rt_i) & \text{при } i = i^{Rt} \end{cases} \quad (7.194)$$

где  $Tx - Ex - R_i$  – ставка налога на экспорт продукта  $i$  (экспортная пошлина) в расчете на единицу цены FOB.

Экспорт в условных внутренних ценах

$$y_{ii9} = y_{ii9}^{real} \cdot k_{ii}^{real \rightarrow conv} \quad (7.195)$$

где  $k_{ii}^{real \rightarrow conv}$  – коэффициент перехода от реальных к условным внутренним ценам, экзогенно заданная константа

Матрица объемов конечного использования продуктов видоизмененная: вместо столбцов «изменение запасов» стоят столбцы «запасы на начало года со знаком «минус»»

$$\widehat{Y}_t = \left\{ \left\{ y_{itlq} \right\}_{\substack{l=0,1,2,3 \\ q=1, \dots, 5}}^{i=1, \dots, n} \left\{ \widehat{y}_{itlq} \right\}_{\substack{l=0,1,2,3 \\ q=6,7,8}}^{i=1, \dots, n} \left\{ y_{itlq} \right\}_{\substack{l=1, \dots, n \\ q=9}}^{i=1, \dots, n} \right\} \quad (7.196)$$

Аналогичная видоизмененная матрица объемов конечного использования только отечественных продуктов

$$\widehat{Y}_t^{dom} = \left\{ \left\{ y_{itlq} \right\}_{\substack{l=1, \dots, n \\ q=1, \dots, 5}}^{i=1, \dots, n} \left\{ \widehat{y}_{itlq} \right\}_{\substack{l=1, \dots, n \\ q=6,7,8}}^{i=1, \dots, n} \left\{ y_{itlq} \right\}_{\substack{l=1, \dots, n \\ q=9}}^{i=1, \dots, n} \right\} \quad (7.197)$$

Вектор суммарного по всем направлениям конечного использования отечественных продуктов (с учетом видоизменения столбцов, связанных с запасами)

$$\overline{y}_t^{dom} = \left( \sum_{q=1}^5 \begin{pmatrix} y_{ii1q} \\ y_{ii2q} \\ y_{ii3q} \end{pmatrix} + \sum_{q=6}^8 \begin{pmatrix} \widehat{y}_{ii1q} \\ \widehat{y}_{ii2q} \\ \widehat{y}_{ii3q} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} y_{ii,1,9} \\ y_{ii,2,9} \\ y_{ii,3,9} \end{pmatrix} \right)_{i=1, \dots, n} \quad (7.198)$$

## 4. Коэффициенты прямых затрат

4.1. Коэффициенты прямых затрат, исчисленные в базовых ценах без подразделения продуктов по категориям их качества

$$\overline{w}_{ij1}^{bas} = \overline{a}_{0ij1} \frac{\sum_{\tau=0}^{\tau_{j1}} (\Phi_{j\tau}^{ac} f_{ij1}^{tl}(t - \tau - \mathcal{G}_j) f_{ij1}^{age}(\tau))}{\widehat{\Phi}_{j1}^{ac}} \quad \forall t, i, j \quad (7.199)$$

$$\bar{w}_{ijk}^{\text{bas}} = \bar{a}_{0ijk} \frac{\sum_{\tau=\vartheta_{j(k-1)+1}}^{\tau_{jk}} (\Phi_{j\tau}^{\text{ac}} f_{ijk}^{\text{tl}}(t-\tau-\vartheta_j) f_{ijk}^{\text{age}}(\tau))}{\hat{\Phi}_{ijk}^{\text{ac}}} \quad \forall t, i, j \quad k = 2, 3 \quad (7.200)$$

где  $\bar{a}_{0ijk}$  – константы, определяемые по формуле (7.99),  
 $\Phi_{j\tau}^{\text{ac}}$  – стоимость активных фондов отрасли (вида деятельности)  $j$ ,  
имеющих по состоянию на начало года  $t$  возраст  $\tau$ ;  
 $\hat{\Phi}_{ijk}^{\text{ac}}$  – суммарная стоимость активных фондов, входящих в состав  
соответствующих возрастным групп  $k = 1, 2, 3$ ;  
 $f_{ijk}^{\text{tl}}(t^b)$  – функция, описывающая влияние технического уровня  
основных производственных фондов на изменение коэффициентов  
прямых затрат,  
 $t^b$  – календарный год начала строительства соответствующей груп-  
пы производственных основных фондов;  
 $f_{ijk}^{\text{age}}(\tau)$  – функция, описывающая влияние возраста основных про-  
изводственных фондов на изменение коэффициентов прямых за-  
трат;  
 $\tau$  – возраст основных производственных фондов.

#### 4.2. Коэффициенты прямых затрат, исчисленные в базовых ценах с подразделением продуктов по категориям их качества

Сначала рассмотрим коэффициенты прямых затрат всех про-  
дуктов, кроме услуг транспорта и торговли. С учетом подразделе-  
ния используемых продуктов по категориям их качества коэффици-  
енты прямых затрат, исчисленные в базовых ценах, равны

$$w_{ijk}^{\text{bas}} = \bar{w}_{ijk}^{\text{bas}} \xi_{ijk} \omega_{ijk} \quad \forall t, l, j, k, \quad \forall i: (i \notin I^{\text{Tr}}, i \neq i^{\text{Rt}}) \quad (7.201)$$

При  $i \in I^{\text{Tr}}$ ,  $i = i^{\text{Rt}}$  значения, вычисленные по формулам  
(7.199), (7.200), представляют собой только ту часть затрат на ус-  
луги видов грузового транспорта и торговли, которые (услуги) вхо-  
дят в производственные затраты непосредственно (не в виде наце-  
нок). Эти значения обозначаются далее  $\hat{w}_{ij}^{\text{bas}}$  при  $i \in I^{\text{Tr}}$ ,  $i = i^{\text{Rt}}$ .  
Тогда полные значения коэффициентов прямых затрат при  $i \in I^{\text{Tr}}$   
определяются по формулам

$$w_{i_s^{\text{Tr}}jk}^{\text{bas}} = \hat{w}_{i_s^{\text{Tr}}jk}^{\text{bas}} + Tr_{ijks}^{\text{ID.bas}} \quad \forall t, j, k \quad s = 1, \dots, n^{\text{Tr}} \quad \{i_s^{\text{Tr}}\}_{s=1, \dots, n^{\text{Tr}}} = I^{\text{TR}} \quad (7.202)$$

где  $Tr_{ijks}^{\text{ID.bas}}$  – суммарная по всем использованным продуктам транс-  
портная наценка, создаваемая видом транспорта  $s$ , исчисленная при  
базовом уровне транспортных тарифов:

$$Tr_{ijks}^{\text{ID.bas}} = \sum_{i \in I^{\text{good}}} \sum_{l=0}^3 w_{iijl}^{\text{bas}} tr_{tsij}^{\text{ID.bas}} \quad \forall t, j, k \in s = 1, \dots, n^{\text{Tr}} \quad (7.203)$$

где  $tr_{tsij}^{\text{ID.bas}}$  – удельная транспортная наценка на единицу стоимости  
использованного продукта, исчисленной в базовой цене

$$tr_{iijjs}^{\text{ID}} = tr_{0iijjs}^{\text{ID}} \frac{Pc - Ind_{i_s^{\text{Tr}}}}{Pc - Ind_{ii}} \quad (7.204)$$

где  $tr_{0iijjs}^{\text{ID}}$  определяются по данным отчетного межотраслевого ба-  
ланса (см. 7.2.5).

При  $i = i^{\text{Rt}}$  (торговля)

$$w_{i^{\text{Rt}}jk}^{\text{bas}} = \hat{w}_{i^{\text{Rt}}jk}^{\text{bas}} + Rt_{ijk}^{\text{ID.bas}} \quad \forall t, j, k \quad (7.205)$$

где  $Rt_{ijk}^{\text{ID.bas}}$  – суммарная по всем использованным продуктам торго-  
вая наценка, равная

$$Rt_{ijk}^{\text{ID.bas}} = \sum_{i=1}^n \sum_{l=0}^3 w_{iijl}^{\text{bas}} rt_{iij}^{\text{ID.bas}} \quad \forall t, j, k \quad (7.206)$$

где  $rt_{iij}^{\text{ID.bas}}$  – удельная торговая наценка на единицу стоимости ис-  
пользованного продукта, исчисленной в базовой цене.

$$rt_{iij}^{\text{ID}} = rt_{0iij}^{\text{ID}} \frac{Pc - Ind_{i^{\text{Rt}}}}{Pc - Ind_{ii}} \quad (7.207)$$

где  $rt_{0iij}^{\text{ID}}$  определяются по данным отчетного межотраслевого балан-  
са (см. 7.2.5).

4.3. Коэффициенты прямых затрат, исчисленные в ценах текущего года с подразделением продуктов по категориям их качества равны

$$w_{tijk} = w_{tijk}^{\text{bas}} \frac{Pc\_Ind_{itl}}{Pc\_Ind_{ijk}} \quad \forall t, i, l, j, k \quad (7.208)$$

где:  $Pc\_Ind_{itl}$  – индекс цены продукта  $(i, l)$  в году  $t$  по отношению к базовому году;

$Pc\_Ind_{ijk}$  – то же для продукта  $(j, k)$ .

Для учета затрат продукции на создание запасов матрица коэффициентов прямых затрат модифицируется следующим образом:

$$\widehat{w}_{tijk} = \begin{cases} w_{tijk} & i \neq j \quad \forall t, l, j, k \\ w_{tijk} + \psi^{\text{fs}} + \left( \sum_{p=1}^n w_{itpk} \right) \psi^{\text{ims}} + \psi^{\text{str}} & i = j \quad \forall t, l, j, k \end{cases} \quad (7.209)$$

Матрица коэффициентов прямых затрат (модифицированная)

$$\widehat{W} = \left\{ \widehat{w}_{tijk} \right\}_{\substack{i, j=1, \dots, n \\ l=0, 1, 2, 3 \\ k=1, 2, 3}} \quad (7.210)$$

Матрица коэффициентов прямых затрат (модифицированная) только отечественных продуктов

$$\widehat{W}^{\text{dom}} = \left\{ \widehat{w}_{tijk} \right\}_{\substack{i, j=1, \dots, n \\ l=1, 2, 3 \\ k=1, 2, 3}} \quad (7.211)$$

При каждом  $t$  эта матрица содержит  $3|J^{\text{ac}}| + |J^{\text{pas}}|$  строк и столько же столбцов, здесь  $|J^{\text{ac}}|$  и  $|J^{\text{pas}}|$  – количества элементов в соответствующих множествах индексов.

5. Промежуточное потребление, не зависящее от объемов выпусков продукции в текущем году

5.1. Промежуточное потребление, пропорциональное объему наличных производственных фондов

$$\pi_{ijl}^{\text{F.bas}} = \pi_{0ijl}^{\text{F}} \frac{\sum_{\tau=0}^{\tau_{j1}} (\Phi_{j\tau}^{\text{ac}} f_{ijl}^{\text{tl}} (t - \tau - \vartheta_j))}{\sum_{\tau=0}^{\tau_{j1}} (\Phi_{0j\tau}^{\text{ac}} f_{ijl}^{\text{tl}} (t - \tau - \vartheta_j))} \quad \forall t, i, j \quad (7.212)$$

$$\pi_{ijk}^{\text{F.bas}} = \pi_{0ijk}^{\text{F}} \frac{\sum_{\tau=\tau_{j(k-1)+1}}^{\tau_{jk}} (\Phi_{j\tau}^{\text{ac}} f_{ijk}^{\text{tl}} (t - \tau - \vartheta_j))}{\sum_{\tau=\tau_{j(k-1)+1}}^{\tau_{jk}} (\Phi_{0j\tau}^{\text{ac}} f_{ijk}^{\text{tl}} (t - \tau - \vartheta_j))} \quad \forall t, i, j \quad k=2, 3 \quad (7.213)$$

$$\pi_{ijk}^{\text{F.bas}} = \pi_{ijk}^{\text{F.bas}} \xi_{tijk}^{\text{F}} \omega_{tijk} \quad \forall t, l, j, k \quad \forall i: (i \notin I^{\text{Tr}}, i \neq i^{\text{Rt}}) \quad (7.214)$$

где  $\pi_{0ijk}^{\text{F}}$  определяются по данным отчетного межотраслевого баланса (см. 7.2.5).

При  $i \in I^{\text{Tr}}$ ,  $i = i^{\text{Rt}}$ , то есть, в строках, относящихся к транспорту и торговле, формулы (7.212) – (7.214) видоизменяются:  $\pi$  заменяются на  $\widehat{\pi}$  со всеми теми же индексами, то есть по этим формулам определяются затраты, вошедшие в расходы по ремонту фондов только непосредственно (не в виде наценок). Полные значения этих затрат, включающие и наценки, определяются по формулам, аналогичным (7.202) – (7.206) с заменой в них  $W$  на  $\pi$ , верхнего индекса «ID» на «F» со всеми теми же нижними индексами.

Матрица объемов промежуточного потребления, пропорционального объемам наличных производственных фондов

$$\Pi_t^{\text{F}} = \left\{ \pi_{tijk}^{\text{F}} \right\}_{\substack{t=1, \dots, T \\ i, j=1, \dots, n \\ l=0, 1, 2, 3 \\ k=1, 2, 3}} \quad (7.215)$$

Матрица объемов промежуточного потребления только отечественных продуктов, пропорционального объемам наличных производственных фондов

$$\Pi_t^{\text{F.dom}} = \left\{ \pi_{ijk}^{\text{F}} \right\}_{\substack{t=1, \dots, T \\ i, j=1, \dots, n \\ k=1, 2, 3}} \quad (7.216)$$

Вектор суммарных по всем отраслям объемов промежуточного потребления только отечественных продуктов, пропорционального объемам наличных производственных фондов

$$\bar{\pi}_t^{\text{F.dom}} = \left( \sum_{j=1}^n \begin{pmatrix} \pi_{i1j}^{\text{F}} \\ \pi_{i2j}^{\text{F}} \\ \pi_{i3j}^{\text{F}} \end{pmatrix} \right)_{i=1, \dots, n} \quad (7.217)$$

5.2 Промежуточное потребление, пропорциональное объему работ по капитальному ремонту наличных производственных фондов

$$\pi_{ij3}^{\text{R.bas}} = \pi_{0ij3}^{\text{R}} \frac{\sum_{\tau=\tau_{j2+1}}^{\tau_{j3}} (\Phi_{ij\tau}^{\text{ac}} f_{ijk}^{\text{tl}} (t - \tau - \vartheta_j))}{\sum_{\tau=\tau_{j2+1}}^{\tau_{j3}} (\Phi_{0j\tau}^{\text{ac}} f_{ijk}^{\text{tl}} (t - \tau - \vartheta_j))} \quad \forall t, i, j \quad (7.218)$$

$$\pi_{ij3}^{\text{R}} = \pi_{ij3}^{\text{R.bas}} \frac{X_{(t-1)ij3}}{\sum_{p=1}^3 X_{(t-1)ipj3}} \text{Pc\_Ind}_{il} \quad \forall t, i, l, j \quad (7.219)$$

где  $\pi_{0ij3}^{\text{R}}$  определяются по данным отчетного межотраслевого баланса (см. 7.2.5).

При  $i \in I^{\text{Tr}}$ ,  $i = i^{\text{Rt}}$  эти формулы определяют только затраты, вошедшие в расходы на капитальный ремонт непосредственно. Полная величина соответствующих затрат, включающая, кроме того, наценки на использованные продукты, определяется аналогично указанному выше для затрат по содержанию и текущему ремонту фондов.

Матрица объемов промежуточного потребления, пропорционального объемам работ по капитальному ремонту производственных фондов

$$\Pi_t^{\text{R}} = \left\{ \pi_{ij3}^{\text{R}} \right\}_{\substack{t=1, \dots, T \\ i, j=1, \dots, n \\ l=0, 1, 2, 3}} \quad (7.220)$$

Матрица объемов промежуточного потребления только отечественных продуктов, пропорционального объемам работ по капитальному ремонту производственных фондов

$$\Pi_t^{\text{R.dom}} = \left\{ \pi_{ij3}^{\text{R}} \right\}_{\substack{t=1, \dots, T \\ i, j=1, \dots, n \\ l=1, 2, 3}} \quad (7.221)$$

Вектор суммарных по всем отраслям объемов промежуточного потребления только отечественных продуктов, пропорционального объемам наличных производственных фондов

$$\bar{\pi}_t^{\text{R.dom}} = \left( \sum_{j=1}^n \begin{pmatrix} \pi_{i1j}^{\text{R}} \\ \pi_{i2j}^{\text{R}} \\ \pi_{i3j}^{\text{R}} \end{pmatrix} \right)_{i=1, \dots, n} \quad (7.222)$$

## 6. Производственные мощности

6.1. Объем ввода в эксплуатацию производственных основных фондов

Активных

$$GIO_{ij}^{\text{ac}} = GIO_{ij} \frac{FBE_{(t-\vartheta_j+1)j}^{\text{eqp}}}{FBE_{(t-\vartheta_j+1)j}} \quad (7.223)$$

Пассивных

$$GIO_{ij}^{\text{pas}} = GIO_{ij} \frac{FBE_{(t-\vartheta_j+1)j}^{\text{baj}}}{FBE_{(t-\vartheta_j+1)j}} \quad (7.224)$$

где:  $GIO_{ij}$  – полная сметная стоимость производственных основных фондов, вводимых в эксплуатацию в году  $t$  (going into operation);

$FBE_{i,j}^{\text{b}}$  (full building's estimate) – полная сметная стоимость совокупности объектов – строок предприятий, предназначенных для выпуска продукта  $j$ , строительство которых начинается в году  $t^{\text{b}}$ ;

$FBE_{i,j}^{\text{baj}}$  – полная сметная стоимость строительно-монтажных работ, которые должны быть выполнены в соответствии со сметой на указанной выше совокупности объектов;

$FBE_{i,j}^{\text{eqp}}$  – полная сметная стоимость оборудования, которое должно быть установлено и подготовлено к пуску к моменту ввода в эксплуатацию указанной совокупности объектов;

Величины  $GIO_{ij}$ ,  $FBE_{(t-\vartheta_j+1)j}$ ,  $FBE_{(t-\vartheta_j+1)j}^{eqp}$ ,  $FBE_{(t-\vartheta_j+1)j}^{baj}$  определяются уравнениями динамики капитального строительства, приведенными ниже.

6.2. Динамика наличия производственных основных фондов, в том числе активных – отдельно по возрастам:

активных

$$\Phi_{j\tau}^{ac} = \begin{cases} GIO_{(t-1)j}^{ac} & \text{при } \tau=0 \\ \Phi_{(t-1)j(\tau-1)}^{ac} \alpha_{j\tau}^{ra,ac} & \text{при } \tau=1, \dots, \tau_j^{\max} \end{cases} \quad (7.225)$$

пассивных

$$\Phi_{ij}^{pas} = GIO_{(t-1)j}^{pas} + \Phi_{(t-1)j}^{pas} \alpha_j^{ra,pas} \quad (7.226)$$

где:  $\Phi_{j\tau}^{ac}$  – объем активных производственных основных фондов, имеющих возраст  $\tau$  по состоянию на начало года  $t$ ;

$\Phi_{ij}^{pas}$  – объем пассивных производственных основных фондов по состоянию на начало года  $t$ ;

$\alpha_{j\tau}^{ra,ac}$  – доля годового выбытия активных фондов, имеющих возраст  $\tau$ ;

$\alpha_j^{ra,pas}$  – доля годового выбытия пассивных фондов.

6.3. Фондоёмкость производственных мощностей

Активных

$$\Phi_{j\tau}^{ac} = \Phi_{0j0}^{ac} \cdot f_j^{tl,\varphi} \left( t - \tau - \vartheta_j \right) \cdot f_j \quad (\tau) \quad \text{при } j \in J \quad \forall t, \tau \quad (7.227)$$

где:  $\Phi_{j\tau}^{ac}$  – фондоёмкость активных производственных основных фондов, имеющих возраст  $\tau$  по состоянию на начало года  $t$ ;

$f_j^{tl,\varphi}$ ,  $f_j^{age,\varphi}$  – функции, описывающие зависимость активной фондоёмкости от технического уровня (tl) и возраста (age) активных производственных фондов;

$\vartheta_j$  – нормативная продолжительность строительства производственных мощностей отрасли  $j$ .

Пассивных

$$\Phi_{ij}^{pas} = \Phi_{0j}^{pas} \frac{\Phi_{0j}^{pas} \left( 1 - \alpha_j^{ra,pas} t \right) + \sum_{v=1}^t \left( GIO_{vj}^{pas} \left( 1 - \alpha_j^{ra,pas} (t-v) \right) \right)}{\Phi_{0j}^{pas} \left( 1 - \alpha_j^{ra,pas} t \right) + \sum_{v=1}^t \frac{\left( GIO_{vj}^{pas} \left( 1 - \alpha_j^{ra,pas} (t-v) \right) \right)}{f_j^{tl,\varphi}(\tau)}} \quad (7.228),$$

где:  $\Phi_{ij}^{pas}$  – фондоёмкость пассивных производственных основных фондов.

6.4. Производственные мощности отраслей (видов производств) при использовании нормативных технологий:

Отрасли, для которых ведущим видом фондов являются активные

$$m_{ijk}^{norm} = \sum_{\tau=\tau_{j(k-1)}}^{\tau_{jk}} \frac{\Phi_{j\tau}^{ac}}{\Phi_{j\tau}^{ac}} \quad J \in J^{ac}, k=1,2,3 \quad (7.229)$$

Отрасли, для которых ведущим видом фондов являются пассивные

$$m_{ij1}^{norm} = \frac{\Phi_{ij}^{pas}}{\Phi_{ij}^{pas}} \quad j \in J^{pas} \quad (7.230).$$

Вектор значений производственной мощности при использовании нормативных технологий

$$m_t^{norm} = \left\{ m_{ijk}^{norm} \right\}_{\substack{j=1, \dots, n \\ k=1,2,3 \text{ для } j \in J^{ac} \\ k=1 \text{ для } j \in J^{pas}}} \quad (7.231)$$

6.5. Дополнительные производственные мощности отраслей (видов производств), обеспечиваемые использованием форсированных технологий:

$$m_{ijk}^{forc} = m_{ijk}^{norm} \otimes k_{jk}^{up} \quad (7.232),$$

где:  $k_{jk}^{up}$  – относительный прирост мощности при использовании форсированной технологии по сравнению с нормативной, экзогенно заданные константы;

$\otimes$  – операция поэлементного умножения векторов.

Вектор дополнительных мощностей, получаемых при использовании форсированных технологий

$$\mathbf{m}_t^{\text{forc}} = \left\{ \mathbf{m}_{ij}^{\text{forc}} \right\}_{j=1, \dots, n} \quad (7.233)$$

### 6.6. Производственные мощности по выпуску инновационных продуктов

$$GIO_{ii}^{\text{ac.inn}} = GIO_{ii}^{\text{ac}} \cdot \delta_{ii}^{\text{inn}} \quad (7.234)$$

где  $\delta_{ii}^{\text{inn}}$  – константа, задаваемая экзогенно для каждого продукта  $i$  и года  $t$ .

$$\Phi_{(t+1)i\tau}^{\text{ac.inn}} = \begin{cases} GIO_{ii}^{\text{ac.inn}} & \text{при } \tau=0 \\ \Phi_{ii(\tau-1)}^{\text{ac.inn}} & \text{при } \tau=1, \dots, \tau_{i1} \end{cases} \quad (7.235)$$

$$\mathbf{m}_{ii}^{\text{inn}} = \mathbf{m}_{ii1} \frac{\sum_{\tau=0}^{\tau_{i1}} \Phi_{ii\tau}^{\text{ac.inn}}}{\sum_{\tau=0}^{\tau_{i1}} \Phi_{ii\tau}^{\text{ac}}} \quad (7.236)$$

### 7. Основное уравнение межотраслевого баланса

$$\left( \mathbf{E} - \widehat{\mathbf{W}}_t^{\text{dom}} \right) \left( \mathbf{x}_t^{\text{norm}} + \mathbf{x}_t^{\text{forc}} \otimes \mathbf{k}^{\text{forc}} \right) + \overline{\boldsymbol{\pi}}_t^{\text{F.dom}} + \overline{\boldsymbol{\pi}}_t^{\text{R.dom}} = \overline{\mathbf{y}}_t^{\text{dom}} \quad (7.237)$$

$$\mathbf{x}_t^{\text{norm}} \leq \mathbf{m}_t^{\text{norm}} \quad (7.238)$$

$$\mathbf{x}_t^{\text{forc}} \leq \mathbf{m}_t^{\text{forc}} \quad (7.239)$$

где векторы-столбцы  $\mathbf{x}_t^{\text{norm}}$  и  $\mathbf{x}_t^{\text{forc}}$  имеют одинаковую структуру вида

$$\mathbf{x}_t = \begin{pmatrix} \left( \mathbf{x}_{ij1} \right) \\ \left( \mathbf{x}_{ij2} \right) \\ \left( \mathbf{x}_{ij3} \right)_{j \in J^{\text{ac}}} \\ \left( \mathbf{x}_{ij} \right)_{j \in J^{\text{pas}}} \end{pmatrix}$$

$\mathbf{k}^{\text{forc}}$  – вектор значений коэффициентов повышения затрат на производство видов продукции при использовании форсированной технологии вместо нормальной, экзогенно заданные константы.

### 8. Ограничения на допустимые распределения используемых продуктов по категориям их качества

$$\sum_{l=0}^3 \xi_{iljk} = 1 \quad \forall t, i, j, k, \quad (7.240)$$

### 9. Ограничения на возможные значения доли импортных продуктов в общем объеме использования каждого из продуктов в каждом из направлений его использования

$$\bar{\xi}_{ii0jk} \leq \xi_{ii0jk} \leq 1 \quad \forall t, i, j, k \quad (7.241)$$

$$\bar{\xi}_{ii0jk} = \xi_{ii0jk} \left( 1 - \frac{\mathbf{m}_{ii}^{\text{inn}}}{\mathbf{m}_{ii1}} \right) \quad \forall t, i, j, k \quad (7.242)$$

### 10. Требование, чтобы каждая из отраслей (видов деятельности) имела рентабельность производственных основных фондов не ниже допустимого значения

$$\frac{\mathbf{Pr}_{ij} (1 - \mathbf{T}x\_Pr\_R_t)}{\Phi_{ij}} \geq r_{ij} \quad (7.243)$$

где:  $\mathbf{Pr}_{ij}$  – чистая прибыль по терминологии системы национального счетоводства, то есть валовая прибыль за вычетом амортизации, но до уплаты налога на прибыль;

$\mathbf{T}x\_Pr\_R_t$  – ставка налога на прибыль;

$r_{ij}$  – экзогенно заданные константы

### 11. Требование неотрицательности торгового сальдо страны (чистого экспорта)

$$\sum_{i=1}^n \left( \mathbf{E}x_{ii}^{\text{FOB}} - \mathbf{I}p_{ii} \right) \geq 0 \quad t=1, \dots, T \quad (7.244)$$

где:  $\mathbf{E}x_{ii}^{\text{FOB}}$  – объем экспорта продукта  $i$  в году  $t$ , исчисленный в ценах FOB;

$I p_{it}$  – объем импорта продукта  $i$  в году  $t$ , исчисленный в ценах СИФ.

$$E x_{it}^{FOB} = \begin{cases} \left( E x_{0i}^{FOB} + \delta_i^{ex} \left( \sum_{k=1}^3 m_{ik}^{bas} - \sum_{k=1}^3 m_{0ik} \right) \right) P c_{Ind}_{ii}^{FOB} & i \in I^{mm} \\ \left( E x_{0i}^{FOB} + \delta_i^{ex} \left( m_{i1}^{bas} - m_{0i1} \right) \right) P c_{Ind}_{ii}^{FOB} & i \in I^{pi} \\ E x_{(t-1)i}^{FOB, bas} \frac{E x_{(t-1)i}^{FOB, bas}}{E x_{(t-2)i}^{FOB, bas}} P c_{Ind}_{ii}^{FOB} & \text{при всех остальных } i \end{cases} \quad (7.245)$$

где  $\delta_i^{ex}$  – экзогенно задаваемые константы.

$$I p_{it} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^3 \left( X_{i0jk} + \pi_{i0jk}^F + \pi_{i0jk}^R \right) + \sum_{q=1}^{n_{fu}} y_{i0q} \quad (7.246)$$

### 12. Формирование добавленной стоимости, ее компонентов и располагаемых доходов.

Добавленная стоимость, созданная в отрасли  $j$

$$V A_{ij} = \sum_{k=1}^3 x_{ijk} - \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^n \sum_{l=0}^3 \left( X_{iijk} + \pi_{iijk}^R + \pi_{iijk}^F \right), \quad (7.247)$$

Фонд заработной платы в отрасли  $j$

$$W F_{ij} = \sum_{k=1}^3 \left( c_{jk}^{ID} X_{ijk} + c_{jk}^F \widehat{\Phi}_{ijk} \right) + c_j^R \widehat{\Phi}_{ij3} \quad \text{при } j=1, \dots, n; \quad (7.248)$$

где  $c_{jk}^{ID}$ ,  $c_{jk}^F$ ,  $c_j^R$  – экзогенно задаваемые константы.

Социальные начисления на фонд заработной платы в отрасли  $j$

$$W B_{Tx}_{ij} = W F_{ij} \cdot W B_{Tx}_{R_t} \quad (7.249)$$

где  $W B_{Tx}_{R_t}$  – ставка социальных начислений (реальная).

Чистая прибыль корпораций в отрасли  $j$  по терминологии национального счетоводства, то есть валовая прибыль за вычетом амортизации, но до уплаты налога на прибыль

$$P r_{ij} = \sum_{k=1}^3 x_{ijk} - \left( \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^n \sum_{l=0}^3 X_{iijk} + P C_{Tx}_{ij} + W F_{ij} (1 + W B_{Tx}_{R_t})_{ij} + A_{ij} + T x_{Oth}_{ij} - S u b s_{ij} \right) \quad \text{при } j=1, \dots, n; \quad (7.250)$$

где:  $P C_{Tx}_{ij}$  – налог на продукты, использованные в производстве;  
 $A_{ij}$  – амортизация,

$$A_{ij} = a_j^{am} \Phi_{ij} \quad j=1, \dots, n; \quad (7.251)$$

Налоговый доход консолидированного бюджета, сформированный в отрасли  $j$

$$I B_{ij} = P C_{Tx}_{ij} + W B_{Tx}_{ij} + T x_{Oth}_{ij} - S u b s_{ij} + W F_{ij} \cdot I P P_{Tx}_{R_t} + P r_{ij} \cdot P r_{Tx}_{R_t} \quad (7.252)$$

где:  $T x_{Oth}_{ij}$  – так называемые «другие налоги на производство» (термин системы национального счетоводства), в число этих налогов входят налог на имущество и налог на добычу полезных ископаемых;

$S u b s_{ij}$  – субсидии на производство;

$I P P_{Tx}_{R_t}$  – ставка налога на доходы физических лиц (реальная);

$P r_{Tx}_{R_t}$  – ставка налога на прибыль корпораций.

$$T x_{Oth}_{ij} = \Phi_{ij} \cdot P L_{R_t} + X_{ij} \cdot M O_{Tx}_{R_t} \quad (7.253)$$

$$S u b s_{ij} = s s_{ij} \cdot X_{ij} \quad \text{при } j=1, \dots, n; \quad (7.254)$$

где:  $P L_{R_t}$  – ставка налога на имущество (property levy);

$M O_{Tx}_{R_t}$  – ставка налога на добычу полезных ископаемых (mining operations tax).

Часть добавленной стоимости, созданной в отрасли  $j$ , поступающая в распоряжение институциональной единицы – наемных работников

$$V_{j1} = (W F_{ij} - W B_{Tx}_{ij}) (1 - I P P_{Tx}_{R_t}) \quad (7.255)$$

Часть добавленной стоимости в отрасли  $j$ , поступающая в распоряжение институциональной единицы – корпораций

$$V_{j2} = P r_{ij} (1 - P r_{Tx}_{R_t}) + A_{ij} \quad (7.256)$$

Часть добавленной стоимости в отрасли  $j$ , поступающая в распоряжение институциональной единицы – государства

$$V_{tj3} = IB_{tj} \quad (7.257)$$

Общий объем добавленной стоимости, созданной в отрасли  $j$  в году  $t$

$$V_{tj} = V_{tj1} + V_{tj2} + V_{tj3} \quad (7.258)$$

Располагаемый доход институциональной единицы – наемных работников

$$DI_{t1} = \sum_{j=1}^n V_{tj1} \quad (7.259)$$

Располагаемый доход институциональной единицы – корпораций

$$DI_{t2} = \sum_{j=1}^n \left( V_{tj2} - \Delta FS_{tj} - \sum_{i \in I^{\text{good}}} \sum_{l=0}^3 \sum_{k=1}^3 \Delta IMS_{iijk} \right) \quad (7.260)$$

где:  $\Delta FS_{tj}$  – изменение запасов готовой продукции у производителей и в торговой сети;

$\Delta IMS_{iijk}$  – изменение запасов товара ( $il$ ), используемого в производстве продукта ( $jk$ ), находящегося в производственных запасах.

$$\Delta FS_{tj} = \sum_{k=1}^3 (x_{tjk} - x_{(t-1)jk}) (\psi_{jk}^{\text{fs}} + \psi_{jk}^{\text{str}}) + (Ip_{tj} - Ip_{(t-1)j}) \psi_{j1}^{\text{str}} \quad (7.261)$$

$$\Delta IMS_{tj} = \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^n \left( \sum_{l=0}^3 (x_{tjk} w_{iijk} - x_{(t-1)jk} w_{(t-1)ijk}) \psi_{il}^{\text{sr}} \right) \quad (7.262)$$

Располагаемый доход институциональной единицы – государства

$$DI_{t3} = \sum_{j=1}^n V_{tj3} + \sum_{q=1}^{n^{\text{fc}}} FU_{tq} - Tx_{tq} \quad (7.263)$$

где  $FU_{tq}$  – суммарная по всем продуктам величина налогов на продукты, использованные в направлении  $q$  конечного использования (final utilization tax).

### 13. Уравнения формирования инвестиций и их распределения по направлениям использования

#### 13.1. Формирование инвестиций

$$Inv_{tj} = Inv_{tj}^{\text{own}} + Inv_{tj}^{\text{debt}} \quad (7.264)$$

где:  $Inv_{tj}$  – инвестиции в нефинансовые активы отрасли (вида деятельности)  $j$  в году  $t$ ;

$Inv_{tj}^{\text{own}}$  – инвестиции, осуществляемые за счет собственных источников отрасли;

$Inv_{tj}^{\text{debt}}$  – привлеченные инвестиции.

$$Inv_{tj}^{\text{own}} = A_{tj} + \gamma_{tj}^{\text{own}} Pr_{tj} (1 - Pr_{Tx} - R_t) \quad (7.265)$$

$$Inv_{tj}^{\text{debt}} = Inv_{tj}^{\text{mc}} + Inv_{tj}^{\text{gov}} + Inv_{tj}^{\text{exbf}} + Inv_{tj}^{\text{fn}} \quad (7.266)$$

где:  $Inv_{tj}^{\text{mc}}$  – инвестиции, привлекаемые с отечественного рынка капиталов;

$Inv_{tj}^{\text{gov}}$  – государственные инвестиции (в том числе в виде участия в государственно-частном партнерстве);

$Inv_{tj}^{\text{exbf}}$  – инвестиции, финансируемые из внебюджетных фондов;

$Inv_{tj}^{\text{fn}}$  – иностранные инвестиции.

$$\sum_{j=1}^n Inv_{tj}^{\text{gov}} = \gamma_{t35}^{\text{DI}} DI_{t3} \quad (7.267)$$

$$k_{tj}^{\text{inv}} = \left( \frac{Pr_{tj}}{\Phi_{tj}} \right) / \left( \sum_{p=1}^n \frac{Pr_{tp}}{\Phi_{tp}} \right) \quad \forall t, j \quad (7.268)$$

$$MC_t = \sum_{j=1}^n Pr_{tj} (1 - Pr_{Tx} - R_t) (\gamma_{tj}^{\text{fn}} - \gamma_{tj}^{\text{own}}) \quad (7.269)$$

$$Inv_{tj}^{\text{mc}} = \gamma_{tj}^{\text{mc}} \cdot MC_t \quad (7.270)$$

$Inv_{tj}^{\text{exbf}}$ ,  $Inv_{tj}^{\text{fn}}$  – экзогенно задаваемые константы.

### 13.2. Использование инвестиций на финансирование капитального строительства

$$Inv_{j\theta} = Inv_{j\theta}^{baj} + Inv_{j\theta}^{eqp} \quad (7.271)$$

где:  $Inv_{j\theta}$  – финансирование строительства объектов отрасли (вида деятельности)  $j$ , для которых календарный год  $t$  является порядковым годом  $\theta$  периода их строительства по графику;

$Inv_{j\theta}^{baj}$  – затраты на оплату строительно-монтажных работ, выполняемых на указанных выше объектах;

$Inv_{j\theta}^{eqp}$  – затраты на приобретение оборудования, входящего в сметы строок указанных выше объектов.

$$Inv_{j\theta}^{baj} \leq \zeta_{j\theta}^{baj} FBE_{(t-\theta+1)j}^{baj} Pc\_Ind_{i^{baj}} \quad \theta = 1, \dots, \mathcal{G}_j \quad (7.272)$$

$$Inv_{j\theta}^{eqp} \leq \zeta_{j\theta}^{eqp} FBE_{(t-\theta+1)j}^{eqp} Pc\_Ind_{i^{eqp}} \quad \theta = 1, \dots, \mathcal{G}_j \quad (7.273)$$

где:  $\zeta_{j\theta}^{baj}$ ,  $\zeta_{j\theta}^{eqp}$  – установленные графиком строительства доли объемов соответствующих видов работ, которые должны быть выполнены в порядковом году  $\theta$  периода их строительства;

$FBE_{(t-\theta+1)j}^{baj}$ ,  $FBE_{(t-\theta+1)j}^{eqp}$  – полные сметные стоимости соответствующих видов работ на объектах отрасли  $j$ , работы на которых производятся в году  $t$ , для которых этот год является порядковым годом  $\theta$  периода их строительства, то есть строительство которых было начато в году  $(t - \theta + 1)$ ;

$\mathcal{G}_j$  – установленная графиком продолжительность строительства указанных объектов.

$$Inv_{ij}^{bhs} = Inv_{ij}^{baj.bhs} + Inv_{ij}^{eqp.bhs} \quad (7.274)$$

$Inv_{ij}^{bhs}$ ,  $Inv_{ij}^{baj.bhs}$ ,  $Inv_{ij}^{eqp.bhs}$  – то же, что  $Inv_{ij}$ ,  $Inv_{ij}^{baj}$ ,  $Inv_{ij}^{eqp}$ , но для объектов, которые к началу года  $t$  должны были по графику быть введены в эксплуатацию, но фактически не были введены (как правило, из-за недостатка финансирования в предыдущие годы).

$$Inv_{ij}^{baj.bhs} \leq \min \left( \left( \max_{1 \leq \theta \leq \mathcal{G}_j} (\zeta_{j\theta}^{baj}) \cdot FBE_j^{baj.bhs} \right), RBE_{ij}^{baj.bhs} \right) Pc\_Ind_{i^{baj}} \quad (7.275)$$

$$Inv_{ij}^{eqp.bhs} \leq \min \left( \left( \max_{1 \leq \theta \leq \mathcal{G}_j} (\zeta_{j\theta}^{eqp}) \cdot FBE_j^{eqp.bhs} \right), RBE_{ij}^{eqp.bhs} \right) Pc\_Ind_{i^{eqp}} \quad (7.276)$$

где:  $RBE_{ij}^{baj.bhs}$ ,  $RBE_{ij}^{eqp.bhs}$  – остатки сметной стоимости, соответственно, строительно-монтажных работ и оборудования по состоянию на начало года  $t$  на объектах, которые к началу года  $t$  должны были по графику быть введены в эксплуатацию, но фактически не были введены.

Ограничение на суммарный объем инвестиций в капитальное строительство объектов отрасли  $j$  в году  $t$

$$Inv_{ij}^{baj.bhs} + Inv_{ij}^{eqp.bhs} + \sum_{\theta=1}^{\mathcal{G}_j} (Inv_{j\theta}^{baj} + Inv_{j\theta}^{eqp}) + Inv_{ij}^{eqp.no} \leq Inv_{ij} \quad \forall t, j \quad (7.277)$$

### 14. Уравнения динамики процессов строительства производственных мощностей (новых производственных основных фондов):

$$RBE_{(t+1)j}^{baj.bhs} = RBE_{tj}^{baj.bhs} - \frac{Inv_{tj}^{baj.bhs}}{Pc\_Ind_{i^{baj}}} \quad \forall t, j \quad (7.278)$$

$$RBE_{(t+1)j}^{eqp.bhs} = RBE_{tj}^{eqp.bhs} - \frac{Inv_{tj}^{eqp.bhs}}{Pc\_Ind_{i^{eqp}}} \quad \forall t, j \quad (7.279)$$

$$RBE_{t^b(t+1)j}^{baj} = RBE_{t^b t j}^{baj} - \frac{Inv_{t^b(t+1)j}^{baj}}{Pc\_Ind_{i^{baj}}} \quad \forall t, j,$$

$$t^b = t, (t-1), \dots, (t - \mathcal{G}_j + 1) \quad (7.280)$$

$$RBE_{t^b(t+1)j}^{eqp} = RBE_{t^b t j}^{eqp} - \frac{Inv_{t^b(t+1)j}^{eqp}}{Pc\_Ind_{i^{eqp}}} \quad \forall t, j,$$

$$t^b = t, (t-1), \dots, (t - \mathcal{G}_j + 1) \quad (7.281)$$

$$\begin{aligned}
 GIO_{ij} = & FBE_{(t-\vartheta_j+1)j} \cdot \min \left( \left( \frac{FBE_{(t-\vartheta_j+1)j}^{\text{baj}} - RBE_{(t-\vartheta_j+1)(t+1)j}^{\text{baj}}}{FBE_{(t-\vartheta_j+1)j}^{\text{baj}}} \right), \right. \\
 & \left. \left( \frac{FBE_{(t-\vartheta_j+1)j}^{\text{eqp}} - RBE_{(t-\vartheta_j+1)(t+1)j}^{\text{eqp}}}{FBE_{(t-\vartheta_j+1)j}^{\text{eqp}}} \right) \right) + \\
 & + FBE_{ij}^{\text{bhs}} \cdot \min \left( \left( \frac{FBE_{ij}^{\text{baj.bhs}} - RBE_{(t+1)j}^{\text{baj.bhs}}}{FBE_{ij}^{\text{baj.bhs}}} \right), \right. \\
 & \left. \left( \frac{FBE_{ij}^{\text{eqp.bhs}} - RBE_{(t+1)j}^{\text{eqp.bhs}}}{FBE_{ij}^{\text{eqp.bhs}}} \right) \right) \quad (7.282)
 \end{aligned}$$

## 8 Модель сбалансированного развития науки, инновационных и традиционных производств

Здесь приведены результаты разработки специальным образом модифицированной модели динамического межотраслевого баланса, ориентированной на исследование условий, необходимых для организации выпуска инновационных продуктов, их эффективного использования. Основные особенности разработанной модели:

- Выпуск продукции каждого или некоторых видов экономической деятельности подразделяется на традиционные и инновационные виды продуктов;
- Инновационные продукты выпускаются только на специальных производственных мощностях, реализующих инновационные технологии;
- Создание производственных мощностей, реализующих инновационные технологии, возможно только при наличии заблаговременно разработанных таких технологий<sup>23</sup>;

- Инновационные технологии являются результатом деятельности (выпуском) прикладной науки;
- Одно из необходимых условий деятельности прикладной науки по разработке инновационных технологий – достаточный запас знаний, создаваемых фундаментальной наукой.
- Инвестиции в валовое накопление основного капитала каждого (или некоторых) вида экономической деятельности представлены в модели двумя столбцами – инвестиции в создание производственных мощностей, реализующих инновационные и традиционные технологии.

Важный вопрос – критерии отнесения конкретной продукции к инновационной или традиционной. В рамках крупноагрегированной модели межотраслевого баланса инновационный характер продукции может быть учтен через принципиальное повышение доли добавленной стоимости в цене ее реализации и через влияние использования ее (инновационной продукции) при выпуске других видов продукции на долю создаваемой при этом добавленной стоимости. Так, например, производство некоторого наноматериала создает возможность принципиально повысить качество оборудования, в производстве которого этот материал используется и, соответственно, повысить цену этого оборудования. При этом равновесная цена упомянутого наноматериала окажется высокой, что и определит высокую долю добавленной стоимости в стоимости выпуска наноматериала. Более качественное и более дорогое оборудование, произведенное с использованием рассматриваемого наноматериала, замещает в использовании менее качественное оборудование, это ведет к увеличению добавленной стоимости, создаваемой при использовании этого оборудования. Если же наноматериал используется в производстве традиционного оборудования, то увеличение добавленной стоимости происходит вследствие того, что используемый наноматериал вытесняет из использования традиционный материал в таком соотношении, что затраты на приобретение более дорогого наноматериала оказываются существенно меньше, чем затраты на традиционный материал. Общие материальные затраты сокращаются, добавленная стоимость производителя оборудования существенно возрастает.

<sup>23</sup> На этом этапе исследования импорт и экспорт технологий не предусмотрен.

Важными элементами разработанной модели являются введенные понятия «фонд фундаментальных научных знаний» и «фонд инновационных технологий». Принято, что размеры этих фондов равны стоимости накопленных за несколько последних лет выпусков продукции видов деятельности «фундаментальная наука» и «прикладная наука». Наличие этих фондов является необходимым (но не достаточным) условием создания инновационных технологий и разработки проектов новых производств по выпуску инновационной продукции. Наличные в каждый данный момент фонды знаний и технологий используются, но не расходуются, однако они выбывают после достижения предельного возраста<sup>24</sup>.

В модели с крупноагрегированной номенклатурой продуктов (именно такой является модель межотраслевого баланса) расширение объема нового строительства и модернизации инновационных производственных мощностей определяется не столько тиражированием одного и того же проекта выпуска одного вида конкретной продукции, но прежде всего расширением номенклатуры конкретных инновационных продуктов. Но для каждого конкретного вида продукции нужен отдельный конкретный проект, поэтому для расширения фронта строительства инновационных производств надо иметь уже разработанными достаточное количество различных проектов. Каждый инновационный проект является конечной продукцией вида деятельности «прикладная наука», поэтому для расширения фронта строительства инновационных производств надо к моменту начала их строительства иметь достаточно большой заранее накопленный фонд продукции упомянутого вида деятельности. Величину этого фонда будем определять формулой:

$$\Phi_{ij}^{\text{inn}} = \sum_{\tau=1}^{\tau_{j^{\text{sa}}}^{\text{max}}} \gamma_{(t-\tau)j} x_{(t-\tau)j^{\text{sa}}}^{\text{bas}} \quad \forall j \quad (8.1)$$

где:  $\Phi_{ij}^{\text{inn}}$  – наличный на начало года  $t$  фонд инновационных технологий, которые могут быть использованы для выпуска инновационной продукции, относящейся к группе  $j$ ;

<sup>24</sup> Такой статус фондов знаний и технологий имеет общие черты с фондами производственных мощностей, что и определило использование принятых терминов. Кажущееся отличие, заключающееся в отсутствии амортизации, не существенно. Представление износа производственных основных фондов в виде амортизации, включаемой в состав затрат по производству продукции, в моделях межотраслевого баланса используется лишь для определения базы налога на прибыль.

$j^{\text{sa}}$  – индекс (номер позиции) вида деятельности «наука прикладная»;

$\tau_{j^{\text{sa}}}^{\text{max}}$  – максимальный возраст разработанных проектов инновационных производств, после превышения которого проект перестает быть инновационным и рассматривается далее как проект традиционного производства;

$\gamma_{ij}$  – доля выпуска вида деятельности «наука прикладная» в году  $t$ , приходящаяся на выпуск проектов инновационных производств продукции  $j$ ;

Выпуск проектов инновационных производств далеко не исчерпывает всю продукцию вида деятельности «наука прикладная», значительная часть этой продукции используется на внутренние нужды прикладной науки, что и обеспечивает ее развитие, поэтому

$$0 \ll a_{ij^{\text{sa}}j^{\text{sa}}} < 1, \quad \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ll 1 \quad \forall t, \quad \text{где } a_{ij^{\text{sa}}j^{\text{sa}}} \text{ – коэффициент прямых}$$

затрат продукции вида деятельности «наука прикладная» на выпуск своей продукции.

Производственная мощность вида деятельности «наука прикладная» определяется количеством работников, их квалификацией, наличным запасом актуальных фундаментальных научных знаний, технической оснащенностью рабочих мест. На данном, начальном, этапе исследования фактор количества и качества работников в модель не включен, учитываются только объем и возрастная структура активных производственных основных фондов отрасли и имеющийся в обществе в наличии в каждый момент времени (в модели – в каждом году) объем фундаментальных научных знаний. С учетом сказанного производственная мощность вида деятельности «наука прикладная», исчисленная в ценах базового периода, определяется по формуле:

$$m_{ij^{\text{sa}}}^{\text{bas}} = \min \left\{ \sum_{\tau=1}^{\tau_{j^{\text{sa}}}^{\text{max}}} \frac{\Phi_{(t-\mathcal{G}_j^{\text{proj}})j^{\text{sa}}}^{\text{ac}}}{\varphi_{(t-\mathcal{G}_j^{\text{proj}})j^{\text{sa}}}^{\text{ac}}}, \frac{\Phi_{(t-\mathcal{G}_j^{\text{proj}})j^{\text{sa}}}^{\text{skf}}}{\lambda_j^{\text{sf.sa}} x_{j^{\text{sa}}}^{\text{bas}}} \right\} \quad \forall t \quad (8.2)$$

где:  $\Phi_{(t-\mathcal{G}_j^{\text{proj}})j^{\text{sa}}}^{\text{ac}}$  – активные фонды отрасли «наука прикладная» (в первую очередь – научное оборудование) по состоянию на начало года  $(t - \mathcal{G}_j^{\text{proj}})$ , в котором начинается разработка инновационной

технологии. Начиная с года  $t$  – момента окончания ее разработки – эта технология предусматривается проектами начинаемого в году  $t$  строительства объектов, предназначенных для выпуска инновационной продукции, относящейся к группе  $j$ ;

$\Phi_{(t-g^{proj})\tau_j^{sa}}^{ac}$  – активная фондоемкость продукции отрасли «наука прикладная»;

$\tau_j^{sa, max}$  – максимальный возраст, при превышении которого активные производственные фонды отрасли «наука прикладная» (научное оборудование) выводятся из эксплуатации;

$\Phi_{(t-g^{proj})}^{skf}$  – объем фонда фундаментальных знаний (исчисленный в стоимостном выражении), имеющийся в наличии в начале года  $(t - g^{proj})$ ;

$\lambda_j^{sf,sa}$  – удельная величина фонда фундаментальных знаний, необходимая для выпуска единицы объема продукции отрасли «наука прикладная» в году  $t$ .

Производственная мощность вида деятельности «наука прикладная», исчисленная в текущих ценах, равна

$$m_{j^{sa}} = m_{j^{sa}}^{bas} \cdot Pc\_Ind_{j^{sa}} \quad \forall t \quad (8.3)$$

Фонд фундаментальных знаний представляет собой накопленную за несколько последних лет сумму результатов вида деятельности «наука фундаментальная». В рамках обычно принятой методологии формирования межотраслевого баланса результатом вида деятельности является выпуск продукции, объем которой равен сумме материальных затрат (товаров и услуг) и добавленной стоимости, включающей оплату труда и валовую прибыль, а также некоторые другие элементы, не имеющие существенного значения для фундаментальной науки, которые на данном этапе исследования не учтены. В основе такой методологии лежит предпосылка: если покупатель оплатил продукцию, то вся она ему полезна. Все затраты фундаментальной науки оплачивает государство, однако далеко не все результаты исследований оказываются практически полезными (то есть, реально влияющими на производственную мощность науки прикладной). Однако, кроме затрат, оказавшихся явно бросовыми, не давшими никакого нового фундаментального знания, значительная часть затрат дала результаты, полезность которых в момент их получения не подтверждена, но они могут оказаться полезны-

ми в перспективе – близкой или более отдаленной. Поскольку не представляется возможным определить заранее, какая часть затрат на фундаментальную науку даст результат полезный немедленно, полезный в неопределенной перспективе или вовсе бесполезный, то в модели принято, что все затраты на фундаментальную науку, то есть весь объем ее выпуска рассматривается как полезный непосредственно в момент его получения, а наличие результатов, которые не могут быть использованы прикладной наукой в этот момент, учитывается посредством соответствующего увеличения значений  $\lambda_j^{sf,sa}$ . При таком допущении объем фонда фундаментальных знаний можно определять по формуле:

$$\Phi_t^{skf} = \sum_{v=t-\tau^{lum}}^{t-1} x_{v,j^{sf}}^{bas} \quad (8.4)$$

где:  $\Phi_t^{skf}$  – наличный на начало года  $t$  объем фонда фундаментальных знаний;

$x_{v,j^{sf}}^{bas}$  – выпуск отрасли «наука фундаментальная» в году  $v$ ;

$\tau^{skf}$  – продолжительность периода времени, в течение которого вновь полученные фундаментальные знания остаются актуальным ограничением для эффективной деятельности науки прикладной. По истечении этого периода соответствующие фундаментальные знания становятся общеизвестными и перестают ограничивать деятельность науки прикладной.

Общее наличие и распределение производственных мощностей по возрастам в каждом виде деятельности (производстве видов продуктов) учитываются отдельно по производственным мощностям, способным выпускать либо инновационную, либо традиционную продукцию.

Динамика наличия производственных мощностей определяется объемами их ввода в эксплуатацию и выходом из эксплуатации. При этом вывод из эксплуатации традиционных производственных мощностей происходит по двум основаниям: списание в связи с исчерпанием срока службы (полезного использования), а также как следствие их модернизации, в результате которой такие мощности становятся способными выпускать инновационную продукцию (Романов, 2010). В ходе модернизации часть стоимости производственных основных фондов, образующих такие мощности, списывается (обычно в первую очередь это относится

к основному оборудованию), к оставшейся части прибавляется стоимость фондов, соответствующих вновь создаваемым элементам производственной мощности, которые и обеспечивают способность производить инновационную продукцию. Полная стоимость модернизированных мощностей (при этом учитываются отдельно ее активная и пассивная части) вводится в состав действующих инновационных производственных фондов, возраст введенных фондов в момент их ввода равен 0.

Мощности, способные производить инновационную продукцию, создаются также в результате заблаговременно начатого нового строительства. Полная стоимость вновь построенных мощностей (раздельно ее активная и пассивная части) вводится в состав действующих инновационных производственных фондов.

Действующие мощности по производству инновационных продуктов считаются таковыми на протяжении ограниченного (обычно, не более 5 лет) срока, по истечении которого они переводятся из фонда инновационных в фонд традиционных мощностей, в момент перехода им присваивается возраст, равный 0.

Описанная динамика производственных мощностей сопровождается соответствующей динамикой производственных основных фондов. Фондоёмкость традиционной продукции меняется как указано в разделе 7.2.8. Фондоёмкость и столбцы коэффициентов прямых затрат инновационной продукции определяются конкретными проектами впервые создаваемых инновационных производств. Будем рассматривать их значения по состоянию на момент ввода их в эксплуатацию как экзогенно заданные константы. При этом, в соответствии с принятым нами определением понятия «инновационное производство», удельный на единицу объема мощности объем вновь создаваемой добавленной стоимости (ее прироста, если инновационное производство создается путем модернизации действующего), взятый в сумме за не слишком продолжительный период (например, 5-10 лет или менее) должен превышать фондоёмкость продукции.

В столбцах коэффициентов прямых затрат производств, использующих инновационную продукцию, элементы, относящиеся к инновационной продукции и к замещаемой ею традиционной продукции, определяются искомой величиной доли инновационной продукции, базовым значением затраты традиционной продукции и экзогенно задаваемым значением коэффициента замещения (по сто-

имости) традиционной продукции инновационной. Аналогичным образом формируются элементы матрицы объемов валового накопления основного капитала.

В столбцах матрицы конечного потребления пары элементов, относящихся к инновационной продукции и к заменяемой ею традиционной продукции, определяются совместно посредством выбора искомой величины доли инновационной продукции. При этом учитывается, что задаваемый экзогенно коэффициент перехода от основных цен к показателям полезности, для инновационной продукции значительно выше, чем для традиционной.

Модифицированная модель динамического межотраслевого баланса, реализующая изложенные выше принципы учета процессов накопления и использования фундаментальных знаний, инновационных технологий и их реализации во вновь создаваемых производственных основных фондах, имеет следующий вид.

Обозначения (дополнительные к использованным в разделе 7 или же несколько видоизмененные):

$j^{sf}$  – индекс (номер позиции) вида деятельности «наука фундаментальная»;

$j^{sa}$  – индекс (номер позиции) вида деятельности «наука прикладная»;

$x_{j1}$  – объем (стоимость, исчисленная в текущих ценах) выпуска инновационной продукции, относящейся к продукту  $j$ . Принято, что виды деятельности «наука фундаментальная» и «наука прикладная» выпускают только инновационную продукцию;

$x_{j2}$  – объем (стоимость, исчисленная в текущих ценах) выпуска традиционной продукции, относящейся к группе  $j$ ;

$w_{ijk}$  – исчисленный в текущих ценах коэффициент прямых затрат продукции  $i$  на выпуск продукции  $j$ : при  $k, l = 1$  – инновационная продукция, при  $k, l = 2$  – традиционная продукция. Коэффициенты  $w_{0ijk} = a_{0ijk}$  исчисляются в ценах базового периода, являются экзогенно заданными константами, при других  $t$  эти коэффициенты зависят от искомых величин;

$\xi_{ijk}$  – доля затрат продукта  $i$  традиционного, замещаемая относящимся к той же группе продуктом  $i$  инновационным при производстве продукта  $(j, k)$ ;

$\omega_{ijk}$  – коэффициент замещения (по стоимости, исчисленной в базовых ценах) традиционного продукта  $i$  относящимся к той же группе

инновационным продуктом. Коэффициент замещения относится к производству продукта  $(j, k)$ ;

$Pc\_Ind_{ik}$  – индекс основной цены продукта  $i$  ( $k = 1$  инновационного,  $k = 2$  традиционного) в году  $t$  по отношению к базовому году;

$Y_t = \{y_{ikq}\}_{\substack{i=1, \dots, n \\ k=1, 2 \\ q=1, 2, 3, 4}}$  – матрица объемов конечного потребления

инновационного и традиционного продуктов  $i=1, \dots, n$ ;

$\varepsilon_{ik}$  – коэффициент пересчета базовой основной цены продукта  $i$  ( $k = 1$  инновационного,  $k = 2$  традиционного), вошедшего в конечное потребление, в показатели полезности потребления;

$Z = \{z_{ikjl}\}_{\substack{i, j=1, \dots, n \\ k, l=1, 2}}$  – матрица использования продуктов в валовом

накоплении основного капитала ( $k, l = 1$  инновационного,  $k, l = 2$  традиционного);

$Ex_{ik}$  – исчисленный в основных ценах объем экспорта продукта  $i$  ( $k = 1$  инновационного,  $k = 2$  традиционного);

$D = \{d_{ikjl}\}_{\substack{i, j=1, \dots, n \\ k, l=1, 2}}$  – матрица долей импортных продуктов в промежу-

точном потреблении ( $k, l = 1$  инновационного,  $k, l = 2$  традиционного);

$G = \{g_{ikq}\}_{\substack{i=1, \dots, n \\ q=1, 2, 3, 4 \\ k=1, 2}}$  – матрица долей импортных продуктов в конечном

потреблении;

$H = \{h_{ikjl}\}_{\substack{i, j=1, \dots, n \\ k, l=1, 2}}$  – матрица долей импортных продуктов в валовом

накоплении основного капитала.

Разработанная модель:

Целевая функция:

$$\sum_{t=1}^T \left( \sum_{i=1}^n \sum_{q=1}^4 (y_{i1q} \varepsilon_{i1} + y_{i2q} \varepsilon_{i2}) \right) (1 + \Delta)^{-t} \xrightarrow{y} \max \quad (8.5)$$

где:  $\Delta$  – коэффициент соизмерения полезности конечного потребления одного и того же объема одного и того же продукта в году  $t$  по отношению к полезности потребления его в году  $(t-1)$ ;

Ограничения:

$$x_{ik} - \sum_{j=1}^n (a_{ikj1} (1 - d_{ikj1}) x_{j1} + a_{ikj2} (1 - d_{ikj2}) x_{j2}) = \sum_{q=1}^4 (1 - g_{ikq}) y_{ikq} + \sum_{j=1}^n ((1 - h_{ikj1}) z_{ikj1} + (1 - h_{ikj2}) z_{ikj2}) + Ex_{ik} \quad \forall t, i, k = 1, 2 \quad (8.6)$$

$$x_{ik} \leq m_{ik} \quad \forall t, i, k = 1, 2 \quad (8.7)$$

где:  $m_{ik}$  – производственная мощность по выпуску в году  $t$  продукта  $i$  – инновационного при  $k = 1$  и традиционного при  $k = 2$ .

Коэффициенты прямых затрат:

Традиционных продуктов:

$$w_{i2jk} = a_{0i2jk} \frac{1 - \xi_{ijk}}{1 - \xi_{0ijk}} k_{ijk}^{\text{oth}} \quad \forall t, i, j, k \quad (8.8)$$

где:  $k_{ijk}^{\text{oth}}$  – коэффициент корректировки коэффициента  $a_{0i2jk}$  по совокупности всех факторов, кроме использования инновационных технологий, алгоритм корректировки по этим факторам приведен в разделе 7.2.8.

То же инновационных продуктов:

$$w_{i1jk} = a_{0i2jk} \frac{\xi_{ijk}}{(1 - \xi_{0ijk}) \omega_{ijk}} k_{ijk}^{\text{oth}} \quad \forall t, i, j, k \quad (8.9)$$

Объем наличных в каждом году производственных мощностей и производственных основных фондов, требуемых и выделяемых в каждом году инвестиций (все – отдельно по инновационным и традиционным видам производств) исчисляются в ценах базового года. Динамика объемов фондов и мощностей определяется отдельно для инновационных и традиционных производств.

Для инновационных производств:

$$\Phi_{t\tau j1} = \begin{cases} GIO_{(t-1)j1}^{\text{new}} + GIO_{(t-1)j1}^{\text{mod}} & \tau = 0 \\ F_{(t-1)(\tau-1)j1} & 1 \leq \tau \leq \tau_{j1} \end{cases} \quad (8.10)$$

Для традиционных производств

$$\Phi_{\tau j_2} = \begin{cases} GIO_{(t-1)j_2}^{\text{new}} & \tau = 0 \\ F_{(t-1)(\tau-1)j_2} \left(1 - \alpha_{\tau j_2}^{\text{выб}} - \alpha_{\tau j_2}^{\text{мод}}\right) & 1 \leq \tau \leq \tau_{j_2}^{\text{max}} \end{cases} \quad (8.11)$$

где:  $\Phi_{\tau jk}$  – наличие фондов по производству продукции  $(j, k)$ , имеющих по состоянию на начало года  $t$  возраст  $\tau$ ;

$GIO_{(t-1)jk}^{\text{new}}$  – объем ввода в эксплуатацию фондов по производству продукции  $(j, k)$  в году  $t$ , созданных в результате нового строительства.

$GIO_{(t-1)jl}^{\text{мод}}$  – объем ввода в эксплуатацию фондов по производству продукции инновационного продукта, относящегося к группе  $j$ , в году  $t$ , созданных в результате модернизации ранее существовавших мощностей по производству традиционного продукта, относящегося к той же группе.

$\alpha_{\tau j_2}^{\text{ra}}$  – доля объема фондов по производству традиционной продукции  $j$ , имевших на начало года  $(t-1)$  возраст  $(\tau-1)$ , которые к концу этого года выводятся из эксплуатации по причине их негодности (невозможности полезного использования). При  $\tau = \tau_{j_2}^{\text{max}}$   $\alpha_{\tau j_2}^{\text{ra}} = 1$ ;

$\alpha_{\tau j_2}^{\text{мод}}$  – доля объема фондов по производству продукции  $j$ , имевших на начало года  $(t-1)$  возраст  $(\tau-1)$ , которые к концу этого года выводятся из эксплуатации в связи с началом работ в году  $t$  по их модернизации для организации производства инновационного продукта;

$\tau_{j_1}$  – пороговый возраст, при превышении которого фонды переходят из первой (самой младшей) возрастной группы во вторую;

$\tau_{j_2}^{\text{max}}$  – максимально-допустимый возраст фондов, при достижении которого они обязательно выводятся из эксплуатации.

Процессы капитального строительства новых инновационных и традиционных производств, а для инновационных производств – также процессы их создания путем модернизации существующих производств моделируются раздельно.

Величины  $GIO_{(t-1)jk}^{\text{new}}$  и  $GIO_{(t-1)jl}^{\text{мод}}$  определяются по формуле, аналогичной (7.159). Принципиальным отличием излагаемой здесь модели от модели, приведенной в разделе 7.2, является следующее дополнительное ограничение на величину  $FBE_{(t-\vartheta_j+1)j}$ , входящую в формулу (7.159):

$$FBE_{t^b j}^{\text{inn}} \leq \Phi_{(t^b - \vartheta_j^{\text{proj}})j}^{\text{inn}} \lambda_j^{\text{inn}} \quad \forall t^b, j \quad (8.12)$$

где:  $FBE_{t^b j}^{\text{inn}}$  – полная сметная стоимость объектов, предназначенных для выпуска инновационного продукта, относящегося к группе  $j$ , строительство которых начинается в году  $t^b$ ;

$\Phi_{(t^b - \vartheta_j^{\text{proj}})j}^{\text{inn}}$  – накопленный к началу года  $(t^b - \vartheta_j^{\text{proj}})$  фонд инновационных технологий по выпуску продукта  $j$ ;

$\vartheta_j^{\text{proj}}$  – продолжительность работ по проектированию объекта, предназначенного для выпуска инновационного продукта, относящегося к группе  $j$ ;

$\lambda_j^{\text{inn}}$  – удельная величина полной сметной стоимости объектов, предназначенных для выпуска инновационного продукта, относящегося к группе  $j$ , которые (объекты) могут быть спроектированы в расчете на единицу объема фонда научных технологий, наличных на момент начала проектирования таких объектов.

Зависимость фондоемкости выпуска продукции от технического уровня и возраста используемых производственных фондов определяется порядком, аналогичным изложенному в 7.2.8,

Введенные в рассмотрение в настоящем разделе понятия «фонд инновационных технологий» и «фонд фундаментальных знаний», входящие в модель в виде векторов  $\Phi^{\text{inn}}$  и  $\Phi^{\text{skf}}$ , позволяют дать (в первом приближении) количественное описание объективных взаимосвязей между расходами на фундаментальную и прикладную науку, эффективностью инвестиций в создание инновационных производственных мощностей, темпами развития экономики в целом.

Полученные результаты, относящиеся к моделированию условий и результатов технического прогресса, представляют собой лишь начальный этап исследования рассматриваемой проблемы. Представляется, что наряду с разработкой методик определения и надежного прогнозирования целого ряда параметров, значения которых приняты пока что экзогенными, к числу важнейших направлений развития предложенного в работе подхода следует отнести включение в модель блоков, описывающих взаимосвязи образования и науки. Представляет большой интерес также разработка подходов к оценке полезности замещения в конечном потреблении традиционных продуктов инновационными. По-видимому, перечень перспективных направлений исследования рассматриваемой проблемы может быть еще значительно расширен.

## 9 Модель, модифицированная для детализированного учета особенностей железнодорожного транспорта

### 9.1 Основные направления модификации модели

Цель модификации – сформировать модель, использование которой в современных условиях даст возможность получить первоначальные оценки влияния состояния и динамики развития технической базы железнодорожного транспорта и используемых технологий перевозок на эффективность функционирования экономики страны. Исходя из так ограниченной цели и учитывая необходимость сокращения размерности модели, определяемую трудностями вычислительного и информационного характера, в разработанную в настоящей работе модель внесены следующие дополнения, упрощения и изменения:

1. Деятельность железнодорожного транспорта подразделена на следующие виды:

- a) Услуги общетранспортной инфраструктуры (хозяйства пути, энергообеспечения тяги поездов, управления стрелками, сигналами, сортировочными устройствами, диспетчерское управление формированием и движением поездов, внутристанционными передвижениями вагонов и локомотивов, хозяйство гражданских зданий и сооружений, некоторые другие подвиды деятельности);
- b) Услуги по предоставлению локомотивной тяги и маневровых локомотивов;
- c) Услуги инфраструктуры локомотивного хозяйства (эксплуатационных и ремонтных депо);
- d) Услуги по предоставлению перевозчикам грузовых вагонов в пригодном для выполнения перевозок состоянии;
- e) Услуги инфраструктуры вагонного хозяйства по техническому содержанию и ремонту вагонов, подготовке их к выполнению перевозок;
- f) Услуги перевозчиков грузов, осуществляющих непосредственные контакты с клиентурой, согласование с ними сроков и условий перевозок, обеспечивающих предъявление диспетчерскому аппарату готовых к перевозкам поездных составов, групп вагонов и отдельных вагонов.

- g) Услуги по перевозкам пассажиров в дальнем сообщении в принадлежащих перевозчикам пассажирских вагонов;
  - h) Услуги по перевозкам пассажиров в пригородном сообщении в принадлежащем перевозчикам мотор-вагонном подвижном составе.
2. В результате реформ, проведенных на железнодорожном транспорте России в период с 2003 г. по настоящее время (2013 г.), создано большое количество организаций, в совокупности выполняющих перевозки и вступающих при этом в экономические отношения между собой. В модифицированной модели межотраслевого баланса представлены возникающие при этом потоки товаров и услуг;
  3. По возрастным группам производственных основных фондов развернуты в отдельные позиции межотраслевого баланса только виды деятельности по предоставлению услуг локомотивов и грузовых вагонов. Непосредственно перевозочная деятельность грузового железнодорожного транспорта развернута по столбцам и строкам в 4 позиции, соответствующие перевозкам с различными потребительскими свойствами, подробнее см. 9.4. Все остальные виды деятельности железнодорожного транспорта и все остальные отрасли народного хозяйства представлены в модели каждой одной позицией без разворачивания их по возрастным группам активных производственных основных фондов и, соответственно, по качеству их продукции.
  4. Моделируется динамика наличия парков локомотивов и грузовых вагонов отдельно по трем возрастным группам (младшая – до 5 лет, средняя -5...15 лет, старшая – более 15 лет). Учитывается, что при переходе локомотивов/вагонов в более старшую возрастную группу уменьшается их производительность и повышается частота технических отказов в пути следования их в составе поезда. Учитывается, что при повышенной (сверх некоторого порога) частоте технических отказов возникает несоблюдение сроков доставки грузов, регламентированных особыми условиями, предусмотренными для перевозок повышенного качества.
  5. Для отраслей и видов деятельности, для которых ведущим видом производственных основных фондов являются активные, но не развернутые (отраслей) по возрасту фондов в отдельные позиции, возрастная структура этих фондов учитывается в модели при

вычислении значений коэффициентов прямых затрат и фондоемкости продукции. Коэффициенты прямых затрат вычисляются по формуле вида (7.110) со следующими изменениями: индекс  $k$  исключается, пределы суммирования в числителе устанавливаются от  $\tau = 0$  до  $\tau = \tau_j^{\max}$ , в знаменателе указывается суммарная по всем возрастным группам стоимость фондов. Фондоемкость выпуска продукции вычисляется по формуле (7.169) с последующим суммированием результатов по индексу  $k$ .

6. Применение указанного в п. 5 подхода к столбцам, относящимся к видам деятельности железнодорожного транспорта, имеет следующую специфику:

6.1. Этот подход не применяется к столбцам, относящимся к общей инфраструктуре железнодорожного транспорта и к видам деятельности грузового железнодорожного транспорта по следующим причинам:

а) Для столбцов «общая инфраструктура» и «грузовые перевозки категории качества  $k$ » это объясняется слабой зависимостью затрат соответствующих видов деятельности, зависящих (затрат) от объема выпуска, от возраста используемых активных основных фондов.

б) Столбцы «услуги локомотивов» и «услуги грузовых вагонов» подразделены по возрастным группам, к ним п. 5 не имеет отношения.

6.2. Столбцы «перевозки пассажиров в дальнем сообщении» и «перевозки пассажиров в пригородном сообщении» корректируются в соответствии с п. 5, но не по возрастной структуре собственных активных фондов, а по возрастной структуре парков пассажирских вагонов и мотор-вагонных поездов соответственно.

6.3. Производственная мощность общей инфраструктуры железнодорожного транспорта определяется не активной, а пассивной фондоемкостью. Это обусловлено тем, что подавляющая часть стоимости пассивных фондов инфраструктуры приходится на стоимость путей, а именно пути решающим образом определяют производственную мощность общей инфраструктуры железнодорожного транспорта. Для большей строгости из состава фондов, определяющих производственную мощность инфраструктуры, следовало

бы исключить фонды хозяйства «Гражданских сооружений, водоснабжения и водоотведения», а также стоимость зданий остальных инфраструктурных хозяйств, однако их доля в общем объеме фондов инфраструктуры не превышает 10% и потому в целях упрощения упомянутое исключение этих фондов не сделано.

7. Учитывается влияние соотношений между объемами отдельных видов производственных основных фондов железнодорожного транспорта на фондоемкость производимой с их участием продукции. Для каждого из введенных в рассмотрение соотношений установлено пороговое значение, при переходе через которое начинает увеличиваться фондоемкость продукции соответствующего вида фондов.

С учетом указанных факторов введены в рассмотрение следующие соотношения:

7.1. Отношение суммарной стоимости основных фондов всех видов подвижного состава к стоимости основных фондов инфраструктуры (характеризует насыщенность инфраструктуры, в том числе путей, подвижным составом);

7.2. Отношение стоимости основных фондов локомотивов, используемых в грузовом движении, к стоимости основных фондов грузовых вагонов (характеризует степень обеспеченности имеющегося парка грузовых вагонов необходимыми для их обслуживания локомотивами);

7.3. Отношение стоимости основных фондов грузовых вагонов к стоимости основных фондов вида деятельности «перевозки грузов» (в состав фондов этого вида деятельности не входят фонды используемого подвижного состава). Это отношение характеризует уровень обеспеченности перевозчиков техническими средствами, необходимыми для выполнения функций перевозчиков по организации перевозок.

7.4. Отношение стоимости активных фондов общепромышленной инфраструктуры к стоимости ее пассивных фондов.

В зависимости от величин указанных соотношений корректируются значения коэффициентов прямых затрат по столбцам, от-

носящимся к видам деятельности подвижного состава, и значения фондоемкости продукции по этим видам деятельности. Конкретный характер таких зависимостей раздельно по каждому виду подвижного состава должен стать объектом специальных исследований. Впредь до получения результатов таких исследований в настоящей работе использована упрощенная методика оценки характера зависимости упомянутых выше коэффициентов прямых затрат и значений фондоемкости, включающая экспертные оценки пороговых значений и последствий превышения этих значений.

8. Для видов деятельности «услуги локомотивов», «услуги грузовых вагонов», «пассажирские перевозки в дальнем сообщении», «пассажирские перевозки в пригородном сообщении» производственная мощность определяется раздельно по специальной инфраструктуре вида деятельности и по парку соответствующего подвижного состава<sup>25</sup>. Возможный объем выпуска ограничивается меньшей из этих двух мощностей.

Производственная мощность парков локомотивов и грузовых вагонов определяется раздельно по их возрастным группам. Объем выпуска услуг локомотивов каждой отдельной их возрастной группы не должен превышать производственной мощности парка локомотивов этой группы. Аналогично для грузовых вагонов. Для пассажирских вагонов и мотор-вагонных поездов определяется суммарная по всем возрастным группам производственная мощность.

9. Производственная мощность специальных видов инфраструктуры, обеспечивающих, соответственно, работу локомотивов, грузовых вагонов, пассажирских перевозок в дальнем и пригородном сообщении определяется раздельно по возрастным группам активных фондов этих видов инфраструктуры. Для дальнейшего использования рассчитывается суммарная по возрастным группам активных фондов производственная мощность каждого из видов специальной инфраструктуры железнодорожного транспорта.

<sup>25</sup> В модели стоимость парка пассажирских вагонов не включена в состав производственных основных фондов вида деятельности «перевозки пассажиров в дальнем сообщении», а стоимость парка мотор-вагонного подвижного состава не включена в состав производственных основных фондов вида деятельности «перевозки пассажиров в пригородном сообщении». Стоимости указанных парков пассажирского подвижного состава рассматриваются как самостоятельные виды производственных фондов, предоставляемые перевозчикам безвозмездно. Амортизация этих фондов и их обслуживание (текущие затраты, пропорциональные объему наличных фондов) входит в состав затрат перевозчиков.

10. Суммарный по трем возрастным группам объем выпуска локомотивов не должен превышать ограничения, определяемого производственной мощностью соответствующей специальной инфраструктуры. Аналогично для грузовых вагонов.
11. Производственная мощность видов деятельности «перевозки грузов» (по каждой из категорий качества) не зависит от объема фондов, принадлежащих этим видам деятельности, то есть формально считается неограниченной.
12. Объемы выпусков по видам деятельности «перевозки грузов» косвенно ограничиваются объемами услуг общетраслевой инфраструктуры, локомотивов и грузовых вагонов, которые (услуги) могут быть предоставлены перевозчикам. При этом объем услуг локомотивов, предоставляемых для перевозки грузов, не может превышать некоторой, экзогенно заданной доли от общего объема выпуска по виду деятельности «услуги локомотивов», а остальная часть этого выпуска резервируется для использования в дальнем пассажирском движении.
13. Производственная мощность видов деятельности «перевозки пассажиров в дальнем сообщении» и «перевозки пассажиров в пригородном сообщении» определяются каждая как меньшая из двух величин – суммарная по возрастным группам производственная мощность соответствующей специальной инфраструктуры и суммарная по возрастным группам производственная мощность парка соответствующего подвижного состава.
14. Объем выпуска по виду деятельности «пассажирские перевозки в дальнем сообщении» косвенно ограничивается объемом услуг локомотивов, которые могут быть предоставлены перевозчикам. При этом объем услуг локомотивов, предоставляемых для перевозки пассажиров в дальнем сообщении, не может превышать той доли от общего объема выпуска по виду деятельности «услуги локомотивов», которая зарезервирована для этого вида движения.
15. На настоящем этапе исследования инвестиции в железнодорожный транспорт определяются по отрасли в целом, без подразделения на инвестиции в производственные основные фонды ОАО «РЖД» и в фонды других организаций, участвующих в выполнении перевозок. Такой порядок определения инвестиций не в должной мере адекватен реальности, необходимо провести до-

полнительные исследования с целью более адекватного моделирования процессов формирования и распределения инвестиций.

16. Для железнодорожного транспорта используется следующий порядок распределения объемов инвестиций:

16.1. Объем инвестиций для отрасли в целом распределяется по видам деятельности:

а) общая инфраструктура отрасли;

б) специальные инфраструктуры:

– локомотивного хозяйства,

– вагонного хозяйства,

– хозяйства управления перевозками – отдельно грузовыми, пассажирскими дальними и пригородными;

в) подвижной состав отдельно по видам – локомотивы, грузовые вагоны, пассажирские вагоны, мотор-вагонные поезда.

16.2. Собственные инвестиционные ресурсы отрасли «железнодорожный транспорт» распределяются по видам деятельности на основе экзогенно заданных в динамике долевых соотношений. Государственные инвестиции направляются только в общую инфраструктуру отрасли и в пассажирский подвижной состав.

17. Инвестиции в общую инфраструктуру отрасли и в специальные инфраструктуры видов деятельности распределяются по группам объектов, находящихся на разных стадиях строительства, и, в результате, формируют основные фонды как указано в разделе 7.2.7. Инвестиции в подвижной состав образуют новую первую (самую младшую) возрастную группу соответствующего парка. Имевшиеся на начало года все возрастные группы подвижного состава, кроме самой старшей, сдвигаются в следующую группу, фонды самой старшей возрастной группы выводятся из эксплуатации.

## **9.2 Отражение в межотраслевом балансе процессов функционирования и взаимодействия субъектов хозяйствования, осуществляющих деятельность в сфере магистрального железнодорожного транспорта**

### **9.2.1 Субъекты хозяйствования**

В результате проведенных с 2003 г. реформ Министерства путей сообщения России и созданной на его основе корпорации «От-

крытое акционерное общество «Российские железные дороги» к настоящему времени (2013 г.) существует холдинг «ОАО РЖД», включающий центральную компанию с тем же наименованием и ряд дочерних зависимых обществ – «Трансконтейнер», «Рефсервис» (перевозки скоропортящихся грузов в рефрижераторных вагонах), «Федеральная пассажирская компания» (перевозки пассажиров в дальнем сообщении), региональные пригородные компании, а также некоторые другие компании. На правах филиала в состав «ОАО РЖД» входит «Центр фирменного транспортного обслуживания», осуществляющий взаимодействие с той частью клиентуры, для которой «ОАО РЖД» выступает в качестве перевозчика. Кроме того, создано большое количество других дочерних зависимых обществ и филиалов. Одним из главных итогов структурной реформы железнодорожного транспорта в России стал переход преобладающей части парка грузовых вагонов в собственность компаний, не зависимых от «ОАО РЖД».

Процесс структурных преобразований «ОАО РЖД» вероятно еще не закончен, при этом нельзя исключить, что некоторые реализованные преобразования еще будут пересмотрены.

Изменение организационной структуры отрасли оказало существенное влияние на параметры, входящие в систему уравнений и неравенств межотраслевого баланса. В частности, значительно повысилась фондоемкость перевозок в части, определяемой стоимостью вагонного парка, увеличилась доля затрат, не зависящих от объема выпуска отрасли (объема выполненных перевозок), увеличилась численность и фонд оплаты труда аппарата управления.

В составе отрасли «железнодорожный транспорт» независимо от ее организационной структуры целесообразно выделить обобщенные субъекты хозяйствования в сфере грузовых перевозок по признаку выполнения ими соответствующих видов деятельности:

1. «Инфраструктура» – предоставление услуг по формированию поездов, пропуску поездов и поездных формирований по сети железных дорог, включая диспетчерское руководство формированием и движением поездов;

2. «Локомотивы» – предоставление услуг по тяге поездов, выполнение технического обслуживания локомотивов и их текущего ремонта;

3. «Грузовые вагоны» – предоставление в распоряжение перевозчика исправных, подготовленных к погрузке грузовых вагонов, выполнение технического обслуживания грузовых вагонов и их текущего ремонта;
4. «Перевозчик»– предоставление услуг непосредственно клиенту: предоставление ему вагонов под погрузку, организация доставки груженых вагонов в пункты их назначения с соблюдением требований к параметрам перевозки, предъявляемых клиентом. Перевозчик выполняет свои функции, вступая в договорные отношения с «Инфраструктурой», «Локомотивами» и «Грузовыми вагонами».

Наличие указанных субъектов порождает экономические отношения между ними, которые должны быть отражены в межотраслевом балансе аналогично тому, как отражаются отношения между любыми другими производителями продукции. Схематически порядок отражения этих отношений показан в таблице 9-1.

**Таблица 9-1**

Схема экономических взаимоотношений (кто кому за что платит) субъектов грузового железнодорожного транспорта между собой и с другими отраслями народного хозяйства

покупатели	Другие производители	клиент	перевозчик	Владелец вагонов	Владелец локомотивов	Владелец инфраструктуры	Конечное использование	Всего распределено продукции
продавцы								
Производители электроэнергии	+	+	0	0	0	+	+	S
Производители дизельного топлива	+	+	0	0	0	+	+	S

Другие производители (кроме клиента)	+	+	0	Продукты, используемые при ремонте вагонов	Продукты, используемые при ремонте локомотивов	+	+	Σ
Клиент – отрасль, производящая некоторый товар	+	0	0	0	0	0	+	Σ
перевозчик	Плата за доставку груза	Плата за доставку груза	0	0	0	0	0	Σ
Владелец вагонов	0	0	Арендная плата за пользование вагонами	0	0	0	0	Σ

Владелец локомотивов	0	0	Арендная плата за пользование локомотивами	0	0	0	0	Σ
Владелец инфраструктуры	0	0	Плата за доставку подвижного состава	Плата за использование путей для отстоя вагонов в резерве	Плата за использование путей для отстоя локомотивов в резерве	0	0	Σ
Итого материальные затраты	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
Оплата труда	+	+	+	+	+	+		
Амортизация	+	+	0	+	+	+		
Прибыль	+	+	+	+	+	+		
Доход от реализации	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ		

**Пояснения:**

Клиент – отрасль-производитель одного из видов товаров, отношения которой с транспортом иллюстрируются в этой схеме;

+ – некоторое положительное (больше нуля) число;

Σ – сумма по соответствующей строке или столбцу.

Пассажирский железнодорожный транспорт в модели представлен двумя видами деятельности: «пассажирские перевозки в дальнем сообщении» и «пассажирские перевозки в пригородном сообщении». Предприятия, осуществляющие пассажирские перевозки в дальнем сообщении, оплачивают услуги инфраструктуры и локомотивов. Предприятия, осуществляющие пассажирские перевозки в пригородном сообщении, оплачивают только услуги инфраструктуры, парк мотор-вагонных поездов находится в их распоряжении и они сами несут затраты по их эксплуатации, ремонту и приобретению.

### 9.2.2 Дезагрегация данных отчетного межотраслевого баланса применительно к составу выделенных субъектов хозяйствования

Содержащийся в отчетном межотраслевом балансе столбец «Железнодорожный транспорт» в разработанной модели подразделяется по следующим видам деятельности:

1. услуги инфраструктуры,
2. услуги владельцев локомотивов,
3. услуги владельцев грузовых вагонов,
4. услуги по перевозке грузов,
5. услуги по перевозке пассажиров в дальнем сообщении,
6. услуги по перевозке пассажиров в пригородном сообщении.

Затраты каждого из видов деятельности, пропорциональные объему соответствующих услуг, представлены столбцами, входящими в состав I-го квадранта, а затраты, пропорциональные объему используемых основных фондов и объему работ по капитальному ремонту основных фондов – столбцами во II-м квадранте. Услуги, предоставляемые владельцами локомотивов и грузовых вагонов, дополнительно подразделены на 3 столбца каждая по числу возрастных групп локомотивов и вагонов. При этом используются отчетные данные ОАО «РЖД» о возрастной структуре парков локомотивов и грузовых вагонов.

Столбцы, соответствующие указанным 6-ти видам деятельности, формируются следующим образом<sup>26</sup>:

<sup>26</sup> В модели стоимость парка пассажирских вагонов не включена в состав производственных основных фондов вида деятельности «перевозки пассажиров в дальнем сообщении», а стоимость парка мотор-вагонного подвижного состава не включена в состав производствен-

На вид деятельности «Услуги инфраструктуры» относятся целиком затраты хозяйств: «Перевозок», «Пути», «Гражданских сооружений», «Сигнализации, централизации, блокировки», «Информации и связи», «Электрификации и электроснабжения», «Прочие».

На вид деятельности «Услуги владельцев локомотивов» относятся расходы локомотивного хозяйства за вычетом затрат на эксплуатацию и ремонт мотор-вагонных поездов, эти последние входят в состав затрат вида деятельности «Пассажирские пригородные перевозки».

На вид деятельности «Услуги владельцев грузовых вагонов» относятся целиком затраты «Вагонного хозяйства», «Трансконтейнера» и «Рефсервиса», а также всех остальных владельцев грузовых вагонов.

На вид деятельности «Услуги перевозчиков грузов» относятся затраты хозяйства «Грузовой и коммерческой работы», затраты на «услуги владельцев грузовых вагонов», а также части затрат на «услуги инфраструктуры» и «услуги владельцев локомотивов», пропорциональные доле тонна-километровой работы брутто в грузовом движении. Этот вид деятельности, как указывалось выше, подразделяется на 4 подвида:

- 1) Обычные перевозки грузов,
- 2) Ритмичные перевозки грузов,
- 3) Перевозки грузов по жесткому расписанию,
- 4) Срочные перевозки грузов.

В соответствии с таким подразделением затраты по виду деятельности «Услуги перевозчиков грузов» представлены в I-м квадранте 4-мя столбцами. Во II-м квадранте этот вид деятельности представлен 1 столбцом, так как собственные основные фонды этого вида деятельности не подразделяются по видам грузовых перевозок.

На вид деятельности «Пассажирские дальние перевозки» относятся затраты «Пассажирского хозяйства», а также части затрат на «услуги инфраструктуры» и «услуги владельцев локомотивов» про-

---

ных основных фондов вида деятельности «перевозки пассажиров в пригородном сообщении». Стоимости указанных парков пассажирского подвижного состава рассматриваются как самостоятельные виды производственных фондов, предоставляемые перевозчикам безвозмездно. Амортизация этих фондов и их обслуживание (текущие затраты, пропорциональные объему наличных фондов) входит в состав затрат перевозчиков.

порциональные доле тонна-километровой работы брутто в дальнем пассажирском движении в общей величине этой работы.

На вид деятельности «Пассажирские перевозки в пригородном сообщении» относятся, кроме указанной выше части затрат локомотивного хозяйства, также часть затрат на «Услуги инфраструктуры» в доле тонна-километровой работы брутто в этом виде движения.

По методике, кратко изложенной выше, значения каждого из элементов затрат (зарплата с начислениями, материалы, прочие материальные затраты, электроэнергия, топливо, амортизация, прочие расходы), содержащиеся в отраслевой статистической отчетности, распределены по видам деятельности, а затраты каждого вида деятельности подразделены на две части, пропорциональные, соответственно, объему выпуска продукции (услуг) и объему используемых производственных основных фондов. По результатам определено относительное распределение каждого из элементов затрат, выделенных в отраслевой статистической отчетности, по видам деятельности. Столбцы, соответствующие видам деятельности, формируются путем распределения между ними затрат каждого из продуктов, указанных в столбце «Железнодорожный транспорт» отчетного межотраслевого баланса, пропорционально доле этого вида деятельности в суммарных материальных затратах. Исключение сделано для элемента «Продукция машиностроения и металлообработки». При формировании рассматриваемых здесь столбцов значения затрат на эту продукцию, приведенные в отчетном балансе, распределены между видами деятельности пропорционально не долям суммарных материальных затрат, а долям суммарной стоимости следующих видов основных средств: «передаточные устройства», «машины и оборудование», «транспортные средства».

Сформированные указанным выше способом столбцы «Услуги локомотивов» и «Услуги грузовых вагонов» дополнительно дезагрегируются по их (локомотивов и вагонов) возрастным группам. Эта дезагрегация производится пропорционально стоимостям основных фондов локомотивов и грузовых вагонов, относящихся к каждой из возрастных групп, с учетом коэффициентов дифференциации по возрастным группам общей материалоемкости и структуры затрат по видам используемых продуктов (главным образом, корректируются доли затрат на электроэнергию, топливо и продукцию машиностроения в общей величине материальных затрат).

Кроме продуктов, указанных в составе столбца «Железнодорожный транспорт» отчетного межотраслевого баланса, необходимо распределить между видами деятельности железнодорожного транспорта также и продукцию тех его видов деятельности, которые не отражены в отчетном межотраслевом балансе, а именно: услуги инфраструктуры, локомотивов и грузовых вагонов. Порядок определения соответствующих элементов формируемого межотраслевого баланса изложен ниже в разделе, посвященном дезагрегации строк исходного баланса.

Сумма объемов выпуска (реализации услуг) 4х видов деятельности по перевозкам грузов плюс сумма объемов выпуска пассажирского дальнего и пригородного транспорта должна строго совпадать с объемом выпуска железнодорожного транспорта в исходном отчетном межотраслевом балансе. В эту сумму не входят объемы выпуска по видам деятельности «Услуги инфраструктуры», «Услуги локомотивов (кроме мотор-вагонных поездов)», «Услуги грузовых вагонов», так как эти виды деятельности реализуют внутренний для железнодорожного транспорта оборот.

Отметим вытекающий отсюда любопытный факт: при выделении в составе отрасли нескольких видов деятельности, продукция части из которых реализуется целиком внутри отрасли, уровень рентабельности по отрасли в целом снижается. При большом объеме внутриотраслевого оборота снижение может оказаться весьма существенным. Это естественно, так как при разделении общего объема прибыли, который был зафиксирован в отчетном межотраслевом балансе, между вновь введенными в рассмотрение видами деятельности, общая величина прибыли не изменилась. В то же время по совокупности всех видов деятельности, включая реализующие внутриотраслевой оборот, общий объем доходов и затрат увеличился на величину этого внутриотраслевого оборота. При определении рентабельности продукции отрасли в целом (в нашем случае – железнодорожного транспорта) прежний объем прибыли делится на увеличенный объем затрат, включающий, в том числе и затраты, связанные с внутриотраслевым оборотом, что и объясняет естественное снижение уровня рентабельности продукции по отрасли в целом. Разумеется, такое «расчетное» снижение рентабельности продукции ни в какой мере не представляет собой реального снижения эффективности работы отрасли.

### 9.3 Дезагрегация строк, относящихся к железнодорожному транспорту

В отчетном межотраслевом балансе выделены, как упоминалось выше, 2 строки: «перевозки грузов железнодорожным транспортом» и «перевозки пассажиров железнодорожным транспортом». Для целей нашей модели эти данные непосредственно не могут быть использованы, так как они включают в себя затраты инфраструктуры, локомотивного и вагонного хозяйств, которые в модели выделены в отдельные виды деятельности. Вместо указанных 2 строк сформированы строки, одноименные с рассмотренными выше столбцами, вошедшими в состав I-го квадранта.

Услуги инфраструктуры распределены между грузовыми, пассажирскими дальними и пригородными перевозками пропорционально объемам тонна-километровой работы, выполненной в этих видах перевозок. Услуги локомотивов распределены только между грузовыми и пассажирскими дальними перевозками, так как пригородные перевозки обеспечиваются их собственными мотор-вагонными поездами. Услуги грузовых вагонов целиком отнесены на затраты вида деятельности «грузовые перевозки». Между грузовыми перевозками отдельных видов (обычные, ритмичные, жесткие, срочные) услуги инфраструктуры и локомотивов распределены пропорционально объемам выпусков (доходов) этих видов перевозок, пересчитанным в «натуральное» выражение с использованием коэффициентов дифференциации доходных ставок по эти видам перевозок в отчетном периоде. Формирование строк «услуги по перевозкам грузов» изложено в следующем разделе.

Строки «Услуги по перевозке пассажиров в дальнем сообщении» и «Услуги по перевозке пассажиров в пригородном сообщении» формируются путем распределения итоговых значений одноименных столбцов пропорционально значениям аналогичной строки отчетного межотраслевого баланса. Значения затрат на оплату труда, которые в соответствии с данными отчетного баланса приходятся на железнодорожный транспорт, распределяются между рассматриваемыми в разработанной модели видами деятельности пропорционально отчетным данным о зарплате в этих видах деятельности.

## 9.4 Отражение диверсификации видов перевозок грузов в модели межотраслевого баланса

### 9.4.1 Эффекты, получаемые при использовании перевозок повышенного качества

Понятие «качество продукции», учет которого в межотраслевом балансе подробно рассмотрен в разделе 7, применительно к перевозкам грузов железнодорожным транспортом конкретизируется следующим образом:

1. Рассматриваются только «обычное» и «повышенное» качество, «низкое» качество не предусматривается;
2. В составе «повышенного» качества различаются 3 его подвида, определяемые не возрастом используемых основных фондов, а потребительскими свойствами перевозок, запрашиваемыми различными группами клиентов. Подвидами повышенного качества являются: «ритмичные», «жесткие», «срочные» перевозки. В модели межотраслевого баланса производство (выполнение) различных видов перевозок, различающихся потребительскими качествами, представляется отдельными столбцами, а использование перевозок каждого вида отраслями-потребителями железнодорожных перевозок – отдельными строками. Таким образом, в модели межотраслевого баланса железнодорожные перевозки представлены 4-мя столбцами и 4-мя строками.
3. Перевозки обычного качества могут выполняться вагонами и локомотивами любого возраста, но подвижной состав более старших возрастных групп имеет более низкую производительность, что в терминах нашей модели приводит к увеличению фондоемкости перевозок. Кроме того, при использовании старших возрастных групп увеличиваются расходы на ремонт вагонов и локомотивов, что в терминах модели приводит к увеличению коэффициентов прямых затрат некоторых видов продукции на деятельность магистрального грузового железнодорожного транспорта;
4. Для выполнения «ритмичных» перевозок также могут использоваться вагоны и локомотивы любого возраста, но даже при использовании младшей возрастной группы требуется большая, чем для обычных, численность резервных парков.

В терминах модели это означает либо увеличение коэффициентов прямых затрат услуг локомотивной тяги и грузовых вагонов на выполнение таких перевозок, либо увеличение фондоемкости видов деятельности «Локомотивы» и «Грузовые вагоны». Если же используются вторая и, тем более, третья возрастная группа, то численность требуемых резервных парков возрастает в еще большей степени;

5. Для «жестких» и «срочных» перевозок могут использоваться вагоны и локомотивы только первых двух возрастных групп. Численность требуемых резервных парков возрастает в последовательности «обычные» – «ритмичные» – «жесткие» – «срочные», а для каждого вида перевозок увеличивается в порядке возрастных групп. Кроме того, для «жестких» и, в еще большей степени, для «срочных» перевозок дополнительно возрастают некоторые коэффициенты прямых затрат. Это вызывается сокращением средней величины состава поезда, а для «срочных» – также и повышением технической скорости движения поездов.

Для отображения свойств, указанных в п.п. 3 – 5, услуги по использованию локомотивов и грузовых вагонов представляются каждая тремя столбцами и тремя строками по числу возрастных групп.

Отдельными столбцом и строкой представлены услуги общетраслевой инфраструктуры.

### 9.4.2 Методика определения эффектов от использования перевозок повышенного качества

Основные положения методики определения рассматриваемых здесь эффектов и численные значения части из них приведены в (Комаров, и др., 1988). Воспользоваться этой методикой в полном объеме в настоящей работе не представилось возможным, это должно стать объектом специального исследования. Приведенные в (Комаров, и др., 1988) численные значения объемов некоторых эффектов непосредственно не могут быть использованы вследствие радикального изменения цен и их соотношений. По совокупности указанных факторов в настоящей работе применена упрощенная методика, основанная на экспертной оценке удельных величин эффектов в расчете на единицу объема перевозок повышенного качества. Суть этой упрощенной методики сводится к следующему.

Из числа эффектов, указанных в Приложении 1, на нынешнем этапе исследования учтены только сокращение простоев оборудования и уменьшение запасов товаров.

Сокращение простоев оборудования создает возможность для увеличения выпуска продукции на тех же производственных мощностях. В терминах нашей модели межотраслевого баланса такая возможность отображается в виде снижения фондоемкости производства, определяющего соответствующее повышение производственной мощности. Снижение запасов товаров отображается в модели (см. 7.2.3.2) уменьшением удельных объемов прироста запасов товаров – готовой продукции у производителей ( $\psi_i^{fs}$ ) и в торговой сети ( $\psi_i^{str}$ ), запасов товаров, используемых в производстве (производственных запасов –  $\psi_i^{ims}$ ).

Для определения прироста производственной мощности по выпуску продукта  $j$ , вызываемого (прироста) переключением части перевозок товаров, используемых в производстве этого продукта, с обычного качества на повышенное, будем определять влияние на прирост мощности переключения перевозок отдельно каждого из используемых товаров. При этом примем следующие допущения:

- Для каждого товара, используемого в производстве, может быть применена только некоторая одна, специфическая для этого товара, категория перевозок повышенного качества, обозначим эту категорию  $k_i \in \{2,3,4\}$   $i \in I^{good}$ ;
- На перевозки повышенного качества может быть переведена не более чем некоторая максимальная доля объема перевозок используемого товара –  $\gamma_{ijk_i}^{max}$ ;
- Известен максимально-возможный относительный прирост производственной мощности по выпуску продукта  $j$ , который можно получить, если перевозки всех используемых товаров переключить на повышенное качество в максимальной доле –  $\Delta m_j^{max}$ .

Переключение части перевозок товаров, используемых в производстве, с обычного качества на повышенное, позволяет сократить непредусмотренные технологией простои оборудования, вызываемые задержками поступления этих товаров. Прирост производственной мощности по выпуску продукта  $j$ , вызываемый сокращением указанных простоев оборудования, можно принять равным

$$\Delta m_{ij} = \Delta m_j^{max} \frac{\sum_{i \in I^{good}} \gamma_{ijk_i}}{\sum_{i \in I^{good}} \gamma_{ijk_i}^{max}} \quad (9.1)$$

где  $\gamma_{ijk_i}$  – доля натурального объема перевозок товара  $i$ , используемого в производстве продукта  $j$ , которая фактически выполнена с соблюдением требований, предъявляемых к перевозкам категории качества  $k_i$ .

На величину  $\Delta m_{ij}$  увеличивается величина мощности, определенная по формуле (7.169). На производственную мощность тех видов деятельности  $j$ , для которых при определении мощности ведущими являются пассивные фонды, переключение перевозок используемых товаров на повышенное качество существенного влияния не оказывает, поэтому в модели оно не учитывается.

Влияние переключения перевозок товаров с обычного качества на повышенное на величину запасов этих товаров будем оценивать аналогичным способом. Параметры качества перевозок (равномерность, точность соблюдения моментов поступления к потребителям, скорость доставки) влияют на некоторую часть запасов готовой продукции – товаров на складах производителей и в торговой системе, а также на часть запасов товаров, используемых в производстве (остальная часть этих запасов определяется факторами, не связанными с перевозками). Предположим, что известны минимальные значения удельных величин запасов, которые могли бы быть достигнуты, если бы все перевозки были переключены на повышенное качество в максимально-рациональных долях  $\gamma_{ijk_i}^{max}$ . Обозначим эти минимальные значения удельных запасов  $\psi_i^{fs.min}$ ,  $\psi_i^{str.min}$ ,  $\psi_i^{ims.min}$ .

Введем вспомогательные переменные

$$\tilde{\gamma}_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n \left( (x_j w_{ij} + \pi_{ij}^F + \pi_{ij}^R) tr_{ij}^{ID} \gamma_{ijk_i} \right)}{\sum_{j=1}^n \left( (x_j w_{ij} + \pi_{ij}^F + \pi_{ij}^R) tr_{ij}^{ID} \gamma_{ijk_i}^{max} \right)} \quad i \in I^{good} \quad \forall t \quad (9.2)$$

$$\tilde{\tilde{\gamma}}_{ij} = \frac{\sum_{q=1}^{n^{fu}} y_{iq} tr_{iq}^{fu} \gamma_{iik_i}}{\sum_{q=1}^{n^{fu}} y_{iq} tr_{iq}^{fu} \gamma_{iik_i}^{max}} \quad i \in I^{good} \quad \forall t \quad (9.3)$$

где:  $\tilde{\gamma}_{ii}$  – доля (по стоимости) объема перевозок товара  $i$ , выполняемая в году  $t$  по категории качества  $k_i$ , средневзвешенная по всему объему промежуточного потребления этого товара, по отношению к максимально-возможному объему таких перевозок;

$\tilde{\tilde{\gamma}}_{ii}$  – то же по всему объему конечного использования продукта  $i$ ;  
 $tr_{ij}^{ID}$ ,  $tr_{iiq}^{fu}$  – удельная транспортная наценка железнодорожного транспорта в году  $t$  на стоимость продукта  $i$ , использованного в производстве продукта  $j$  или в направлении  $q$  конечного использования.

Тогда при принимаемых значениях долей объемов перевозок, переключаемых с обычного качества на повышенное, сокращение удельных величин запасов равно:

$$\Delta\psi_{ii}^{fs} = (\psi_i^{fs} - \psi_i^{fs.min}) \tilde{\gamma}_{ii} \quad i \in I^{good} \quad \forall t \quad (9.4)$$

$$\Delta\psi_{ii}^{str} = (\psi_i^{str} - \psi_i^{str.min}) \tilde{\tilde{\gamma}}_{ii} \quad i \in I^{good} \quad \forall t \quad (9.5)$$

$$\Delta\psi_{ii}^{ims} = (\psi_i^{ims} - \psi_i^{ims.min}) \tilde{\gamma}_{ii} \quad i \in I^{good} \quad \forall t \quad (9.6)$$

Значения  $\Delta\psi_{ii}^{fs}$ ,  $\Delta\psi_{ii}^{str}$ ,  $\Delta\psi_{ii}^{ims}$  вычитаются из величин  $\psi_i^{fs}$ ,  $\psi_i^{str}$ ,  $\psi_i^{ims}$ , уменьшенные таким способом значения этих величин используются в формулах (7.72) – (7.74) и во всех последующих формулах, где используются значения объемов запасов.

Отметим, что входящие в (9.4) – (9.6) величины  $\tilde{\gamma}_{ii}$  и  $\tilde{\tilde{\gamma}}_{ii}$  зависят, в соответствии с (9.2), (9.3) от  $\gamma_{ijk_i}$  – долей объемов перевозок, выполненных в году  $t$  фактически с соблюдением требований, предъявляемых к перевозкам повышенного качества. Ниже (см. раздел 9.5 и непосредственно формулу (9.9)) показано, что объем фактически выполненных перевозок повышенного качества меньше заявленного на величину, зависящую от потерь, вызываемых техническими отказами локомотивов и грузовых вагонов, которые, в свою очередь, зависят от возрастной структуры парков этого подвижного состава. Таким образом, возможное снижение объемов запасов, обеспечиваемое использованием перевозок повышенного качества, зависит, в том числе, и от возрастной структуры парков локомотивов и грузовых вагонов.

### 9.4.3 Особенности механизма экономического взаимодействия участников процесса выполнения перевозок повышенного качества

Моделируются экономические отношения между перевозчиками и клиентурой – с одной стороны, и между перевозчиками и инфраструктурой, владельцами локомотивов и вагонов – с другой стороны. По отношению к перевозкам повышенных категорий качества вводится и моделируется экономическая ответственность за несоблюдение показателей, предусмотренных регламентами перевозок повышенного качества. При возникновении такого несоблюдения перевозчик возвращает клиенту неустойку – разницу между повышенным и обычным тарифом и еще дополнительную компенсацию за упущенную клиентом дополнительную прибыль. Весь объем неустойки, уплаченной перевозчиком клиенту, он (перевозчик) предъявляет к возмещению, которое ему выплачивает сторона, виновная в несоблюдении показателей конкретной перевозки повышенного качества – владельцы локомотивов или/и грузовых вагонов (отказы инфраструктуры и, соответственно, ее экономическая ответственность в настоящее время в модель не включены).

## 9.5 Моделирование влияния возрастной структуры парков локомотивов и грузовых вагонов на параметры модели межотраслевого баланса

### 9.5.1 Общая характеристика влияния возрастной структуры парков подвижного состава

Возраст подвижного состава влияет на затраты по его эксплуатации и ремонту, а также на частоту технических отказов во время его нахождения в работе и на продолжительность его простоев в течение времени восстановления после возникновения отказа.

Использованные в разделах 7.2.4 и 7.2.8 функции  $f_{ijk}^{tl}(t^b)$ ,  $f_{ijk}^{age}(\tau)$ ,  $f_j^{tl,\varphi}(t^b)$ ,  $f_j^{age,\varphi}(\tau)$ , учитывающие технический уровень и возраст оборудования, тем самым учитывают, наряду с другими факторами, также и технические отказы оборудования, так что влияние отказов подвижного состава на коэффициенты прямых затрат и на производственную мощность видов деятельности «услуги локомотивов» и «услуги грузовых вагонов» уже учтено (за исключением влияния перекрестных отказов, см. ниже). При использовании этих формул

считается, что качество выпускаемой продукции в пределах каждой возрастной группы оборудования и цена, по которой эта продукция реализуется, от количества отказов оборудования не зависят.

Однако при выполнении железнодорожных перевозок повышенного качества технические отказы локомотивов и грузовых вагонов могут повлечь за собой, кроме последствий, уже учтенных в формулах  $f_{ijk}^{tl}(t^b)$ ,  $f_{ijk}^{age}(\tau)$ ,  $f_j^{tl,\varphi}(t^b)$ ,  $f_j^{age,\varphi}(\tau)$ , также выплату неустоек и, тем самым, снизить реальную цену (среднюю доходную ставку) таких перевозок. Кроме того, возрастная структура парков локомотивов и грузовых вагонов по цепочке «возрастная структура – удельное на единицу объема работы количество технических отказов – фактически выполненная доля перевозок повышенного качества – объемы запасов» (раздел 9.4.2) влияет на величину располагаемого дохода институциональной единицы «корпорации», а через этот показатель – на объем конечного использования всех продуктов (формулы (7Ю47) и (7.49)). Наконец, функции  $f_j^{tl,\varphi}(t^b)$ ,  $f_j^{age,\varphi}(\tau)$  учитывают только раздельное влияние возраста локомотивов и грузовых вагонов на производственные мощности их парков, но не учитывают влияние отказов локомотивов на дополнительные простои грузовых вагонов и отказов грузовых вагонов на дополнительные простои локомотивов, то есть перекрестное влияние отказов на производственную мощность парков локомотивов и грузовых вагонов. Указанные факторы – влияние возрастной структуры парков на доходы перевозчиков, получаемые от выполнения перевозок повышенного качества, и перекрестное влияние отказов локомотивов и грузовых вагонов на производственные мощности их парков – необходимо ввести в модель дополнительно. Влияние возрастной структуры парков локомотивов и грузовых вагонов на объемы запасов товаров, а через эти запасы – на объемы конечного использования товаров уже отмечено в 9.4.2.

Отказы локомотивов и грузовых вагонов приводят непосредственно к снижению доходов видов деятельности «грузовые перевозки повышенного качества» и одновременно к снижению затрат перевозчиков на оплату услуг локомотивов и грузовых вагонов, равному потерям доходов перевозчиков. Снижение оплаты, получаемой производителями услуг локомотивов и грузовых вагонов от перевозчиков, приводит к равному по величине снижению доходов указанных производителей. Поскольку никакие

затраты производителей услуг локомотивов и грузовых вагонов при этом не уменьшаются, то увеличиваются их коэффициенты прямых затрат. Увеличиваются и коэффициенты прямых затрат перевозчиков на все продукты, кроме услуг локомотивов и грузовых вагонов, так как все другие затраты, кроме оплаты услуг локомотивов и грузовых вагонов не изменяются, а доходы перевозчиков уменьшается. Описанное здесь качественно влияние отказов локомотивов и грузовых вагонов на доходы и затраты перевозчиков и производителей услуг локомотивов и грузовых вагонов моделируется следующим образом.

Для всех видов деятельности по производству продуктов отказы локомотивов и грузовых вагонов не влияют на абсолютную (не удельную) величину затрат любого продукта, кроме услуг железнодорожных перевозчиков, предоставляемых по категориям качества «повышенное». Поэтому имеет место равенство

$$X_{ij} = \bar{X}_{ij} \quad \forall (i, j): i \notin \{i_{k_2}^{rw}, i_{k_3}^{rw}, i_{k_4}^{rw}\}$$

$$\text{и } \forall (i, j): j \notin \{j_{k_2}^{rw}, j_{k_3}^{rw}, j_{k_4}^{rw}\} \quad (9.7)$$

здесь верхние индексы «rw» показывают, что номера строк и столбцов относятся к позициям «перевозки грузовым железнодорожным транспортом», а надчеркивание сверху обозначает, что соответствующая величина определена без учета влияния технических отказов подвижного состава.

Затраты на оплату услуг по перевозке железнодорожным транспортом товаров, продаваемых через торговую систему домашним хозяйствам, входят в себестоимость продукции отрасли «Торговля» непосредственно (не в виде наценок). При передаче части этих перевозок с категории качества «обычное» на категории качества «повышенное», меняются соответствующие компоненты затрат этой отрасли.

Примем следующую систему предположений:

- При использовании подвижного состава только самой младшей возрастной группы потери, вызываемые их отказами, практически можно считать равными 0.
- При использовании подвижного состава второй, и, особенно, третьей возрастной группы, количество отказов и продолжи-

тельность вызываемых ими задержек в продвижении товаров становятся такими, что в определенной части случаев приводят к невыполнению регламентированных требований к перевозкам повышенного качества.

- За ту часть перевозок повышенного качества, которую не удается доставить с соблюдением регламентированных требований, клиент уплачивает перевозчику тариф как за перевозку, выполненную по категории качества «обычные», уменьшенный еще на величину неустойки, отражающей недополученную клиентом прибыль, которую он рассчитывал получить, выбирая повышенное качество перевозки вместо обычного. В результате перевозчик теряет часть дохода, который он мог бы получить, если бы регламентированные требования к перевозке были бы полностью выполнены.
- Перевозчик сокращает свою плату за пользование подвижным составом на величину, равную утерянному им доходу, сохраняя тем самым ту же величину своей добавленной стоимости, которая была бы при отсутствии потери дохода.

Абсолютные (не удельные) объемы доходов железнодорожных перевозчиков, получаемые за выполнение перевозок каждой из категорий качества, как и объемы выпусков всех видов продукции вообще, определяются посредством решения модели межотраслевого баланса. Важнейшую часть этой модели составляют коэффициенты прямых затрат, а также ограничения на объемы выпусков, налагаемые наличными объемами производственных мощностей. Отказы локомотивов и грузовых вагонов влияют на эти параметры видов деятельности «перевозки повышенного качества» (раздельно по видам таких перевозок), «услуги локомотивов», «услуги грузовых вагонов». Далее в этом разделе излагаются методики определения зависимости значений этих параметров от значений долей, в которых объемы перевозок распределяются по категориям качества, и от возрастной структуры парков локомотивов и грузовых вагонов, используемых в перевозках каждой из категорий качества. Через эти распределения отказы в работе локомотивов и грузовых вагонов влияют на значения коэффициентов прямых затрат и на объемы производственных мощностей.

### 9.5.2 Коэффициенты прямых затрат, зависящие от отказов локомотивов и грузовых вагонов

В настоящем разделе рассматриваются зависимости коэффициентов прямых затрат от совокупного влияния следующих факторов:

- 1) распределение заявленных клиентом и принятых перевозчиком натуральных объемов перевозок каждого из товаров по категориям качества перевозок,
- 2) распределение натуральных объемов работы локомотивов и грузовых вагонов по их возрастным группам,
- 3) значения удельных на единицу натурального объема работы локомотивов, грузовых вагонов потерь дохода перевозчиков, вызванных (потерь) отказами локомотивов, грузовых вагонов.

Введенные в разделе 9.4.2 величины  $\gamma_{ijk_i}$  представляют собой доли объемов перевозок продукта  $i$ , использованного в году  $t$  в производстве продукта  $j$ , фактически выполненные на условиях категории качества  $k_i$ . Заявленные клиентурой и принятые перевозчиком значения этих долей обозначим через  $\bar{\gamma}_{ijk_i}$ . При  $k_i \in \{2, 3, 4\}$  величины  $\gamma_{ijk_i}$  меньше  $\bar{\gamma}_{ijk_i}$  на величину объемов перевозок, принятых в году  $t$  по категории качества  $k_i$ , но фактически, вследствие технических отказов локомотивов и грузовых вагонов, выполненные с нарушениями регламентированных требований к параметрам перевозок этого качества.

Обозначим:

$\alpha_{lk}^{\text{loc}}$  – исчисленная в натуральном выражении доля объема перевозок категории качества  $k$ , выполненная с использованием услуг локомотивов, относящихся к  $l$ -й возрастной группе,  $l=1, 2, 3$ ;

$$\sum_{l=1}^3 \alpha_{lk}^{\text{loc}} = 1$$

$\alpha_{lk}^{\text{car}}$  – доля объема перевозок категории качества  $k$ , выполненная с использованием услуг грузовых вагонов, относящихся к  $l$ -й возрастной группе,  $l=1, 2, 3$ ;

$$\sum_{l=1}^3 \alpha_{lk}^{\text{car}} = 1$$

$\rho_{lk}^{\text{loc}}, \rho_{lk}^{\text{car}}$  – доля объема работы локомотивов, вагонов  $l$ -й возрастной группы, которая при выполнении перевозок категории качества  $k$  фактически, вследствие технических отказов локомотивов, вагонов

и вызванных ими задержек продвижения товаров, была выполнена с параметрами, не удовлетворяющими регламентированным требованиям. В настоящей работе эти величины рассматриваются как экзогенно заданные константы.

Тогда, обозначив

$$\widehat{\rho}_{tk} = \sum_{l=1}^3 \alpha_{tk}^{lok} \rho_{lk}^{loc} + \sum_{l=1}^3 \alpha_{tk}^{car} \rho_{lk}^{car} \quad (9.8)$$

получаем

$$\gamma_{ijk_i} = \bar{\gamma}_{ijk_i} (1 - \widehat{\rho}_{tk_i}) \quad \forall t, i, j, k_i \in \{2, 3, 4\} \quad (9.9)$$

Принимаем, что ответственность перевозчика за невыполнение регламентированных требований к параметрам перевозок возникает только по перевозкам повышенного качества, поэтому формула (9.9) применяется только при  $k=2,3,4$ .

Принимаем, что за единицу натурального объема работы локомотива, грузового вагона поставщики этих услуг получают, при отсутствии отказов в работе локомотивов, вагонов, одну и ту же плату независимо от возраста предоставленных локомотивов, грузовых вагонов. Тогда распределение дохода поставщиков услуг локомотивов, грузовых вагонов по возрастным группам предоставляемого ими подвижного состава при отсутствии отказов в его работе совпадает с распределением натурального объема работы.

Возрастная структура парков подвижного состава влияет на коэффициенты прямых затрат, входящие в состав следующих подматриц матрицы коэффициентов прямых затрат:

- 1) Строки «услуги по перевозке грузов по категории качества  $k$ »,  $k=2,3,4$ , при всех значениях  $j=1, \dots, n$ ;
- 2) Столбцы «услуги по перевозке грузов по категории качества  $k$ »,  $k=2,3,4$ ;
- 3) Столбцы «услуги локомотивов возрастной группы  $l$ », «услуги грузовых вагонов возрастной группы  $l$ »,  $l=1,2,3$ ;

Далее последовательно рассматриваются указанные подматрицы.

Коэффициенты, не входящие в эти подматрицы, вообще никак не связаны с применением железнодорожных перевозок повышенного качества и потому в настоящем разделе далее не рассматриваются.

### 9.5.2.1 Строки «Услуги по перевозке грузов железнодорожным транспортом, выполняемые на условиях повышенного качества»

Таких строк 3 – по количеству категорий повышенного качества перевозок. Каждый из элементов рассматриваемых здесь строк представляет собой сумму двух компонентов, определяемых, соответственно, затратами на оплату железнодорожных перевозок, вошедшими в себестоимость производства продукта непосредственно, и затратами на оплату перевозок, представляющими собой сумму железнодорожных наценок на использованные товары.

Компоненты коэффициентов прямых затрат, входящих в рассматриваемые здесь строки, образуемые наценками на использованные продукты, представляют собой суммы наценок, начисленные на каждый из товаров, использованных в производстве.

Фактическая величина наценки на каждый товар, создаваемой (наценки) железнодорожным перевозчиком, выполняющим перевозку по категории качества  $k=2,3,4$ , представляет собой сумму двух слагаемых: полученная перевозчиком оплата за перевозку, фактически выполненную с соблюдением требований, регламентированных для этой категории качества, и плата за перевозку, принятую по категории качества  $k$ , но выполненную с нарушением регламентированных для этой категории требований.

Перевозка, фактически выполненная с соблюдением регламентированных требований, оплачивается по тарифу с повышающим коэффициентом  $\zeta_k$ , остальная часть принятой по категории качества  $k$  перевозки оплачивается по тарифу «обычный» за вычетом неустойки, возмещающей клиенту потерянную им дополнительную прибыль, на получение которой он рассчитывал, выбирая перевозку повышенного качества вместо «обычного».

Примем предположение, что перевозку оплачивает и, соответственно, выбирает категорию ее качества покупатель (за исключением конечного розничного покупателя). Если для части объема закупаемого товара покупатель, являющийся производителем некоторого продукта, выбирает перевозку повышенного качества, то тем самым он создает предпосылку для снижения объема своего производственного запаса этого товара. В той мере, в какой эта предпосылка будет реализована, «бухгалтерская прибыль» отрасли-покупателя возрастет на величину

$$\Delta Pr_{ij}^{tx} = \sum_{i \in I^{\text{good}}} \Delta IMS_{ij}^{\text{hqu}} \quad (9.10)$$

где:  $\Delta IMS_{ij}^{\text{hqu}}$  – изменение величины прироста производственного запаса товара  $i$ , используемого в производстве продукта  $j$  в году  $t$  по отношению к году  $(t-1)$ , вызванное действием двух факторов – изменения величин производственных затрат рассматриваемого товара  $X_{ij}$  и средневзвешенного значения доли перевозок, фактически выполненной по категории качества «повышенное»  $\tilde{\gamma}_i$ <sup>27</sup> (по принятому в модели предположению для каждого вида товара используется некоторая одна, характерная для этого товара, категория перевозок повышенного качества).

При определении  $\Delta IMS_{ij}^{\text{hqu}}$  надо учитывать, что от величины  $\tilde{\gamma}_i$ , то есть от средневзвешенной величины доли объема перевозок товара  $i$ , выполняемых по повышенному качеству (см. формулу (9.2)), зависят  $\Delta \psi_i^{\text{ims}}$  и  $\psi_i^{\text{ims}}$ , в то время как  $\psi_i^{\text{ims}}$  от  $\tilde{\gamma}_i$  не зависит.

По определению

$$\Delta IMS_{ij}^{\text{hqu}} = \left( X_{ij} \psi_i^{\text{ims}} - X_{(t-1)ij} \psi_{(t-1)i}^{\text{ims}} \right) \quad (9.11)$$

Подставляя сюда на место  $\psi_i^{\text{ims}}$  и  $\psi_{(t-1)i}^{\text{ims}}$  их значения, определяемые формулой (9.6), после тождественных преобразований получаем

$$\begin{aligned} \Delta IMS_{ij}^{\text{hqu}} &= \left( X_{ij} \left( \psi_i^{\text{ims}} (1 - \gamma_{ij}) + \psi_i^{\text{ims.min}} \gamma_{ij} \right) \right) - \\ &- \left( X_{(t-1)ij} \left( \psi_{(t-1)i}^{\text{ims}} (1 - \gamma_{(t-1)ij}) + \psi_{(t-1)i}^{\text{ims.min}} \gamma_{(t-1)ij} \right) \right) = \\ &= \left( w_{ij} x_{ij} \left( \psi_i^{\text{ims}} (1 - \gamma_{ij}) + \psi_i^{\text{ims.min}} \gamma_{ij} \right) \right) - \\ &- \left( w_{(t-1)ij} x_{(t-1)j} \left( \psi_{(t-1)i}^{\text{ims}} (1 - \gamma_{(t-1)ij}) + \psi_{(t-1)i}^{\text{ims.min}} \gamma_{(t-1)ij} \right) \right) \quad \forall t, j \text{ и } i \in I^{\text{good}} \quad (9.12) \end{aligned}$$

Отметим, что  $\gamma_{ij}$ ,  $\gamma_{(t-1)ij}$  – это значения долей объемов перевозок, фактически выполненные с соблюдением параметров повышенного качества. Эти значения определяются по формулам (9.9) и (9.8), в которых учтено, что из общего объема перевозок товара  $i$ , используемого в

<sup>27</sup> Выше было принято допущение, что удельные на единицу объема используемого продукта  $i$  производственные запасы одинаковы во всех использующих этот продукт видах деятельности (отраслях). Поэтому здесь используются средневзвешенные по отраслям-потребителям значения величины  $\gamma_i$ , а не конкретные  $\gamma_{ik}$ .

производстве продукта  $j$ , принятого (товара  $i$ ) к перевозке на условиях категории качества  $k_p$ , часть, фактически выполненная с соблюдением требований этой категории качества, оплачивается по повышенному тарифу, а остальная часть, принятая на этих условиях, но фактически доставленная с нарушением установленных требований, оплачивается по обычному тарифу с удержанием, кроме того, утерянного клиентом его прироста прибыли. Отсюда следует, что удельная на единицу стоимости используемого товара  $i$  транспортная наценка, создаваемая принятыми по категории качества  $k_i$  перевозками, равна

$$tr_{ij1k_i}^{\text{ID}} = tr_{ij11}^{\text{ID}} \zeta_{k_i} \gamma_{ijk_i} + tr_{ij11}^{\text{ID}} (\bar{\gamma}_{ijk_i} - \gamma_{ijk_i}) - \frac{\Delta IMS_{ij}^{\text{hqu}}}{X_{ij}} \quad (9.13)$$

где  $tr_{ij11}^{\text{ID}}$  – удельная транспортная наценка (см. формулу (7.132)), создаваемая железнодорожным транспортом (вид транспорта  $s=1$ ) при выполнении перевозки по категории качества «обычное» ( $k=1$ , это – дополнительный по сравнению с (7.132) нижний самый правый индекс; при этом используемый в (7.132) индекс  $l$  здесь опущен, так как, в соответствии с рассматриваемой здесь постановкой задачи, продукты, кроме железнодорожных перевозок, не подразделяются по категориям качества).

Полная (не удельная) величина транспортной наценки в сумме по всем товарам, используемым в производстве продукта  $j$ , перевозимым по категории качества  $k$  равна

$$Tr_{j1k}^{\text{ID}} = \sum_{i: (i \in I^{\text{good}} \wedge k_i = k)} X_{ij} tr_{ij1k_i}^{\text{ID}} \quad k = 2, 3, 4 \quad \forall t, i, j \quad (9.14)$$

(напомним, что здесь третий нижний индекс «1» обозначает вид транспорта – железнодорожный).

Коэффициенты прямых затрат по строкам «железнодорожные грузовые перевозки категории качества  $k$ » равны

$$\begin{aligned} w_{i_k^{\text{rw}} j} &= \hat{w}_{i_k^{\text{rw}} j} + \frac{Tr_{j1k}}{x_{ij}} = \hat{w}_{i_k^{\text{rw}} j} + \frac{\sum_{i: (i \in I^{\text{good}} \wedge k_i = k)} X_{ij} tr_{ij1k_i}^{\text{ID}}}{x_{ij}} = \\ &= \hat{w}_{i_k^{\text{rw}} j} + \sum_{i: (i \in I^{\text{good}} \wedge k_i = k)} \left( w_{ij} tr_{ij11}^{\text{ID}} \left( \zeta_{k_i} \gamma_{ijk_i} + (\bar{\gamma}_{ijk_i} - \gamma_{ijk_i}) \right) - \frac{\Delta IMS_{ij}^{\text{hqu}}}{x_{ij}} \right) \\ &\forall t, j \quad k = 2, 3, 4 \quad (9.15) \end{aligned}$$

где:  $i_k^{fw}$  – номер позиции (строки) «железнодорожные грузовые перевозки категории качества  $k$ »;

$\hat{w}_{i_k^{fw} j}$  – компонент коэффициента прямых затрат, соответствующий затратам на оплату услуги «железнодорожные грузовые перевозки категории качества  $k$ », входящим в затраты по производству продукта  $j$  непосредственно (не в виде наценок – см. формулу (7.110) и пояснительный текст к ней, а для вида деятельности «Торговля» см. ниже);

$w_{ij}$  – коэффициенты прямых затрат товаров на производство продукта  $j$ ;

$x_{ij}$  – выпуск продукта  $j$  в году  $t$ .

Подставляя (9.12) и (9.9) в (9.15), получаем

$$\begin{aligned} w_{i_k^{fw} j} = & \hat{w}_{i_k^{fw} j} + \\ & + \sum_{i: (i \in I^{\text{good}} \wedge k_i = k)} \left( w_{ij} \left( tr_{ij11}^{\text{ID}} \bar{\gamma}_{ijk_i} \left( \zeta_{k_i} \left( 1 - \hat{\rho}_{tk_i} \right) + \hat{\rho}_{tk_i} \right) - \right. \right. \\ & \left. \left. - \left( \psi_i^{\text{ims}} - \bar{\gamma}_{ijk_i} \left( 1 - \hat{\rho}_{tk_i} \right) \left( \psi_i^{\text{ims}} - \psi_i^{\text{ims.min}} \right) \right) \right) + \right. \\ & \left. + w_{(t-1)ij} \frac{x_{(t-1)j}}{x_{ij}} \left( \psi_i^{\text{ims}} - \bar{\gamma}_{(t-1)ijk_i} \left( 1 - \hat{\rho}_{(t-1)ik_i} \right) \left( \psi_i^{\text{ims}} - \psi_i^{\text{ims.min}} \right) \right) \right) \\ \forall t, j \quad k = 2, 3, 4 \end{aligned} \quad (9.16)$$

Из этой формулы явно видна зависимость элементов строки «услуги по выполнению железнодорожных грузовых перевозок категории качества  $k$ » от показателей  $\hat{\rho}_{tk_i}$  и  $\hat{\rho}_{(t-1)ik_i}$ . Эти показатели, в соответствии с формулой (9.8), зависят от распределения работы по обеспечению перевозок повышенного качества между возрастными группами локомотивов и вагонов, а также от параметров  $\rho_{lk}^{\text{loc}}$ ,  $\rho_{lk}^{\text{car}}$ , характеризующих для каждой возрастной группы частоту отказов, приводящих к нарушению требований, которым должны удовлетворять перевозки повышенного качества.

Принимаем предположение, что для всех видов деятельности, кроме торговли, перевозки, оплата которых входит в затраты непосредственно (не в виде наценок на использованные товары) выполняются по категории качества «обычное», так что оплата этих перевозок не зависит от отказов подвижного состава, то есть, от возрастной структуры парков подвижного состава. Коэффициенты прямых затрат отрасли «Торговля» на оплату услуг грузового транспорта формируются иначе (см. ниже).

Перевозки товаров, предназначенных для конечной реализации домашним хозяйствам, от производителей до предприятий розничной торговли оплачивает отрасль «Торговля», оплата этих перевозок входит в состав затрат отрасли непосредственно. Железнодорожным транспортом эти товары доставляются от производителей до распределительных баз, от которых дальнейшая доставка к предприятиям розничной торговли осуществляется уже автомобильным транспортом. Часть железнодорожных перевозок этих товаров может быть предъявлена отраслью «Торговля» для выполнения по категории качества «повышенное». В этом случае соответствующие величины  $\hat{w}_{i_k^{fw} j^{\text{tr}}}$ ,  $k = 2, 3, 4$ , где  $j^{\text{tr}}$  – номер позиции (столбца) вида деятельности «Торговля», зависят от распределения объемов перевозок по категориям их качества и от возрастной структуры используемых для этих перевозок парков локомотивов и грузовых вагонов.

При передаче части железнодорожных перевозок товаров, реализуемых домашним хозяйствам через торговую сеть, с режима перевозок «обычные» на режим перевозок «повышенное качество» розничная цена этих товаров не возрастает. Мы будем считать, что она остается на прежнем уровне, тогда не изменяется и общая величина торгово-посреднической наценки на товары, приобретаемые домашними хозяйствами, а, значит, не изменяется и объем выпуска отрасли «Торговля».

Очевидно, что рассматриваемое здесь увеличение дохода железнодорожного транспорта пропорционально объему передаваемых на режим повышенного качества перевозок товаров, реализуемых торговлей домашним хозяйствам. Для определения упомянутого увеличения дохода железнодорожного транспорта надо знать исходное его значение отдельно по каждому виду товаров. В отчетном межотраслевом балансе общая величина затрат отрасли «Торговля» на оплату услуг железнодорожного (как и других видов) транспорта, вошедшая непосредственно в себестоимость продукции отрасли «Торговля», не распределена по видам перевозимых товаров. Такое распределение приходится определять с привлечением дополнительных предположений, принимаемых на основе экспертных соображений. В качестве такого предположения примем следующее.

Введем понятие «наценка железнодорожного транспорта на товары, приобретаемые домашними хозяйствами, уплачиваемая торговлей». Очевидно, это понятие не совпадает с принятым в тео-

рии межотраслевого баланса понятием «наценка железнодорожного транспорта на товары, приобретаемые домашними хозяйствами, уплачиваемая домашними хозяйствами»<sup>28</sup>.

Величину упомянутой выше наценки, уплачиваемой торговлей, будем определять следующим образом. Предположим, что удельные значения этой наценки в расчете на единицу стоимости товаров, реализуемых торговлей домашним хозяйствам, пропорциональны аналогичными значениями для одноименных товаров, потребляемых самой торговлей – эти последние значения в отчетном межотраслевом балансе есть. Некоторым логическим основанием для такого допущения является то обстоятельство, что товары, расходуемые самой торговлей, должны быть доставлены, в значительной своей части, в те же торговые предприятия, через которые реализуются товары домашним хозяйствам. Наценка, уплачиваемая торговлей за доставку товаров, реализуемых домашним хозяйствам, зависит от категории качества перевозок этих товаров. В отличие от этого будем считать, что доставка товаров, потребляемых самой отраслью «Торговля», выполняется с использованием перевозок только «обычного» качества. Тогда

$$tr_{i1k_i}^{Rt, hh} = tr_{ij^{st}11}^{ID} \left( \beta_k \gamma_{i1k_i}^{fu} + (1 - \gamma_{i1k_i}^{fu}) \right) = tr_{ij^{st}11}^{ID} \left( 1 + \gamma_{i1k_i}^{fu} (\beta_k - 1) \right) \quad i \in I^{good} \quad k = 1, \dots, 4 \quad (9.17)$$

где:  $tr_{i1k_i}^{Rt, hh}$  – введенная нами удельная наценка на стоимость товара  $i$ , потребляемого домашними хозяйствами (hh – ‘household’), уплачиваемая торговлей, при перевозке этого товара по категории качества  $k$ ;

$tr_{ij^{st}11}^{ID}$  – удельная наценка железнодорожного транспорта на единицу стоимости товара  $i$ , потребляемого самой торговлей, при перевозках этого товара по категории качества «обычные»;

$\beta_k$  – коэффициент пропорциональности;

$\gamma_{i1k_i}^{fu}$  – доля железнодорожных перевозок товара  $i$ , продаваемого торговлей домашним хозяйствам (направление конечного использования  $q=1$ ), выполненных фактически по категории качества  $k_i$ .

Подставляя (9.9) в (9.17), получаем

$$tr_{i1k_i}^{Rt, hh} = tr_{ij^{st}11}^{ID} \left( 1 + \bar{\gamma}_{i1k_i}^{fu} (1 - \bar{\rho}_{k_i}) (\beta_k - 1) \right) \quad i \in I^{good} \quad k = 1, \dots, 4 \quad (9.18)$$

Величины  $tr_{i1k_i}^{Rt, hh}$ , относящиеся к железнодорожным перевозкам категории «обычные» в базовом периоде ( $t=0$ ), должны по определению удовлетворять условию:

$$\widehat{X}_{0i^{rw}j^{Rt}} = \sum_{i \in I^{good}} tr_{0i11}^{Rt, hh} y_{0i1} \quad (9.19)$$

где:  $i^{rw}$  – номер позиции «железнодорожные грузовые перевозки категории качества «обычные»;

$\widehat{X}_{0i^{rw}j^{Rt}}$  – абсолютный (не удельный) объем услуг железнодорожного транспорта, предоставленных отрасли «Торговля» в базовом периоде по категории качества «обычные», вошедших непосредственно в себестоимость продукции этой отрасли;

$y_{0i1}$  – объем конечного потребления домашними хозяйствами товара  $i$ , нижний крайний справа индекс «1» указывает номер направления «конечное потребление домашних хозяйств» в матрице  $Y$  конечного использования продуктов;

$I^{good}$  – множество номеров позиций, соответствующих товарам (не услугам);

Первый слева нижний индекс «0» указывает на принадлежность соответствующих величин к базовому периоду.

Тогда, разделив обе части (9.19) на  $x_{0j^{Rt}}$  и учитывая, что  $\widehat{\rho}_{01} = 0$   $y_{0i1} = y_{01}^S s_{0i1}^{fu}$ , где  $y_{01}^S$  – суммарный по всем продуктам объем конечного потребления домашних хозяйств в году  $t=0$ ,  $s_{0i1}^{fu}$  – продуктовая структура конечного потребления домашних хозяйств, после тождественных преобразований получаем

$$\beta_1 = \frac{\widehat{w}_{0i^{rw}j^{Rt}}^{ID} x_{0j^{Rt}}}{\sum_{i \in I^{good}} \left( tr_{0ij^{st}11}^{ID} s_{0i1}^{fu} \right) y_{01}^S} \quad (9.20)$$

где:  $\widehat{w}_{0i^{rw}j^{Rt}}^{ID}$  – компонент коэффициента прямых затрат отрасли «Торговля», представляющий собой удельные затраты продукта «железнодорожные грузовые перевозки категории качества «обычные»», вошедшие в затраты отрасли «Торговля» непосредственно;

<sup>28</sup> По данным отчетного межотраслевого баланса железнодорожная наценка, уплачиваемая домашними хозяйствами, практически равна нулю.

$s_{0il}^{fu}$  – элемент вектора-столбца продуктовой структуры конечного потребления домашних хозяйств, относящийся к товару  $i$ ;

$tr_{0ij^{r11}}^{ID}$  – удельная на единицу стоимости товара  $i$ , использованного в производственной деятельности отрасли «Торговля», наценка, создаваемая железнодорожными перевозками (индекс вида транспорта = 1) категории качества «обычное» (индекс категории качества железнодорожных перевозок = 1);

$x_{0j^{Rt}}$  – выпуск отрасли «Торговля»;

$y_{0l}^S$  – суммарная по всем продуктам величина конечного потребления домашних хозяйств, исчисленная в основных ценах. В эту сумму по строкам, относящимся к видам транспорта, входят только компоненты, входящие в потребление непосредственно, то есть не в виде наценок;

Индекс «1» для  $\beta_1$  указывает, что эта величина относится к перевозкам, выполняемым по категории качества «обычное». Все величины, входящие в правую часть (9.20), определяются по данным отчетного межотраслевого баланса.

Для упрощения расчетов рассматриваемого здесь эффекта и имея в виду сугубо ориентировочный характер этих расчетов, будем считать, что величина  $\beta_1$  по времени не меняется, то есть является инвариантом.

Положим по определению

$$\beta_k = \beta_1 \zeta_k \quad k = 2, 3, 4 \quad (9.21)$$

где:  $\zeta_k$  – коэффициент повышения железнодорожного тарифа на перевозки качества  $k$ .

Параметры  $\beta_k$ ,  $k = 2, 3, 4$  могут меняться во времени, если и только если меняются во времени коэффициенты повышения тарифа по категориям качества, то есть величины  $\zeta_k$ ,  $k = 2, 3, 4$ .

Используя формулу (9.18) при  $k = 2, 3, 4$  и каждом  $t$ , получаем окончательное выражение для непосредственно входящих в затраты отрасли «Торговля» компонентов коэффициентов прямых затрат продукции «перевозки грузовым железнодорожным транспортом»:

$$\hat{w}_{ii^{r11}}^{ID} = \frac{1}{x_{j^{Rt}}} \sum_{i \in I^{good}} tr_{ii^{r11}}^{Rt, hh} y_{il}^S = \frac{y_{il}^S}{x_{j^{Rt}}} \sum_{i \in I^{good}} tr_{ii^{r11}}^{Rt, hh} s_{ii} \quad \forall t, \quad (9.22)$$

при этом величина  $\beta_k$ , входящая в формулу (9.18) для  $tr_{ii^{r11}}^{Rt, hh}$ , определяется по формулам (9.21), (9.20).

Для расчета аналогичных компонентов коэффициентов прямых затрат, относящихся к другим, кроме железнодорожного, видам грузового транспорта, в формулу (9.22) вместо  $tr_{ii^{r11}}^{Rt, hh}$  подставляется  $tr_{ii^{rk}}^{Rt, hh}$ , где  $r$  – номер вида грузового транспорта ( $r=2$  – автомобильный,  $r=3$  – трубопроводный и т.д.), при этом в формулу (9.18) вместо  $\beta_k$  подставляется  $\beta_{1r}$ , определяемая по формулам (9.21), (9.20) с заменой  $i_1^{rw}$  на  $i_r^{tr}$ . Таким образом, с учетом того, что продукция других, кроме грузового железнодорожного, видов транспорта в модели не подразделяется по категориям качества перевозок, получается формула

$$\hat{w}_{ii^{rj^{Rt}}}^{ID} = \frac{y_{il}^S}{x_{j^{Rt}}} \sum_{i \in I^{good}} tr_{ii^{rk}}^{Rt, hh} s_{ii} \quad \forall t, \quad r = 2, \dots, n^{tr} \quad (9.23)$$

где:  $n^{tr}$  – количество видов грузового транспорта;

$i_r^{tr}$  – индекс (номер позиции в номенклатуре межотраслевого баланса) вида грузового транспорта.

Компоненты коэффициентов прямых затрат, создаваемые наценками на товары, использованные в производственной деятельности самой отрасли «Торговля», определяются общим для всех отраслей образом (см. 7.2.5).

Таким образом, формулы (7.109) – (7.114) и (9.15) – (9.23) полностью определяют все элементы строк «железнодорожные грузовые перевозки по категориям их качества»

В завершение рассмотрим вопрос о транспортных наценках на стоимость товаров, направляемых на экспорт. С коэффициентами прямых затрат, которым посвящен настоящий раздел, этот вопрос формально не связан, но методический подход к определению этих транспортных наценок близок к рассмотренному здесь.

Исходя из реальной продуктовой структуры российского экспорта, принимаем допущение, что транспортировку экспортируемых товаров по территории России оплачивают производители этих товаров, они же и принимают решение, использовать ли для этой транспортировки железнодорожные перевозки повышенного качества и какую долю общего объема таких перевозок переключить с «обычного» качества на «повышенное» той или иной конкретной категории качества. Эффект от использования железнодорожных

грузовых перевозок повышенного качества при этом получают производители экспортируемых товаров в виде сокращения у них запасов готовой продукции, направляемой на экспорт. По аналогии с перевозками внутренним потребителям считаем, что из-за технических отказов локомотивов и грузовых вагонов некоторая часть перевозок, принятых железнодорожным перевозчиком на условиях повышенного качества, фактически выполняется с нарушением установленных параметров таких перевозок. Это влечет за собой снижение тарифа до уровня «обычного» и, кроме того, выплату перевозчиком клиенту-отправителю неустойки.

При сделанных предположениях удельная на единицу цены FOB товара транспортная наценка определяется способом, аналогичным принятому при выводе формулы (9.13) с дополнительным учетом того, что сокращается только часть запаса готовой продукции, пропорциональная доле объема товара, направляемого на экспорт, в общем объеме его выпуска. В результате получаем формулу

$$tr_{i1k_i}^{Exp} = tr_{i11}^{Exp} \zeta_{k_i} \gamma_{i1k_i}^{Exp} + tr_{i11}^{Exp} \left( \bar{\gamma}_{i1k_i}^{Exp} - \gamma_{i1k_i}^{Exp} \right) - \frac{\Delta FS_{ii}^{hqu}}{x_{ii}} \quad \forall t \text{ и } i \in I^{\text{good}}, k_i \in \{2,3,4\} \quad (9.24)$$

Ранее были получены формулы, которые для сочетания позиций «экспорт» и «железнодорожные грузовые перевозки категории качества  $k$ » принимают вид:

$$\Delta FS_{ii}^{hqu} = \left( x_{ii} \psi_{iiq_{Exp}k_i}^{fs} - x_{(t-1)i} \psi_{(t-1)iq_{Exp}k_i}^{fs} \right) \quad \forall t \text{ и } i \in I^{\text{good}}, k_i \in \{2,3,4\} \quad (9.25)$$

$$\psi_{iiq_{Exp}k_i}^{fs} = \psi_i^{fs} - \Delta \psi_{iiq_{Exp}k_i}^{fs} = \psi_i^{fs} \left( 1 - \gamma_{iiq_{Exp}k_i} \right) + \psi_i^{fs, \min} \gamma_{iiq_{Exp}k_i} \quad \forall t \text{ и } i \in I^{\text{good}}, k_i \in \{2,3,4\} \quad (9.26)$$

$$\gamma_{iiq_{Exp}k_i} = \bar{\gamma}_{iiq_{Exp}k_i} \left( 1 - \bar{\rho}_{tk_i} \right) \quad \forall t \text{ и } i \in I^{\text{good}}, k_i \in \{2,3,4\} \quad (9.27)$$

Подставляя (9.25) – (9.27) в (9.24) и выполнив соответствующие тождественные преобразования, получаем следующую формулу для удельной на единицу стоимости FOB экспортного товара транс-

портной наценки, создаваемой перевозками повышенного качества

$$tr_{iiq_{Exp}1k_i}^{fu} = tr_{iiq_{Exp}11}^{fu} \frac{x_{ii} \bar{\gamma}_{iiq_{Exp}k_i}^{fu} \left( \zeta_{k_i} \left( 1 - \bar{\rho}_{tk_i} \right) + \bar{\rho}_{tk_i} \right)}{\left( x_{ii} - f \left( y_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\gamma}_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\rho}_{tk_i}, \psi_i^{fs}, \psi_i^{fs, \min} \right) \right)} - \frac{f \left( y_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\gamma}_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\rho}_{tk_i}, \psi_i^{fs}, \psi_i^{fs, \min} \right) \left( 1 - tr_{iiq_{Exp}}^{fu} - tx_{iiq_{Exp}}^{fu} \right)}{\left( x_{ii} - f \left( y_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\gamma}_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\rho}_{tk_i}, \psi_i^{fs}, \psi_i^{fs, \min} \right) \right)} - \frac{f \left( y_{(t-1)iq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\gamma}_{(t-1)iq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\rho}_{(t-1)k_i}, \psi_i^{fs}, \psi_i^{fs, \min} \right) \left( 1 - tr_{(t-1)iq_{Exp}}^{fu} - r_{(t-1)iq_{Exp}}^{fu} - tx_{(t-1)iq_{Exp}}^{fu} \right)}{\left( x_{ii} - f \left( y_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\gamma}_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\rho}_{tk_i}, \psi_i^{fs}, \psi_i^{fs, \min} \right) \right)} \quad (9.28)$$

где:  $tr_{iiq_{Exp}11}^{fu}$  – удельная транспортная наценка на единицу стоимости направляемого на экспорт товара  $i$ , при перевозке его железнодорожным транспортом по категории качества «обычное»;

$f(\cdot), f_1(\cdot), f_2(\cdot)$  – обозначения, определяемые следующими формулами:

$$f \left( y_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\gamma}_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\rho}_{tk_i}, \psi_i^{fs}, \psi_i^{fs, \min} \right) = f_1 \left( y_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\gamma}_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\rho}_{tk_i}, \psi_i^{fs} \right) + f_2 \left( y_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\gamma}_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\rho}_{tk_i}, \psi_i^{fs, \min} \right) \quad (9.29)$$

$$f_1 \left( y_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\gamma}_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\rho}_{tk_i}, \psi_i^{fs} \right) = \left( y_{iiq_{Exp}}^{FOB} \bar{\gamma}_{iiq_{Exp}}^{FOB} \left( 1 - \bar{\rho}_{tk_i} \right) \right) \cdot \left( 1 - \bar{\gamma}_{iiq_{Exp}}^{FOB} \left( 1 - \bar{\rho}_{tk_i} \right) \right) \psi_i^{fs} \quad (9.30)$$

$$f_2 \left( y_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\gamma}_{iiq_{Exp}}^{FOB}, \bar{\rho}_{tk_i}, \psi_i^{fs, \min} \right) = \left( y_{iiq_{Exp}}^{FOB} \bar{\gamma}_{iiq_{Exp}}^{FOB} \left( 1 - \bar{\rho}_{tk_i} \right) \right) \cdot \bar{\gamma}_{iiq_{Exp}}^{FOB} \left( 1 - \bar{\rho}_{tk_i} \right) \psi_i^{fs, \min} \quad (9.31)$$

Остальные обозначения приведены в формулах (9.4), (9.8), (9.9).

Принимаем, что объем услуг железнодорожного транспорта, входящий в объем экспорта непосредственно (то есть, не в виде наценок на экспортируемые товары), целиком относится к категории качества «обычное»:  $\hat{w}_{iiq_{Exp}}^{gn} = 0 \quad \forall t, k = 2,3,4$ .

Таким образом, закончено рассмотрение вопроса об определении удельных транспортных наценок, создаваемых железнодорожными грузовыми перевозками повышенного качества.

### 9.5.2.2 Столбцы, относящиеся к грузовым железнодорожным перевозкам

Таких столбцов 4 – по количеству категорий качества перевозок. Здесь рассматриваются все элементы этих столбцов, кроме элементов, относящихся к услугам локомотивов и грузовых вагонов. Совокупность этих последних элементов рассматривается в следующем разделе.

Для перевозок, относящихся к категории качества «обычные» ( $k=1$ ), отказы локомотивов и грузовых вагонов не влияют ни на получаемый доход перевозчика, ни на его затраты каждого из используемых им продуктов, поэтому  $w_{ij_1^{sa}} = \bar{w}_{ij_1^{rw}} \quad \forall i$  и  $x_{j_1^{rw}} = \bar{x}_{j_1^{rw}}$ .

Для перевозок, относящихся к категориям качества «повышенное» ( $k=2,3,4$ ), от отказов локомотивов и грузовых вагонов зависят доход перевозчика, а также его затраты на оплату услуг локомотивов и грузовых вагонов. Остальные виды затрат этих перевозчиков не зависят от упомянутых отказов. Вследствие зависимости дохода перевозчика от отказов локомотивов и грузовых вагонов зависят от этого фактора и все коэффициенты прямых затрат по столбцам, относящимся к грузовым перевозкам, выполняемым по категориям качества «повышенное».

В соответствии с принятыми нами предположениями затраты на оплату железнодорожных грузовых перевозок повышенного качества, входящие в общую сумму производственных затрат непосредственно (не в виде наценок), отличны от 0 только для вида деятельности «Торговля». Аналогичные компоненты затрат во всех направлениях конечного использования также равны 0.

Доход вида деятельности «железнодорожные грузовые перевозки категории качества  $k=2,3,4$ » с учетом применения повышенных тарифов и выплаты неустоек за выполнение части таких перевозок с нарушением требований к их качеству, равен

$$x_{j_k^{rw}} = \sum_{j \in \{1, \dots, n\} \setminus j^{Rt}} \left( \sum_{i \in I^{good}} w_{ij}^{ID} tr_{ij1k}^{ID} x_{ij} \right) + \left( \widehat{w}_{ik}^{ID} j^{Rt} + \sum_{i \in I^{good}} w_{ij^{Rt}}^{ID} tr_{ij^{Rt}1k}^{ID} x_{ij^{Rt}} \right) + \sum_{i \in I^{good}} tr_{iiqExp1k}^{fu} y_{iiq}^{FOB} \quad k = 2, 3, 4 \quad (9.32)$$

Если бы неустоек, вызываемых техническими отказами локомотивов и грузовых вагонов, не было, то доход, который при этом получил бы перевозчик за выполнение перевозок повышенного качества, определялся бы формулой (9.32) при подстановке в нее значений  $tr_{ij1k}^{ID}$ ,  $\widehat{w}_{ik}^{ID} j^{Rt}$  и  $tr_{iiqExp1k}^{fu}$ , определяемых формулами (9.13), (9.9), (9.12) при  $\widehat{\rho}_{tk_i} = 0$  и  $\gamma = \bar{\gamma}$ . Обозначим эту потенциально возможную величину дохода перевозчика через  $\bar{x}_{j_k^{rw}}$ . Потеря дохода перевозчика, вызываемая совокупностью всех технических отказов локомотивов и грузовых вагонов (loss failure), равна

$$lf_{j_k^{rw}} = \bar{x}_{j_k^{rw}} - x_{j_k^{rw}} \quad k = 2, 3, 4 \quad (9.33)$$

Эта потеря взыскивается перевозчиком с владельцев локомотивов и грузовых вагонов пропорционально «вкладу» каждого из них в потерю дохода. Отметим, что величины  $lf_{j_k^{rw}}$ ,  $\bar{x}_{j_k^{rw}}$ ,  $x_{j_k^{rw}}$ , будучи искомыми, сами зависят от совокупности искомых величин  $x_{ij} \quad j = 1, \dots, n$  и  $y_{iiq}^{FOB} \quad i \in I^{good}$ .

Обозначим, как обычно, через  $X_{ij_k^{rw}} \quad i = 1, \dots, n$  полную (не удельную) величину затрат перевозчика, выполняющего перевозки по категории качества  $k$ , на оплату приобретаемого продукта  $i$ , в том числе услуг локомотивов и грузовых вагонов, относящихся к возрастной группе  $l$ , –  $X_{ii^{loc} j_k^{rw}}$ ,  $X_{ii^{car} j_k^{rw}} \quad l = 1, 2, 3$ . Аналогичные величины, относящиеся к потенциально-возможной ситуации отсутствия отказов, обозначим надчеркиванием сверху. Тогда

$$X_{ii^{loc} j_k^{rw}} = \bar{X}_{ii^{loc} j_k^{rw}} \left( 1 - \frac{\alpha_{il}^{loc} \rho_l^{loc}}{\widehat{\rho}_{tk}} (\bar{x}_{j_k^{rw}} - x_{j_k^{rw}}) \right) \quad l = 1, 2, 3 \quad k = 2, 3, 4 \quad (9.34)$$

$$X_{ii^{car} j_k^{rw}} = \bar{X}_{ii^{car} j_k^{rw}} \left( 1 - \frac{\alpha_{il}^{car} \rho_l^{car}}{\widehat{\rho}_{tk}} (\bar{x}_{j_k^{rw}} - x_{j_k^{rw}}) \right) \quad l = 1, 2, 3 \quad k = 2, 3, 4 \quad (9.35)$$

$$X_{ij_k^{rw}} = \bar{X}_{ij_k^{rw}} \quad \forall i : i \notin I^{Rw} \quad k = 2, 3, 4 \quad (9.36)$$

$$w_{ij_k^{rw}} = \frac{X_{ij_k^{rw}}}{x_{j_k^{rw}}} \quad i = 1, \dots, n \quad k = 2, 3, 4 \quad (9.37)$$

Напомним, что, по определению,

$$\bar{X}_{ii^{loc} j_k^{rw}} = \bar{w}_{ii^{loc} j_k^{rw}} \bar{x}_{j_k^{rw}} \quad (9.38)$$

$$\bar{X}_{i_l^{car} j_k^{rw}} = \bar{w}_{i_l^{car} j_k^{rw}} \bar{x}_{j_k^{rw}} \quad (9.39)$$

где  $\bar{w}_{i_l^{loc} j_k^{rw}}$ ,  $\bar{w}_{i_l^{car} j_k^{rw}}$  определяются общим порядком, изложенным в 7.2.4.2.

На этом закончено определение всех коэффициентов прямых затрат, входящих в столбцы «грузовые перевозки повышенного качества».

### 9.5.2.3 Столбцы, соответствующие услугам локомотивов и грузовых вагонов

Каждая возрастная группа локомотивов, грузовых вагонов представлена отдельным столбцом, абсолютная (не удельная) величина затрат в каждом таком столбце уже включает потери, связанные с отказами. В пределах одной и той же возрастной группы удельное количество отказов остается постоянным во всех периодах (базовом и прогнозных), однако удельный доход от единицы натурального объема работы локомотивов, вагонов может меняться, что и ведет к пропорциональному изменению всех коэффициентов прямых затрат по столбцу. Изменение удельного дохода при неизменной цене на услугу определяется тем, что с течением времени может меняться распределение натурального объема работы локомотивов, грузовых вагонов одной возрастной группы между перевозками различных категорий качества, а удельные потери дохода, вызываемые отказами, даже для одной возрастной группы разные при использовании ее в перевозках разных категорий качества.

Доход предприятий, предоставляющих услуги локомотивов, грузовых вагонов, складывается из оплаты этих услуг перевозчиками, выполняющими перевозки всех категорий качества. Доход, полученный от предоставления услуг локомотивов одной возрастной группы в сумме всем перевозчикам, выполняющим перевозки по категориям качества  $k=1,2,3,4$ , с учетом потерь дохода, вызываемых отказами локомотивов, представляет собой выпуск вида деятельности «услуги грузовых локомотивов, относящихся к возрастной группе  $l$ ». Эта величина равна

$$x_{i_l^{loc}} = \sum_{k=1}^4 X_{i_l^{loc} j_k^{rw}} = \sum_{k=1}^4 w_{i_l^{loc} j_k^{rw}} x_{j_k^{rw}} \quad l=1,2,3 \quad (9.40)$$

При полном отсутствии потерь дохода, вызываемых техническими отказами локомотивов, доход от предоставления их услуг равнялся бы

$$\bar{x}_{i_l^{loc}} = \sum_{k=1}^4 \bar{X}_{i_l^{loc} j_k^{rw}} = \sum_{k=1}^4 \bar{w}_{i_l^{loc} j_k^{rw}} \bar{x}_{j_k^{rw}} \quad l=1,2,3 \quad (9.41)$$

где  $\bar{w}_{i_l^{loc} j_k^{rw}}$  – коэффициенты прямых затрат на оплату услуг локомотивов на единицу объема выпуска перевозчиков, осуществляющих грузовые перевозки категории качества  $k$ , при условии отсутствия потерь дохода, вызываемых техническими отказами локомотивов.

Величины  $w_{i_l^{loc} j_k^{rw}}$  определяются общим порядком, изложенным в разделе 7.2.4.2. Далее здесь изучается зависимость коэффициентов прямых затрат по столбцу «услуги локомотивов, относящихся к возрастной группе  $l$ »  $w_{ij_l^{loc}}$  от  $\bar{w}_{i_l^{loc} j_k^{rw}}$ ,  $\rho_{lk}^{loc}$ ,  $\rho_{lk}^{car}$  и от других параметров.

Удельные в расчете на единицу натурального объема работы локомотивов расходы каждого из продуктов уже включают затраты, связанные с техническими отказами и восстановлением работоспособности локомотивов, величина этих расходов различна для разных возрастных групп, но не зависит от величины удельного дохода. Поэтому влияние отказов на коэффициенты прямых затрат, входящие в столбец, относящийся к одной возрастной группе локомотивов, заключается в умножении значений коэффициентов, имевших место при отсутствии отказов, на соотношение дохода при отсутствии и наличии отказов, то есть, на корректирующий коэффициент, равный

$$\eta_{il}^{loc} = \frac{\bar{x}_{i_l^{loc}}}{x_{i_l^{loc}}} = \frac{x_{i_l^{loc}} + \sum_{k=2}^4 l f_{j_k^{rw}} \frac{\alpha_{uk}^{loc} \rho_{lk}^{loc}}{\rho}}{x_{i_l^{loc}}} \quad \forall t \in l=2,3 \quad (9.42)$$

где  $l f_{j_k^{rw}}$  – потеря дохода перевозчика, выполняющего перевозки по категории качества  $k$ , вызванная отказами локомотивов, относящихся к возрастной группе  $l$  (формула (9.33)).

Теперь полагаем

$$w_{ij_l^{loc}} = \bar{w}_{ij_l^{loc}} \eta_{il} \quad \forall i \quad l=2,3 \quad (9.43)$$

$$w_{ij_l^{loc}} = \bar{w}_{ij_l^{loc}} \quad \forall i$$

Аналогично для столбцов «услуги грузовых вагонов, относящихся к возрастной группе  $l$ »:

$$\eta_{it}^{\text{car}} = \frac{\bar{x}_{it}^{\text{car}}}{x_{it}^{\text{car}}} = \frac{x_{it}^{\text{car}} + \sum_{k=2}^4 l f_{ijk}^{\text{rw}} \frac{\alpha_{ik}^{\text{car}} \rho_{lk}^{\text{car}}}{\rho}}{x_{it}^{\text{car}}} \quad \forall t \quad l=2,3 \quad (9.44)$$

$$\begin{aligned} w_{ijl}^{\text{car}} &= \bar{w}_{ijl}^{\text{car}} \eta_{il} \quad \forall i \quad l=2,3 \\ w_{ij1}^{\text{car}} &= \bar{w}_{ij1}^{\text{car}} \quad \forall i \end{aligned} \quad (9.45)$$

На этом закончено определение коэффициентов прямых затрат по столбцам «услуги локомотивов, относящихся к возрастной группе  $l$ » и «услуги грузовых вагонов, относящихся к возрастной группе  $l$ ».

### 9.5.3 Перекрестное влияние отказов локомотивов и грузовых вагонов на их производительность

Влияние отказов локомотивов на их производительность, также как и влияние отказов грузовых вагонов на их производительность уже учтены в функциях  $f_{jloc}^{\text{tl}, \varphi}(t^b)$ ,  $f_{jcar}^{\text{age}, \varphi}(\tau)$ . Здесь же рассматривается перекрестное влияние отказов грузовых вагонов на производительность локомотивов и отказов локомотивов на производительность грузовых вагонов.

Частота отказов локомотивов и вагонов и продолжительность вызываемых этими отказами простоев поездов зависят от возраста локомотивов и вагонов соответственно. Поэтому потери производительности локомотивов, вызванные отказами грузовых вагонов, зависят от распределения работы локомотивов по возрастным группам грузовых вагонов и, аналогично, потери производительности грузовых вагонов, вызываемые отказами локомотивов, зависят от распределения работы грузовых вагонов по возрастным группам обслуживающих локомотивов. В свою очередь, распределения работы локомотивов и вагонов по их возрастным группам различны для разных категорий качества перевозок.

Обозначим:

$\delta_{jcar}^{\text{loc}}$  – доля потерь времени локомотивов при задержке поезда, вызываемых отказами грузовых вагонов в предположении, что все вагоны в составе поезда относятся к  $l$ -й возрастной группе. Эта доля задана экзогенно отдельно для каждой возрастной группы вагонов, она не зависит от возраста локомотива, следующего с этим поездом;

$\delta_{jloc}^{\text{car}}$  – доля потерь времени грузовых вагонов при задержке поезда, вызываемой отказом локомотива, относящимся к  $l$ -й возрастной группе. Эта доля задана экзогенно отдельно для каждой возрастной группы локомотивов, она не зависит от возраста вагонов, следующих в составе этого поезда.

Величины  $\delta_{jcar}^{\text{loc}}$ ,  $\delta_{jloc}^{\text{car}}$  не зависят от того, к какой категории качества перевозок относится поезд.

Распределение объемов работы локомотивов по категориям качества перевозок определяется формулой

$$\mu_{ik}^{\text{loc}} = \frac{\sum_{l=1}^3 \bar{x}_{it}^{\text{loc}} \bar{t}_{jk}^{\text{loc}, \text{rw}}}{\sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^3 \bar{x}_{it}^{\text{loc}} \bar{t}_{jk}^{\text{loc}, \text{rw}}} \quad k=1, \dots, 4 \quad (9.46)$$

Аналогично для грузовых вагонов

$$\mu_{ik}^{\text{car}} = \frac{\sum_{l=1}^3 \bar{x}_{it}^{\text{car}} \bar{t}_{jk}^{\text{car}, \text{rw}}}{\sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^3 \bar{x}_{it}^{\text{car}} \bar{t}_{jk}^{\text{car}, \text{rw}}} \quad k=1, \dots, 4 \quad (9.47)$$

где  $\bar{x}_{it}^{\text{loc}, \text{rw}}$ ,  $\bar{x}_{it}^{\text{car}, \text{rw}}$  – полные (не удельные) затраты на оплату услуг локомотивов, вагонов, используемых в перевозках категории качества  $k$ . Эти величины определены выше по формулам (9.38), (9.39).

Для локомотивов любой возрастной группы относительная величина потерь их времени работы, вызываемых отказами грузовых вагонов, средневзвешенная по распределениям работы вагонов по их возрастным группам при выполнении перевозок каждой из категорий качества и по распределению объема работы вагонов по категориям качества перевозок равна

$$\hat{\delta}^{\text{loc}} = \sum_{k=1}^4 \left( \mu_k^{\text{car}} \sum_{l=1}^3 \xi_{il}^{\text{ID}} \delta_l^{\text{loc}} \right) \quad (9.48)$$

где  $\left\{ \xi_{il}^{\text{ID}} \right\}_{\substack{k=1,2,3,4 \\ l=1,2,3}}$  – распределения объемов работы вагонов по их возрастным группам в каждой из категорий качества перевозок (экзогенно заданные или управляемые параметры).

Аналогичная формула для относительной величины потерь времени работы вагонов, вызываемых отказами локомотивов, имеет вид

$$\hat{\delta}^{\text{car}} = \sum_{k=1}^4 \left( \mu_k^{\text{loc}} \sum_{l=1}^3 \xi_{l'}^{\text{loc}} \xi_{l''}^{\text{ID}} \delta_l^{\text{car}} \right) \quad (9.49)$$

Рассматриваемые здесь потери времени работы локомотивов и вагонов приводят к снижению их производительности. В модели это учитывается умножением фондоемкости выпуска услуг локомотивов, вагонов, определяемой общим порядком, приведенным в 7.2.8, на множитель вида  $\frac{1}{1 - \hat{\delta}^{\text{loc}}}$ ,  $\frac{1}{1 - \hat{\delta}^{\text{car}}}$ .

### 9.6 Учет влияния соотношения объемов производственных фондов по видам деятельности железнодорожного транспорта на фондоемкость его продукции

Необходимость учета рассматриваемых здесь соотношений определяется следующими факторами.

1. Уровень развития общепромышленной инфраструктуры железнодорожного транспорта (количество главных путей на перегонах, приемоотправочных и сортировочных путей на станциях, конструкция и техническое состояние пути и контактной сети, специальных сортировочных устройств) существенно влияет на возможность реализации паспортных значений силы тяги и скорости движения локомотивов, на среднюю скорость продвижения поездов и вагонов. Это влияние существенно усиливается при заполнении пропускной способности инфраструктуры, приближающемся к максимально-возможному уровню.

Естественно, в любой момент времени в составе инфраструктуры присутствуют одновременно элементы с весьма различными уровнями заполнения их пропускной способности. В модели межотраслевого баланса каждый вид деятельности представлен одним элементом (строкой, столбцом), который можно характеризовать только целиком. В качестве обобщенной характеристики уровня загрузки инфраструктуры принято отношение суммарного объема фондов всех видов подвижного состава (локомотивов, грузовых и пассажирских вагонов, мотор-вагонных поездов) к объему фондов общепромышленной инфраструктуры в целом.

2. Для эффективного использования основного элемента общепромышленной инфраструктуры – путевого хозяйства и контактной сети – необходимо иметь достаточную мощность тяговых электроподстанций, а также достаточно развитые системы отображения занятости перегонных и станционных путей, стрелочных переводов, системы технологической связи, автоматического и дистанционного управления стрелками и сигналами, приборами управления энергоснабжением контактной сети. Эти, а также некоторые другие устройства образуют активные фонды общепромышленной инфраструктуры. В качестве показателя достаточности развития указанных обеспечивающих систем в модели используется отношение стоимости активных фондов общепромышленной инфраструктуры к ее пассивным фондам, определяющим ее производственную мощность.
3. Для эффективного использования локомотивов и вагонов численности их парков должны находиться в определенном соотношении. Если фактическое значение такого соотношения отклоняется от рационального, производительность того вида подвижного состава (локомотивов или вагонов), который оказался в относительном избытке, снижается. Влияние этого фактора в модели также учтено через сопоставление фактического соотношения стоимостей парков с рациональным значением такого соотношения. В результате формируется реализованная в модели цепочка связей: снижение производительности локомотивов либо вагонов при нерациональном соотношении их численностей – увеличение фондоемкости их продукции – увеличение объема фондов, представляющих собой стоимость парков – увеличение соотношения стоимостей фондов подвижного состава и инфраструктуры – дальнейшее снижение производительности и увеличение фондоемкости теперь уже одновременно всех видов подвижного состава.
4. Для приема заявок на перевозки от клиентуры и формирования заявок на требуемые для выполнения перевозок услуги инфраструктуры, грузовых вагонов и локомотивов перевозчики должны иметь достаточное количество выполняющих эти функции работников, рабочие места которых должны

быть оборудованы современной офисной техникой, связанной каналами связи с информационной системой управления перевозками и с информационными системами клиентов. Для расположения рабочих мест необходимо иметь служебные помещения. Все это в совокупности определяет необходимый объем производственных основных фондов перевозчиков. В модели достаточность объема указанных фондов характеризуется отношением объема фондов к суммарному по всем категориям качества объему выпуска перевозчиков.

Если отношение, указанное в п. 1, превышает пороговое значение (деятельность подвижного состава не в полной мере обеспечена наличным объемом общепромышленной инфраструктуры), активная фондоемкость услуг подвижного состава всех видов увеличивается.

Если отношение, указанное в п. 2, отклоняется от порогового уровня в меньшую сторону, пассивная фондоемкость продукции инфраструктуры повышается.

Если отношение, указанное в п. 3, отклоняется от порогового уровня в большую сторону, то увеличивается фондоемкость услуг локомотивов в грузовом движении, а при отклонении в меньшую сторону увеличивается фондоемкость услуг грузовых вагонов.

Если отношение, указанное в п. 4, превышает пороговый уровень, то увеличиваются коэффициенты прямых затрат перевозчиков на оплату услуг общепромышленной инфраструктуры, локомотивов в грузовом движении и грузовых вагонов.

Влияние складывающихся отклонений указанных выше соотношений видов фондов от пороговых значений таких соотношений на производственную мощность соответствующего вида деятельности в модели в тех случаях, когда такие отклонения влекут за собой негативные последствия, учтено с помощью коэффициента

$$k^{\text{cob}} = 1 + \eta^{\text{cob}} \left( \frac{\alpha_i}{\bar{\alpha}} - 1 \right) \quad (9.50)$$

где:  $k^{\text{cob}}$  – коэффициент повышения фондоемкости;  
 $\eta^{\text{cob}}$  – относительное повышение фондоемкости в расчете на единицу относительного превышения порогового значения соотношения объемов взаимовлияющих видов фондов (по п. 2 – относительного недостатка);

$\bar{\alpha}$  – пороговое значение соотношения объемов взаимовлияющих видов фондов;

$\alpha_i$  – соотношение объемов взаимовлияющих видов фондов, складывающееся по состоянию на начало года  $t$ .

Величины  $\eta^{\text{cob}}$  могут быть определены, например, проектированием вариантных технологических процессов работы соответствующих производственных объектов при различных значениях соотношения объемов рассматриваемых здесь видов фондов. Впредь до проведения таких исследований можно использовать экспертные оценки.

## 10 Автомобильный транспорт и автомобильные дороги

### 10.1 Общий подход к учету состояния и развития автодорожной сети в модели межотраслевого баланса

Разработанная методика учета в модели прогнозного межотраслевого баланса инвестиций в развитие и поддержание сети автомобильных дорог, получаемых при этом полезных эффектов, а также затрат на содержание и текущий ремонт автодорог, включает следующие основные положения.

Сеть состоит из автомобильных дорог разных технических категорий. Техническая категория новой автомобильной дороги устанавливается проектом ее строительства. В процессе эксплуатации автомобильная дорога может быть реконструирована с переходом в более высокую техническую категорию.

Техническое состояние автомобильных дорог характеризуется обобщенным показателем «ровность»<sup>29</sup>. В модели принято, что для дороги каждой технической категории этот показатель возрастает (ухудшается) в зависимости от ее «возраста», то есть от времени, прошедшего после ввода в эксплуатацию новой или реконструированной дороги, или от времени после последнего ее капитального ремонта. Начальное значение ровности, ее предельно допустимое значение и темп его ро-

<sup>29</sup> Так по традиции называют показатель, в действительности представляющий собой характеристику именно неровности дороги, то есть наличие и размеры выбоин, трещин и других дефектов покрытия автомобильной дороги, этот показатель увеличивается при ухудшении технического состояния дороги.

ста внутри этих пределов зависят от технической категории дороги. Потребность в проведении капитального ремонта дороги в модели определяется достижением соответствующего нормативного «возраста» после ее сооружения, реконструкции или капитального ремонта. Однако в реальных российских условиях потребность в капитальных ремонтах автодорог не всегда удовлетворяется полностью, регулярно возникает задолженность по объемам необходимых капитальных ремонтов. При реконструкции дороги с переходом ее в более высокую техническую категорию потребность в ее капитальном ремонте отпадает. В модель включены уравнения, описывающие динамику суммарной протяженности дорог каждой технической категории, и уравнения динамики задолженности по объемам капитальных ремонтов. Введены также уравнения, описывающие динамику ровности дорог каждой из технических категорий с учетом фактически выполняемых объемов работ по капитальным ремонтам дорог.

Ровность дороги влияет на среднюю скорость движения автомобилей, на удельные затраты по эксплуатации и текущему содержанию автомобиля. Техничко-эксплуатационное состояние автомобильной дороги характеризуется соотношением интенсивности автомобилепотока и ее технических параметров, определяемых ее технической категорией и текущим значением ровности. Влияние технико-эксплуатационного состояния автомобильной дороги на параметры межотраслевого баланса учитывается с помощью введения функций, описывающих зависимости скорости автомобилепотока от технического состояния дороги и от суммарной по всем видам автомобилей интенсивности автомобилепотока. Введены также функции зависимости затрат на эксплуатацию и ремонт автомобилей от технического состояния дороги, затрат на содержание и текущий ремонт автодороги от времени,

Моделирование транспортно-эксплуатационного состояния сети автомобильных дорог усложняется тем, что столбцы «Услуги автомобильного транспорта» (грузового и пассажирского) описывают, в соответствии с принятой методологией формирования межотраслевого баланса, одноименные «чистые отрасли». Состав этих отраслей значительно шире, чем используемое в транспортной статистике понятие «транспорт общего пользования», но в то же время значительно уже, чем совокупность

всех автомобилей, работающих в отраслях экономики. Кроме автомобилей, работающих в составе чистой отрасли «Автомобильный транспорт», имеется большое количество автомобилей, работающих в составе практически всех других отраслей экономики, где они непосредственно включены в технологические процессы производства продукции отраслей. Для краткости далее такие автомобили будем называть технологическими. Затраты по эксплуатации и ремонту технологических автомобилей входят в общий состав затрат отрасли, использующей эти автомобили, и никак в этом составе не выделены. Ни в транспортной, ни в общеэкономической статистике в их нынешнем состоянии нет никаких данных о распределении парка технологических автомобилей по отраслям экономики, ни, тем более, об аналогичном распределении объема транспортной работы этого парка и о связанных с этой работой затратах. Однако эти данные необходимы для корректировки столбцов коэффициентов прямых затрат отраслей, использующих технологические автомобили, связанной с изменением технико-эксплуатационного состояния сети автодорог. В модели эти данные определяются с привлечением экспертных оценок.

Инвестиции, направляемые на улучшение технико-эксплуатационного состояния автомобильных дорог, имеют непосредственным своим следствием повышение скоростей движения потоков грузовых автомобилей, автобусов и легковых автомобилей. Это ведет к изменению себестоимости перевозок и производительности грузовых автомобилей и автобусов, а, следовательно, и численностей их эксплуатируемых парков. В силу принятого предположения это ведет также к увеличению годового пробега легковых автомобилей, находящихся в индивидуальном пользовании домашних хозяйств.

Улучшение технического состояния местных автомобильных дорог ведет, наряду с другими последствиями, к сокращению потерь во время перевозки сельскохозяйственной продукции (в первую очередь – продукции растениеводства), а также потерь минеральных и химических удобрений. Если продукция сельского хозяйства закупается торговыми (заготовительными) организациями непосредственно на производственных складах, то потери продукции в процессе ее перевозки от про-

изводственных складов до мест постоянного хранения входят в состав производственных затрат отрасли «Торговля». В результате сокращения потерь уменьшается (при неизменных ценах) коэффициент прямых затрат продукции растениеводства в столбце «Торговля», что может служить основанием для снижения удельных торговых наценок на стоимость перевозимой продукции растениеводства. Если сельскохозяйственные предприятия своими силами доставляют свою продукцию на склады постоянного хранения, то сокращение потерь продукции в процессе ее перевозок приводит к увеличению объема и стоимости реализованной продукции, что в модели межотраслевого баланса отражается уменьшением коэффициента прямых затрат растениеводческой продукции на ее производство, то есть соответствующего диагонального элемента матрицы коэффициентов прямых затрат. Минеральные и химические удобрения закупаются сельскохозяйственными предприятиями на складах постоянного их хранения, они доставляются на производственные склады силами и средствами этих предприятий. Сокращение потерь удобрений в процессе их перевозок по местным автодорогам от складов постоянного хранения к производственным складам позволяет при тех же затратах на приобретение минеральных удобрений увеличить количество удобрений, вносимых в почву. Это, в свою очередь, ведет к повышению урожайности продуктов растениеводства. В модели межотраслевого баланса повышение урожайности при тех же затратах ведет к пропорциональному снижению коэффициентов прямых затрат всех продуктов, используемых в производстве продукции растениеводства.

Эффект от улучшения технико-эксплуатационного состояния сети автомобильных дорог, получаемый при использовании легковых автомобилей в личных (непроизводственных) целях можно оценить следующим образом. Предполагая, что для легковых автомобилей суммарное за год время нахождения их в движении остается постоянным, изменение их средней скорости движения, вызванное изменением технико-эксплуатационного состояния автомобильных дорог, приводит к пропорциональному изменению величины их годового пробега. Этот пробег рассматривается как компонент «полезности», получаемой домашними хозяйствами.

На основе положений, приведенных выше, разработан алгоритм учета влияния развития автодорог на коэффициенты прямых затрат и фондоемкость продукции чистой отрасли «Автотранспорт» (раздельно грузовой и пассажирский), а также на аналогичные показатели других отраслей, использующих технологические автомобили. Влияние транспортно-эксплуатационного состояния автодорог на скорость движения легковых автомобилей и на затраты по их эксплуатации и ремонту учитывается при оценке полезности (см. раздел 6.1) конечного потребления домашних хозяйств.

## **10.2 Преобразование исходного отчетного баланса к требуемому уровню детализации**

### **10.2.1 Направления преобразования**

В открытой печати Госкомстат РФ публикует отчетные системы таблиц «Затраты – выпуск» по номенклатуре видов продукции, включающей 22 позиции, включая «Транспорт и связь» одной строкой. Для целей данного исследования такая степень агрегирования номенклатуры продуктов не приемлема. Имеющаяся в Госкомстате РФ версия отчетной системы таблиц «Затраты – выпуск», построенная по номенклатуре, включающей 44 позиции, существенно более соответствует требованиям приведенной в данной работе модели, однако и в этой версии весь транспорт представлен 1 позицией. Такая агрегация транспорта не позволяет получить выводы и рекомендации, которые можно было бы применить к реальным хозяйствующим субъектам транспорта. По специальному запросу Института системного анализа Российской академии наук (ИСА РАН) Госкомстат РФ в экспериментальном порядке разработал и предоставил Институту детализированный вариант отчетной системы таблиц «Затраты – выпуск», основанный на 44-позиционной версии, но с дезагрегацией транспорта по видам. При этом строки были представлены отдельно по грузовому и пассажирскому транспорту (по тем видам транспорта, которые выполняют и грузовые, и пассажирские перевозки), а столбцы были представлены для каждого вида транспорта только в сумме по грузовым и пассажирским перевозкам. Кроме того, для каждого вида грузового транспорта Госкомстатом РФ были в экспериментальном порядке разработаны и представлены Институту системного анализа таблицы транспортных наценок раздельно по видам транспорта.

Полученные в Госкомстате РФ данные были для использования их в данной работе дополнительно дезагрегированы в следующих направлениях:

1) Во I-м квадранте баланса:

- столбец «Автомобильный транспорт» заменен двумя столбцами: «Грузовой автомобильный транспорт» и «Пассажирский автомобильный транспорт (автобусный)»<sup>30</sup>.
- Из столбца «Строительство» выделены три дополнительных столбца:
  - Строительство новых автомобильных дорог,
  - Реконструкция автомобильных дорог,
  - Капитальный ремонт автомобильных дорог.

• Во II-м квадранте:

- a. Из столбца «Конечное потребление домашних хозяйств» выделен столбец «Затраты на приобретение, эксплуатацию и ремонт легковых автомобилей, используемых населением в личных (некоммерческих) целях»;
- b. Из столбца «Валовое накопление основного капитала» выделены столбцы «Затраты на приобретение и капитальный ремонт» раздельно для:

- Грузовых автомобилей,
- Автобусов,

а также:

- «Затраты на постройку новых автомобильных дорог»,
- «Затраты на реконструкцию автомобильных дорог»,
- «Затраты на капитальный ремонт автомобильных дорог».

## 10.2.2 Методика преобразования отчетного баланса

### 10.2.2.1 Разделение столбца «Автомобильный транспорт» на грузовой и пассажирский транспорт

Методический подход к рассматриваемому разделению включает:

- Определение общей для всего автомобильного транспорта структуры затрат на перевозки. При этом матери-

<sup>30</sup> Затраты на приобретение, эксплуатацию и ремонт легковых автомобилей, используемых населением в личных (некоммерческих) целях, входят в состав затрат на конечное потребление домашних хозяйств и рассмотрены ниже. Остальные легковые автомобили – служебные, такси и др. – выполняют небольшой объем работы. Поэтому пассажирский автомобильный транспорт отождествлен с автобусным, в который входят и малые автобусы, работающие в режиме маршрутных.

альные затраты определяются по номенклатуре видов продукции, принятой в рассматриваемом отчетном межотраслевом балансе, а сами материальные затраты исчисляются в основных ценах.

- Общая для всего автомобильного транспорта структура затрат экспертно дифференцируется по грузовым и автобусным перевозкам. Учитываются, в частности, различия удельного расхода топлива и амортизационных отчислений.
- Общая величина затрат на пассажирские перевозки, определяемая по данным, публикуемым Росстатом, распределяется по элементам затрат, а материальные затраты – по видам продуктов в соответствии с полученной на предыдущем шаге структурой затрат на пассажирские перевозки. Полученные значения представляют собой элементы затрат по номенклатуре баланса, исчисленные в ценах покупателей.
- Полученные величины элементов затрат пересчитываются из цен покупателей (цен приобретения) в основные цены по методике, приведенной в разделе 7.2.3.1. В результате выполнения этого шага сформирован столбец «Пассажирский автомобильный транспорт»
- Вычитая из столбца «Автомобильный транспорт» рассчитанный нами столбец «Пассажирский автомобильный транспорт» получаем столбец «Грузовой автомобильный транспорт». Тем самым дезагрегация столбца «Автомобильный транспорт» на грузовой и пассажирский завершена.

### 10.2.2.2 Выделение столбцов, соответствующих различным видам автодорожного строительства, из столбца «Строительство»

Из столбца «Строительство» необходимо выделить столбцы «Строительство новых автомобильных дорог», «Реконструкция автомобильных дорог», «Капитальный ремонт автомобильных дорог»<sup>31</sup>. Необходимость выделения этих столбцов из столбца «Строительство» определяется тем, что структура затрат на указан-

<sup>31</sup> Затраты на остальные виды ремонта автомобильных дорог учитываются в составе столбца «Шоссейной хозяйство».

ные виды автодорожного строительства существенно отличается от средневзвешенной структуры всего строительства.

В новом автодорожном строительстве значительно выше среднего удельный вес затрат, связанных с земляными работами (затраты моторного топлива, потребляемого дорожно-строительными машинами, затраты на их ремонт и амортизацию), значительно ниже среднего удельный вес затрат на сооружение зданий и на приобретение оборудования. Кроме того, удельный вес затрат на строительные материалы изменяется с учетом более низкой, чем средняя, их цены, так как преобладают относительно дешевые материалы (песок, гравий, щебень). Существенно более высоким, чем в среднем по всему строительству, оказывается удельный вес затрат на продукты нефтепереработки, так как, кроме обычных затрат на моторное топливо, сюда входят также затраты на приобретение битума.

Структуры столбцов «Реконструкция автомобильных дорог» и «Капитальный ремонт автомобильных дорог» отличаются от нового строительства вследствие того, что при реконструкции резко сокращается объем земляных работ и доля этих затрат в общей величине затрат, а при капитальном ремонте такие работы практически отсутствуют.

Итог по каждому из указанных трех дополнительных столбцов определяется из отчетности Росавтодора и других заказчиков автодорожного строительства о фактической стоимости работ и объектов соответствующего вида, принятых у всех подрядчиков. Источником исходных данных для определения продуктовой структуры затрат отдельно по новому строительству, реконструкции и капитальному ремонту автодорог могут быть сводные сметные расчеты по типовым проектам соответствующих видов объектов, пересчитанные из цен приобретения в основные цены путем вычитания суммы всех наценок – транспортной, торговой, налоговой. Удельные значения всех наценок принимаются по данным исходного столбца «Строительство». После того, как сформированы все три дополнительных столбца, связанных с автодорожным строительством, их сумма вычитается из исходного столбца «Строительство», в результате получается новый столбец «Строительство, за исключением автодорожного».

Соответственно трем дополнительным столбцам вводятся аналогичные три дополнительные строки. В каждой из дополнитель-

ных строк ненулевым является только элемент, стоящий на пересечении этой строки с соответствующим дополнительным столбцом, выделенным из состава столбца «Валовое накопление основного капитала» (см. ниже).

### 10.2.2.3 Выделение затрат на эксплуатацию, ремонт и приобретение легковых автомобилей из столбца «Конечное потребление домашних хозяйств»

В рамках принятой номенклатуры видов продукции рассматриваемые здесь затраты содержатся в следующих строках:

- «продукция нефтепереработки» – горюче-смазочные материалы,
- «продукция химической и нефтехимической промышленности» – шины,
- «продукция машиностроения и металлообработки» – запасные части, используемые при выполнении ремонта силами владельцев автомобилей, услуги автосервиса, приобретение новых отечественных и впервые ввезенных на территорию России импортных автомобилей<sup>32</sup>.

Содержащиеся в отчетном межотраслевом балансе данные о затратах домашних хозяйств на приобретение продукции нефтепереработки можно практически полностью отнести к затратам на приобретение горюче-смазочных материалов для легковых автомобилей, так как все другие, не связанные с автомобильным транспортом, затраты домашних хозяйств на приобретение продукции нефтепереработки незначительны<sup>33</sup>.

Затраты на приобретение шин, запасных частей и на оплату услуг автосервиса практически пропорциональны затратам на приобретение горюче-смазочных материалов, коэффициент пропорциональности устанавливается экспертным путем на основе опыта эксплуатации индивидуальных легковых автомобилей.

Затраты на приобретение автомобилей можно определить следующим порядком. По данным Росстата о численности автопарка, находящегося в собственности населения, за базовый и предыду-

<sup>32</sup> Затраты на приобретение перепродаваемых внутри России отечественных и импортных автомобилей не входят в затраты сектора «Домашние хозяйства», так как с точки зрения сектора в целом перепродаваемый автомобиль просто переходит от одного домашнего хозяйства к другому.

<sup>33</sup> Затраты индивидуальных владельцев грузовых автомобилей, используемых в коммерческих целях, учтены в столбце «Грузовой автомобильный транспорт».

щий годы определяется прирост численности легковых автомобилей в базовом году. К этой величине прибавляется объем списания в базовом году, он может быть определен экспертным порядком и с привлечением данных ГАИ о количестве снятых с учета автомобилей в связи с выводом их из эксплуатации. Сумма указанных двух величин представляет собой количество легковых автомобилей, приобретенных домашними хозяйствами в соответствующем году. Это количество состоит из двух частей – приобретенных у отечественных производителей и закупленных по импорту. Данные об объеме отечественного производства и об импорте легковых автомобилей, исчисленные в физических единицах, а также о средних ценах приобретения тех и других и о ценах производителей отечественных автомобилей и СИФ-ценах импортных автомобилей публикуются Росстатом. Затраты на приобретение легковых автомобилей, исчисленные в основных ценах, вносятся в строку «продукция машиностроения и металлообработки», а разница между затратами в потребительских ценах и в ценах производителей (импортных ценах) – в соответствующие элементы таблиц «Транспортные наценки», «Торгово-посреднические наценки», «Налоги на использованные продукты».

#### 10.2.2.4 Деагрегация столбца «Валовое накопление основного капитала»

Напомним, что из состава этого столбца в отчетном межотраслевом балансе необходимо выделить столбцы, связанные со следующими видами затрат:

- на приобретение новых грузовых автомобилей,
- на приобретение новых автобусов,
- на капитальный ремонт грузовых автомобилей,
- на капитальный ремонт автобусов,
- на строительство новых автомобильных дорог,
- на реконструкцию автомобильных дорог,
- на капитальный ремонт автомобильных дорог.

Общая величина каждого из указанных видов затрат на приобретение и капитальный ремонт грузовых автомобилей и автобусов определяется, в основном, аналогично, указанному выше порядку определения затрат на приобретение домашними хозяйствами и на

капитальный ремонт принадлежащих им легковых автомобилей. Определенные так общие величины затрат указываются в итоге соответствующего столбца и на его пересечении со строкой «Производство машиностроения и металлообработки», остальные элементы каждого из этих столбцов – нулевые.

Общая величина каждого из указанных видов затрат на автодорожное строительство определяется объемами финансовых ресурсов, выделяемых на строительство новых дорог, на реконструкцию существующих дорог и на их капитальный ремонт. Эти величины включают, в том числе, и сумму всех налогов на стоимость продукции строительства. Транспортные наценки на эту продукцию отсутствуют в принципе, торгово-посреднические наценки отсутствуют в подавляющем большинстве случаев, так что из всех наценок остаются только налоги. Объемы указанных финансовых ресурсов за вычетом налогов образуют итоги соответствующих столбцов конечного использования, эти итоги целиком образуют элементы столбцов, находящиеся на пересечении со строками, относящимися к соответствующему виду строительства. Остальные элементы каждого из рассматриваемых здесь дополнительных столбцов – нулевые.

Вычитая из исходного столбца «Валовое накопление основного капитала» сумму всех рассмотренных здесь дополнительных столбцов, получаем столбец «Валовое накопление основного капитала в отраслях экономики, за исключением автомобильного транспорта и автодорожного хозяйства».

### 10.3 Параметры, характеризующие техническое состояние автомобильных дорог

#### 10.3.1 Состав параметров

Перенумеруем технические категории автомобильных дорог индексом  $k$  в порядке возрастания их технического уровня ( $k=1$  – дорога 5-й технической категории,  $k=2$  – 4-й,  $k=5$  – 1-й и т.д.).

Обозначим:

$t$  – год прогнозного периода;

$L_{tk}$  – прогнозируемая (искомая) суммарная протяженность дорог  $k$ -й категории по состоянию на конец года  $t$ ;

$\bar{L}_{tk}$  – среднегодовая в году  $t$  суммарная протяженность дорог  $k$ -й категории;

$L_{tk}^{skr}$  – прогнозируемая на конец года  $t$  суммарная протяженность дорог  $k$ -й категории с просроченным капитальным ремонтом (shortfall of capital repairs);

$\bar{L}_{tk}^{skr}$  – среднегодовая в году  $t$  суммарная протяженность дорог  $k$ -й категории с просроченным капитальным ремонтом;

$l_{tk}^{new}$  – намечаемый на год  $t$  ввод новых дорог  $k$ -й категории;

$l_{tk}^{rec}$  – намечаемый на год  $t$  ввод дорог, реконструированных (reconstruction) из  $(k-1)$ -й категории в  $k$ -ю;

$l_{tk}^{cr}$  – намечаемая на год  $t$  протяженность дорог  $k$ -й категории, на которых будет выполнен капитальный ремонт (capital repair);

$S_{tk}^{new}$  – объем финансовых ресурсов, выделяемых в году  $t$  на строительство новых дорог  $k$ -й категории;

$S_{tk}^{rec}$  – объем финансовых ресурсов, выделяемых в году  $t$  на реконструкцию дорог из  $(k-1)$ -й категории в  $k$ -ю;

$S_{tk}^{cr}$  – объем финансовых ресурсов, выделяемых в году  $t$  на капитальный ремонт дорог, имеющих  $k$ -ю категорию;

$S_k^m$  – объем финансовых ресурсов, выделяемых в году  $t$  на текущий ремонт и содержание дорог (maintenance), имеющих  $k$ -ю категорию;

$s_k^{new}$  – стоимость нового строительства 1 км дороги  $k$ -й категории;

$s_k^{rec}$  – стоимость реконструкции 1 км дороги с преобразованием ее из  $(k-1)$ -й в  $k$ -ю техническую категорию;

$s_k^{cr}$  – стоимость капитального ремонта 1 км дороги  $k$ -й категории;

$s_k^m$  – нормативная величина затрат на текущий ремонт и содержание 1 км дороги  $k$ -й категории за 1 год;

$\tau_k^{norm}$  – нормативная продолжительность цикла капитальных ремонтов для дороги  $k$ -й категории;

$\rho$  – обобщенный показатель качества дороги, учитывающий ровность дороги и другие ее параметры, существенно влияющие на удельные материальные затраты на передвижение автомобиля и на скорость его передвижения;

$\phi_{tk\tau}$  – доля суммарной протяженности дорог  $k$ -й категории, на которых к расчетному моменту времени  $t$  прошло  $t$  лет после последнего выполненного капитального ремонта, или после ее реконструкции, в результате которой она стала дорогой  $k$ -й категории, или после ввода в эксплуатацию новой дороги  $k$ -й категории.

$g_{tk}$  – средневзвешенная по дорогам  $k$ -й категории суммарная по всем видам автомобилей (грузовых, автобусов, легковых – относя-

щихся к чистой отрасли «Автомобильный транспорт» и «технологических») интенсивность автомобилепотоков в году  $t$ ;

$f^{mf}(\rho, g)$ ,  $f^{mb}(\rho, g)$ ,  $f^{mc}(\rho, g)$  – функции, описывающие зависимость удельных в расчете на 1 автомобиле-км материальных затрат (товаров и услуг) на движение и на текущие ремонты грузовых автомобилей, автобусов, легковых автомобилей от ровности дороги и от интенсивности автомобилепотока;

$f_k^f(\rho)$  – функция, описывающая зависимость удельных на 1 км длины автомобильной дороги категории  $k$  затрат на ее содержание и текущий ремонт от ее технического состояния, интегрально характеризуемого показателем «ровность»;

$f^{lfp}(\rho)$  – функция, описывающая зависимость относительной величины потерь продукции сельского хозяйства (loss in transit of farm produce) при перевозке ее автомобильным транспортом в зависимости от показателя качества территориальных автодорог;

$f^{mcf}(\rho)$  – аналогичная функция для величины потерь минеральных и химических удобрений (mineral and chemical fertilizers), используемых в сельском хозяйстве России;

$A_i^f, A_i^b, A_i^c$  – общая по всей сети автомобильных дорог величина пробега грузовых автомобилей, автобусов, легковых автомобилей в году  $t$ ;

$\gamma_{tk}^f, \gamma_{tk}^b, \gamma_{tk}^c$  – доля общей по всей сети величины пробега грузовых автомобилей, автобусов, легковых автомобилей в году  $t$ , приходящаяся на совокупность всех дорог  $k$ -й категории;

$d_i^f$  – средняя доходная ставка на 1 автомобиле-км грузового автомобиля в году  $t$ ;

$d_i^p$  – то же для автобуса.

Параметры  $s_k^m, s_k^{new}, s_k^{rec}, s_k^{cr}, \tau_k^{norm}, L_{0k}, A_0^f, A_0^b, A_0^c, \gamma_{tk}^f, \gamma_{tk}^b, \gamma_{tk}^c, d_0^f, d_0^p$ , а также функции, описывающие влияние улучшения качества дорог на сокращение указанных выше потерь продукции, и влияние повышения средней скорости движения автомобилей на снижение относительной величины торгово-посреднической наценки на цены некоторых видов продукции (в первую очередь – машиностроения, легкой и пищевой промышленности) в настоящей работе рассматриваются как экзогенно заданные. Величины  $S_{tk}^m, S_{tk}^{new}, S_{tk}^{rec}, S_{tk}^{cr}, L_{tk}, A_t^f, A_t^b, A_t^c, \gamma_{tk}^f, \gamma_{tk}^b, \gamma_{tk}^c, d_t^f, d_t^p$  при  $t = 1, 2, \dots, T$  – искомые.

### 10.3.2 Методика расчета параметров

Примем, что исчисленная в неизменных ценах суммарная по всей сети стоимость незавершенного строительства новых и реконструируемых дорог составляет примерно одинаковую долю от объема финансирования указанных мероприятий. Тогда

$$l_{tk}^{\text{new}} = \frac{S_{tk}^{\text{new}}}{S_k^{\text{new}}} \quad (10.1)$$

$$l_{tk}^{\text{rec}} = \frac{S_{tk}^{\text{rec}}}{S_k^{\text{rec}}} \quad (10.2)$$

Теперь можно определить суммарную протяженность дорог каждой категории по состоянию на конец года  $t$ :

$$L_{tk} = L_{(t-1)k} + l_{tk}^{\text{new}} + l_{tk}^{\text{rec}} - l_{t(k+1)}^{\text{rec}} \quad (10.3)$$

Среднегодовая в году  $t$  протяженность дорог каждой категории равна

$$\bar{L}_{tk} = 0,5(L_{(t-1)k} + L_{tk}) \quad (10.4)$$

Суммарная протяженность дорог каждой категории, на которых в году  $t$  будет выполнен капитальный ремонт, равна

$$l_{tk}^{\text{cr}} = \frac{S_{tk}^{\text{cr}}}{S_k^{\text{cr}}} \quad (10.5)$$

Уравнение баланса задолженности по капитальным ремонтам составим с учетом следующих предположений:

- На совокупности всех таких дорог, которые к началу года  $t$  не имели задолженности по капитальному ремонту, потребность в капитальном ремонте в году  $t$  возникает в объеме, составляющем долю, равную  $1/\tau_k^{\text{norm}}$  от общего протяжения таких дорог (напомним, что  $\tau_k^{\text{norm}}$  – нормативная продолжительность цикла капитальных ремонтов);
- Реконструкция осуществляется только на тех дорогах, которые уже нуждаются в капитальном ремонте.

Тогда объем задолженности по капитальным ремонтам по состоянию на конец года  $t$  можно определить по формуле:

$$L_{tk}^{\text{skr}} = \max \left\{ \left( L_{(t-1)k}^{\text{skr}} + \frac{L_{(t-1)k} - l_{(t-1)k}^{\text{rec}}}{\tau_k^{\text{norm}}} - l_{tk}^{\text{rec}} - l_{tk}^{\text{cr}} \right), 0 \right\} \quad (10.6)$$

Среднегодовая протяженность дорог каждой категории с просроченным капитальным ремонтом равна

$$\bar{L}_{tk}^{\text{skr}} = 0,5(L_{(t-1)k}^{\text{skr}} + L_{tk}^{\text{skr}}) \quad (10.7)$$

В дальнейшем нам потребуется знать распределение общей протяженности дорог по величине «возраста после капитального ремонта» (при проведении на какой-либо дороге капитального ремонта указанный ее «возраст» обнуляется). Будем предполагать, что дороги, не имеющие задолженности по капитальному ремонту, распределены по указанному «возрасту» равномерно, а дороги, имеющие задолженность, распределены на интервале значений «возраста»  $[\tau_k^{\text{norm}} + 1, \dots, \tau_k^{\text{max}}]$  по «закону треугольника», то есть доля каждой возрастной группы равномерно убывает на этом интервале. Здесь  $\tau_k^{\text{max}}$  – максимальный «возраст после капитального ремонта», реально встречающийся на сети в практически значимых объемах. Тогда распределение в каждом году общей протяженности дорог каждой категории по их «возрасту после капитального ремонта» определяется формулой:

$$\phi_{tk\tau} = \begin{cases} \left( 1 - \frac{\bar{L}_{tk}^{\text{skr}}}{L_{tk}} \right) \frac{1}{\tau_k^{\text{norm}}} & 1 \leq \tau \leq \tau_k^{\text{norm}} \\ \frac{\bar{L}_{tk}^{\text{skr}}}{L_{tk}} \cdot \frac{1}{\tau_k^{\text{norm}}} \left( 1 - \frac{\tau - \tau_k^{\text{norm}}}{\tau_k^{\text{max}} - \tau_k^{\text{norm}} + 1} \right) & \tau_k^{\text{norm}} + 1 \leq \tau \leq \tau_k^{\text{max}} \end{cases} \quad (10.8)$$

Обозначим:

$\rho_k^0$  – начальное (минимальное) значение обобщенного показателя ровности на дороге  $k$ -й категории;

$\rho_k^{\text{norm}}$  – значение обобщенного показателя ровности на дороге  $k$ -й категории по состоянию на момент окончания нормативного цикла между капитальными ремонтами;

$\rho_k^{\text{max}}$  – максимально-допустимое значение обобщенного показателя ровности на дороге  $k$ -й категории;

$\bar{\rho}_{k\tau}$  – значение обобщенного показателя ровности, которое он принимает на дороге  $k$ -й категории через  $\tau$  лет после очередного про-

веденного капитального ремонта при условии проведения работ по текущему содержанию и ремонту в нормативном объеме;

Из сделанных нами предположений о характере изменения обобщенного показателя ровности во времени следует:

$$\tilde{\rho}_{k\tau} = \begin{cases} \rho_k^0 + \frac{\rho_k^{\text{norm}} - \rho_k^0}{\tau_k^{\text{norm}}} \tau & \text{при } 1 \leq \tau \leq \tau_k^{\text{norm}} \\ \rho_k^{\text{norm}} + \frac{\rho_k^{\text{max}} - \rho_k^{\text{norm}}}{\tau_k^{\text{max}} - \tau_k^{\text{norm}}} (\tau - \tau_k^{\text{norm}}) & \text{при } \tau_k^{\text{norm}} \leq \tau \leq \tau_k^{\text{max}} \end{cases} \quad (10.9)$$

Средняя величина показателя ровности для всей совокупности дорог  $k$ й категории по состоянию на год  $t$  при фактической доле выполнения требуемого объема работ по капитальному ремонту равна

$$\bar{\rho}_{tk} = \sum_{\tau=1}^{\tau_k^{\text{max}}} (\tilde{\rho}_{k\tau} \cdot \phi_{tk\tau}) \quad (10.10)$$

#### 10.4 Методика расчетов элементов межотраслевого баланса, зависящих от состояния и развития сети автомобильных дорог

##### 10.4.1 Внутритранспортные эффекты улучшения состояния сети автомобильных дорог

Рассмотрим порядок формирования векторов-столбцов межотраслевого баланса, относящихся к отраслям «автомобильный транспорт грузовой», «автомобильный транспорт пассажирский», «шоссейное хозяйство», «валовое накопление основного капитала при сооружении новых автомобильных дорог», «валовое накопление основного капитала при выполнении капитального ремонта автомобильных дорог», «валовое накопление основного капитала в приобретение и капитальный ремонт грузовых автомобилей», «валовое накопление основного капитала в приобретение и капитальный ремонт автобусов» в зависимости от объемов финансирования сооружения новых автомобильных дорог, капитального ремонта существующих дорог, расходов на содержание и текущий ремонт автомобильных дорог. При этом, исходя из содержания данного пункта, цены и тарифы на все товары и услуги, принимаются на исходном уровне, который они имели бы независимо от намечаемого развития и улучшения сети автомобильных дорог.

Обозначим:

$j^{\text{mf}}, j^{\text{mfp}}$  – номера позиций векторов-столбцов матрицы коэффициентов прямых затрат, относящиеся к отраслям (видам деятельности) «услуги по перевозке грузов автомобильным транспортом», «услуги по перевозке пассажиров автомобильным транспортом» (motor transportation – freight, passenger);

$j^{\text{rm}}$  – номер позиции вектора-столбца матрицы коэффициентов прямых затрат, относящегося к отрасли «услуги шоссейного хозяйства» (road maintenance);

$q^{\text{gc}}, q^{\text{ccf}}, q^{\text{ccp}}, q^{\text{crn}}, j^{\text{crn}}, j^{\text{crr}}, j^{\text{crrc}}$  – номера позиций векторов-столбцов направлений конечного использования продукции:

- gc – расходы государства на предоставление услуг коллективного использования;
- ccf, ccp – валовое накопление основного капитала в отраслях «автомобильный транспорт грузовой», «автомобильный транспорт пассажирский (автобусы)»;
- crn, crr, crrc – валовое накопление основного капитала в строительстве новых автомобильных дорог, в реконструкции автомобильных дорог, в капитальном ремонте автомобильных дорог;

Продукция группы отраслей «автодорожное строительство» целиком образует соответствующие компоненты валового накопления основного капитала в направлениях «строительство новых автомобильных дорог», «реконструкция автомобильных дорог», «капитальный ремонт автомобильных дорог», причем по этим направлениям другие продукты, кроме продукции автодорожного строительства, не используются. Продукция отрасли «услуги шоссейного хозяйства» целиком образует соответствующую компоненту затрат государства на предоставления услуг коллективного использования. Продукция строительства не транспортируется, поэтому транспортные наценки на нее равны 0. Будем считать, что и торговые наценки на эту продукцию равны 0. То же относится и к услугам шоссейного хозяйства. Таким образом, в величины  $S_{tk}^{\text{m}}, S_{tk}^{\text{new}}, S_{kt}^{\text{rec}}, S_{kt}^{\text{cr}}$ , кроме затрат производителя, входят только налоги на строительную продукцию. Тогда:

$$y_{i^{\text{m}}q^{\text{gc}}} = (1 - tx_{i^{\text{m}}q^{\text{gc}}}^{\text{fu}}) \sum_k S_{tk}^{\text{m}} \quad (10.11)$$

$$y_{i^{\text{crn}}q^{\text{crn}}} = (1 - tx_{i^{\text{crn}}q^{\text{crn}}}^{\text{fu}}) \sum_k S_{tk}^{\text{new}} \quad (10.12)$$

$$y_{it^{crr}q^{crr}} = (1 - tx_{it^{crr}q^{crr}}^{fu}) \sum_k S_{tk}^{rec} \quad (10.13)$$

$$y_{it^{crr}q^{crr}} = (1 - tx_{it^{crr}q^{crr}}^{fu}) \sum_k S_{tk}^{cr} \quad (10.14)$$

где:  $i^{fm}, i^{cm}, i^{crr}, i^{crr}$  – номера строк, соответственно, «услуги шоссейного хозяйства», «строительство новых автомобильных дорог», «реконструкция существующих автомобильных дорог», «капитальный ремонт автомобильных дорог»;

$tx_{it^{crr}q^{crr}}^{fu}$  – удельная величина налога на стоимость продукции отрасли «Строительство» (ее различных подвидов, уточняемых символами, стоящими вместо «\*»), используемой в направлениях  $q^*$  конечного использования.

Напомним, что  $S_{tk}^m, S_{tk}^{new}, S_{kt}^{rec}, S_{kt}^{cr}$  – планируемые на год  $t$  затраты отрасли «шоссейное хозяйство» соответственно на содержание и текущий ремонт автомобильных дорог, на строительство новых автодорог, на реконструкцию и капитальный ремонт существующих автодорог, в модели они либо задаются экзогенно, либо входят в число переменных, по совокупности которых производится оптимизация.

Примем упрощающее предположение: финансирование работ по содержанию и текущему ремонту осуществляется в первоочередном по отношению к другим видам автодорожных работ порядке и обеспечивает выполнение работ по содержанию и текущему ремонту в полном нормативном объеме. Удельная в расчете на 1 км стоимость выполнения этих работ на каждой отдельной дороге  $k$ -й категории зависит от ее «возраста после капитального ремонта» и не зависит от других факторов. Обозначим эту удельную стоимость через  $s_{k\tau}^m$ . Тогда

$$S_{kt}^m = \sum_{\tau=1}^{\tau_k^{\max}} (\phi_{k\tau} \bar{L}_{kt} s_{k\tau}^m) = \bar{L}_{kt} \sum_{\tau=1}^{\tau_k^{\max}} (\phi_{k\tau} s_{k\tau}^m) \quad (10.15)$$

Напомним, что  $\bar{L}_{kt}$  – среднегодовая в году  $t$  суммарная протяженность дорог  $k$ -й категории,  $\phi_{k\tau}$  – доля протяженности дорог  $k$ -й категории, имеющих в году  $t$  «возраст после капитального ремонта» равный  $\tau$ . Значения этих величин определены выше по формулам (10.3) и (10.8) соответственно.

Перейдем теперь к формированию столбцов «Услуги автомобильного транспорта по перевозке грузов», «Услуги автомобиль-

ного транспорта по перевозке пассажиров», «Услуги шоссейного хозяйства», «Валовое накопление основного капитала в отрасли «Автомобильный транспорт грузовой»», «Валовое накопление основного капитала в отрасли «Автомобильный транспорт пассажирский (автобусы)»» и строк «Услуги автомобильного транспорта по перевозке грузов», «Услуги автомобильного транспорта по перевозке пассажиров».

Столбцы «Услуги автомобильного транспорта по перевозке грузов» и «Услуги автомобильного транспорта по перевозке пассажиров» описывают удельную величину затрат каждого из продуктов на эксплуатацию и текущий ремонт грузовых автомобилей и автобусов. Эти затраты определяются распределением общей величины пробега автомобилей соответствующего вида (грузовых, автобусов) по автомобильным дорогам различных технических категорий, значениями обобщенного показателя технического состояния (ровности) совокупности дорог каждой из категорий, суммарной (по видам автомобилей – грузовые, автобусы, легковые) интенсивностью автомобилепотоков. Распределения пробегов грузовых автомобилей, автобусов, легковых автомобилей по дорогам различных категорий, имевшее место в отчетном периоде, то есть величины  $\gamma_{0k}^f, \gamma_{0k}^b, \gamma_{0k}^c \forall k$ , должны быть так или иначе определены, в модели они заданы экзогенно. Будем считать, что аналогичные распределения в прогнозируемом периоде изменяются только в соответствии с изменением долей протяженности дорог каждой категории в общей протяженности сети автомобильных дорог. Тогда для грузовых автомобилей

$$\gamma_{tk}^f = \gamma_{0k}^f \frac{\left( \bar{L}_{tk} / \sum_k \bar{L}_{tk} \right)}{\left( \bar{L}_{0k} / \sum_k \bar{L}_{0k} \right)} \quad (10.16)$$

для автобусов и легковых автомобилей применяется эта же формула с заменой верхнего индекса “f” на “p” и “c” соответственно.

$$\text{Учитывая, что } x_{j^{mf}} = d_t^f A_t^f A_t^f = \frac{x_{j^{mf}}}{d_t^f} = \frac{x_{j^{mf}}}{d_0^f \cdot Pc\_Ind_{j^{mf}}}$$

где  $Pc\_Ind_{j^{mf}}$  – индекс тарифа (доходной ставки) автомобильных грузовых перевозок в году  $t$ , получаем, что средняя по дорогам,

имеющим техническую категорию  $k$ , интенсивность потока грузовых автомобилей равна

$$g_{tk}^f = \frac{\gamma_{tk}^f A_t^f}{L_{tk}} = \frac{\gamma_{tk}^f}{L_{tk}} \cdot \frac{x_{j^{mf}}}{d_0^f \cdot Pc\_Ind_{j^{mf}}} \quad (10.17)$$

Интенсивность потока автобусов определяется по аналогичной формуле путем замены верхнего индекса “f” на “b”.

Интенсивность потока легковых автомобилей определяется по формуле

$$g_{tk}^c = \frac{\gamma_{tk}^c}{L_{tk}} \cdot \frac{y_{it^{op}q^{hh}}}{e_t^c} \quad (10.18)$$

где:  $i^{op}$  – номер позиции «нефтепродукты» (oil products) в номенклатуре продуктов межотраслевого баланса;

$q^{hh}$  – номер столбца «конечное потребление домашних хозяйств» в матрице конечного использования продуктов ( $q^{hh} = 1$ );

$y_{it^{op}q^{hh}}$  – объем (в стоимостном выражении) потребления нефтепродуктов домашними хозяйствами;

$e_t^c$  – коэффициент пропорциональности между пробегом легковых автомобилей и затратами домашних хозяйств на приобретение нефтепродуктов, используемых в эксплуатации легковых автомобилей (удельные затраты домашних хозяйств на единицу пробега легкового автомобиля).

Коэффициент  $e_t^c$  исчислен в ценах года  $t$  и с учетом технико-эксплуатационного состояния автомобильной сети страны в этом году. В первом приближении его можно принять равным произведению удельного расхода топлива, исчисленного в натурном исчислении на единицу пробега легкового автомобиля, на цену автобензина. Удельный расход топлива в базовом году можно определить по паспортным данным автомобилей с учетом структуры автопарка по маркам (эти данные соответствуют свободному движению автомобиля по ровной дороге) и корректировкой паспортных данных по реальному технико-эксплуатационному состоянию сети автомобильных дорог в базовом году.

Введем обозначения:

$SFC^{nat}$  – удельный на единицу пробега расход топлива (specific fuel consumption) в натурном исчислении по паспортным данным;

$Pc_t^{bnz}$  – основная цена (цена производителя) автомобильного бензина в году  $t$ ;

$f^{sfc}(\rho, v)$  – коэффициент корректировки удельного расхода топлива по совокупности факторов «ровность дороги» и «скорость движения автомобиля»;

$f^{vc}(\rho, g)$  – зависимость скорости движения легковых автомобилей от ровности дороги и интенсивности суммарного (грузовых, автобусов и легковых) автомобилепотока.

Тогда

$$e_0^c = Pc_0^{bnz} \cdot SFC^{nat} \cdot \frac{\sum_k g_{0k}^f \bar{L}_{0k} f^{sfc}(\rho_{0k}, f^{vc}(\rho_{0k}, g_{0k}))}{\sum_k g_{0k}^f \bar{L}_{0k}} \quad (10.19)$$

$$e_t^c = e_0^c \cdot \frac{\sum_k g_{tk}^f \bar{L}_{tk} f^{sfc}(\rho_{tk}, f^{vc}(\rho_{tk}, g_{tk}))}{\sum_k g_{0k}^f \bar{L}_{0k} f^{sfc}(\rho_{0k}, f^{vc}(\rho_{0k}, g_{0k}))} \cdot Pc\_Ind_{it^{op}} \quad (10.20)$$

Введем в рассмотрение суммарную по всем видам автомобилей среднюю по дорогам категории  $k$  интенсивность автомобилепотока

$$g_{tk} = g_{tk}^f + g_{tk}^b + g_{tk}^c + g_{tk}^{f,tech} + g_{tk}^{b,tech} \quad (10.21)$$

где:  $g_{tk}^{f,tech}$ ,  $g_{tk}^{b,tech}$  – интенсивность потоков технологических автомобилей, грузовых и автобусов соответственно. Порядок определения этих величин изложен ниже, в разделе 10.4.2.4.

Тогда коэффициенты прямых затрат по столбцу «Услуги автомобильного транспорта по перевозке грузов» определяются формулой

$$\omega_{ij^{mf}} = \omega_{0j^{mf}} \cdot \frac{\sum_k \bar{L}_{tk} f^{mf}(\bar{\rho}_{tk}, g_{tk})}{\sum_k \bar{L}_{0k} f^{mf}(\bar{\rho}_{0k}, g_{tk})} \quad (10.22)$$

где  $f^{mf}(\rho, g)$  – функция, описывающая зависимость материальных затрат отрасли (вида деятельности) «перевозки грузов автомобильным транспортом» от совокупности факторов «ровность дороги» и «суммарная по всем видам автомобилей интенсивность автомобилепотока».

Коэффициенты прямых затрат по столбцу «Услуги автомобильного транспорта по перевозке пассажиров» определяются аналогичной формулой с заменой индекса  $j^{mf}$  на  $j^{mp}$  и верхних индексов “f” на “p”.

Будем считать, что структура затрат на выполнение работ по содержанию и текущему ремонту дороги зависит только от ее категории. Тогда коэффициенты прямых затрат отрасли «шоссейной хозяйство» для любого года  $t$  определяются их значениями в отчетном межотраслевом балансе, изменением структуры сети по категориям дорог, а также изменением среднего по совокупности дорог каждой категории значения показателя «ровность»:

$$\omega_{ij^t} = \omega_{0ij^t} \frac{\sum_k \bar{L}_{tk} f_k^r(\bar{\rho}_{tk})}{\sum_k \bar{L}_{0k} f_k^r(\bar{\rho}_{0k})} \quad (10.23)$$

На этом рассмотрение коэффициентов прямых затрат по видам деятельности автомобильного транспорта и автодорожного хозяйства завершено. Остается еще рассмотреть формирование производственных мощностей по этим видам экономической деятельности.

Пропускную способность и, соответственно, производственную мощность автомобильных дорог формально будем считать неограниченной. Функции  $f^{mf}(\bar{\rho}_{tk}, g_{tk})$ ,  $f^{mb}(\bar{\rho}_{tk}, g_{tk})$  при росте  $g_{tk}$  растут так быстро, что фактически играют роль штрафных функций за нарушение ограничений по пропускной способности автомобильных дорог.

Производственная мощность парков грузовых автомобилей и автобусов определяется порядком, аналогичным изложенному в разделе 7.2.8, с включением дополнительной зависимости фондоемкости продукции видов деятельности «перевозки грузов автомобильным транспортом» и «перевозки пассажиров автомобильным транспортом» от технико-эксплуатационного состояния сети автомобильных дорог. С учетом этой дополнительной зависимости формула (7.166) принимает вид

$$\varphi_{j^{mf} \tau} = \varphi_{0j^{mf} 0} \cdot f_{j^{mf}}^{tl, \varphi}(t - \tau - \mathcal{G}_{j^{mf}}) \cdot f_{j^{mf}}^{age, \varphi}(\tau) \cdot \frac{1}{\left( (1 - \eta^f) + \eta^f \frac{\bar{v}_0^f}{\bar{v}_t^f} \right)} \quad \forall t, \tau \quad (10.24),$$

где:  $\eta^f$  – доля времени нахождения грузового автомобиля в рейсе;  $\bar{v}_t^f$  – средневзвешенная по всей сети автомобильных дорог скорость движения грузового автомобиля в году  $t$ .

Средневзвешенная скорость движения автомобиля определяется по формуле

$$\bar{v}_t^f = \frac{\sum_k \bar{L}_{tk} g_{tk}}{\sum_k \frac{\bar{L}_{tk} g_{tk}}{f^{vf}(\bar{\rho}_{tk}, g_{tk})}} \quad (10.25)$$

Фондоемкость продукции вида деятельности «перевозки пассажиров автомобильным транспортом (автобусами)» определяется по формулам (10.24), (10.25) путем замены в них верхних символов «mtf», «f» и «vf» на «mtb», «b» и «vb» соответственно.

Заметим, что по отношению к легковым автомобилям вопрос о производственной мощности их парка не возникает, так как в рамках разработанной модели эти автомобили рассматриваются не как средства производства, а их пробег рассматривается как компонент конечного потребления, определяемый располагаемыми доходами домашних хозяйств и его распределением на приобретение различных продуктов (товаров и услуг).

#### 10.4.2 Внетранспортные эффекты улучшения состояния сети автомобильных дорог

В состав рассматриваемых здесь эффектов входят сокращение потерь продукции сельского хозяйства в процессе ее транспортировки по местным дорогам, сокращение потерь минеральных и химических удобрений, используемых в сельском хозяйстве России, и сокращение торгово-посреднической наценки, вызываемое повышением скорости доставки товаров.

##### 10.4.2.1 Сокращение потерь продукции сельского хозяйства в процессе ее транспортировки

Выше было отмечено, что в зависимости от того, где фиксируется факт продажи (передачи прав собственности) растениеводческой продукции – на производственных складах производителя или на складах постоянного хранения этой продукции, не принадлежа-

щих ее производителям – различаются элементы межотраслевого баланса, на величину которых влияют потери продукции в процессе ее перевозки автомобильным транспортом между указанными видами складов. В дальнейшем будем предполагать, что продукция растениеводства продается при поступлении ее на склады постоянного хранения. В этом случае потери продукции в процессе ее транспортировки относятся на затраты производителя – влияют на диагональный элемент матрицы коэффициентов прямых затрат, соответствующий продукции растениеводства.

Обозначим

$f^{lfp}(\rho)$  – функция, описывающая зависимость относительной величины потерь продукции сельского хозяйства (loss in transit of farm produce) при перевозке ее автомобильным транспортом в зависимости от показателя качества территориальных автодорог;

$i^{cp}$  – индекс строки «растениеводство» (crop production);

$\psi_{i^{cp}i^{cp}}^{lfp}$  – доля диагонального элемента столбца коэффициентов прямых затрат отрасли «растениеводство», приходящаяся на потери этой продукции в процессе автомобильных перевозок ее на склады постоянного хранения.

Будем считать, что автодороги, по которым продукция растениеводства перевозится на склады постоянного хранения, относятся к самой нижней технической категории, то есть для них  $k=1$ . Тогда

$$\omega_{i^{cp}i^{cp}} = \left( (1 - \psi_{i^{cp}i^{cp}}^{lfp}) + \psi_{i^{cp}i^{cp}}^{lfp} \frac{f^{lfp}(\rho_{t1})}{f^{lfp}(\rho_{01})} \right) \tilde{\omega}_{i^{cp}i^{cp}} \quad (10.26)$$

где:  $\tilde{\omega}_{i^{cp}i^{cp}}$  – коэффициент прямых затрат, определенный без учета влияния состояния автодорог на потери продукции (то есть, в соответствии с разделом 7.2.4).

#### 10.4.2.2 Уменьшение потерь минеральных и химических удобрений

При определении влияния состояния автодорог на потери минеральных и химических удобрений будем также считать, что удобрения приобретаются производителями растениеводческой продукции на складах постоянного хранения удобрений. В этом случае потери удобрений уменьшают их количество, реально вносимое в почву, и, соответственно, снижают урожай растениеводческой продукции, снижение этих потерь ведет к повышению урожайности.

Обозначим:

$f^{mcf}(\rho)$  – функция, описывающая зависимость относительной величины потерь минеральных и химических удобрений (mineral and chemical fertilizers) от ровности автодороги;

$\chi$  – отношение относительного прироста урожайности к относительному приросту количества вносимых в почву удобрений.

Влияние сокращения потерь минеральных удобрений, обеспечиваемого улучшением технического состояния местных автодорог, на коэффициенты столбца «растениеводство» определяется формулой

$$\omega_{ij^{cp}} = \tilde{\omega}_{ij^{cp}} \frac{1}{(1 + (f^{mcf}(\rho_{01}) - f^{mcf}(\rho_{t1}))\chi)} \quad \forall i \quad (10.27)$$

#### 10.4.2.3 Снижение торгово-посреднических наценок

Рассмотрим влияние технико-эксплуатационного состояния автомобильных дорог на снижение торгово-посреднической наценки, связанное с расширением круга конкурирующих поставщиков

Принимаем следующие предположения:

- Общее количество поставщиков, конкурирующих за возможность поставлять свою продукцию некоторому фиксированному покупателю, пропорционально площади круга, радиус которого равен расстоянию автомобильной перевозки за некоторое фиксированное время;
- Из торгово-посреднической наценки на стоимость продукта  $i$ , поставляемого производителю продукта  $j$ , выделим часть, соответствующую доле объема поставок, осуществляемых с использованием автомобильного транспорта. В первом приближении величину этой части можно принять равной величине доли расходов торговли на оплату услуг грузового автомобильного транспорта в общей сумме затрат торговли на оплату услуг всех видов грузового транспорта.
- Будем считать, что из общей величины торговой наценки, связанной с использованием грузового автомобильного транспорта, определенная часть  $\psi^{tr}$  зависит от уровня конкуренции в отрасли «торговля». Величина этой части определяется долей, которую составляет превышение удельной (в расче-

те на единицу стоимости выпуска) добавленной стоимости в отрасли «торговля» над средним по экономике значением удельной добавленной стоимости (в определенном смысле – аналог доли сверхприбыли в торговле), по отношению к общей величине добавленной стоимости в отрасли «торговля».

d) Та часть торгово-посреднической наценки, которая зависит от числа конкурирующих поставщиков, при увеличении их числа на  $h$  % уменьшается на  $d$  %. Величины  $h$  и  $d$  – экзогенные константы, их значения должны быть определены путем проведения специальных маркетинговых исследований.

Теперь можно определить значения торгово-посреднической наценки, соответствующие улучшенному состоянию сети автомобильных дорог, по формулам:

$$\psi^{\text{т}} = \frac{\left( VA_{j^{\text{т}}} / x_{j^{\text{т}}} \right) - \left( \sum_{j=1}^n VA_{ij} \right) / \left( \sum_{j=1}^n x_{ij} \right)}{\left( \sum_{j=1}^n VA_{ij} \right) / \left( \sum_{j=1}^n x_{ij} \right)} \quad (10.28)$$

$$rt_{ij} = (1 - \psi^{\text{т}}) \tilde{r}_{ij} + \psi^{\text{т}} \cdot \tilde{r}_{ij} \left( 1 - \left( \frac{f^{\text{v}}(\bar{\rho}_t)}{f^{\text{v}}(\bar{\rho}_0)} \right)^2 - 1 \right) \frac{\delta}{\eta} \quad (10.29)$$

где  $\tilde{r}_{ij}$  – значение торговой наценки, рассчитанное без учета влияния скорости доставки товаров автомобильным транспортом (раздел 7.2.5).

#### 10.4.2.4 Влияния состояния сети автодорог на затраты отраслей, использующих технологические автомобили

Принимаем, что удельные на 1 автомобиль затраты по его эксплуатации и ремонту одинаковы для автомобилей, относящихся к чистой отрасли «Автомобильный транспорт», и для таких же технологических автомобилей. Для определения затрат на эксплуатацию и ремонт парков технологических автомобилей надо знать соотношение численностей парков технологических автомобилей и в чистой отрасли «Автомобильный транспорт». В настоящей работе использованы экспертные оценки численности парков технологических автомобилей, согласно

которым численности парков автомобилей, работающих в чистой отрасли «Автомобильный транспорт», и технологических автомобилей, примерно одинаковы. Такая оценка основана на данных Росстата об общей численности грузовых автомобилей и автобусов, с выделением, в том числе количества автомобилей, находящихся в собственности транспортных предприятий, предоставляющих услуги общего пользования, и находящихся в собственности граждан. Суммарная численность этих двух категорий парков автомобилей (как грузовых, так и автобусных) составляла примерно половину общей по стране численности парков грузовых автомобилей и автобусов. Принимаем предположение, что затраты продуктов на работу этой половины парков учтены в отчетном межотраслевом балансе как затраты чистых отраслей «Услуги автомобильного транспорта по перевозке грузов» и «Услуги автомобильного транспорта по перевозке пассажиров». Вторые половины парков грузовых автомобилей и автобусов будем рассматривать как технологические и будем считать, что затраты продуктов на их работу равны, соответственно, затратам на работу автомобилей, занятых в соответствующих чистых отраслях.

В соответствии с принятыми обозначениями полная (не удельная) величина затрат продуктов в чистых отраслях автомобильных перевозок в отчетном году равна, соответственно,  $X_{0j^{\text{тф}}} = x_{0j^{\text{тф}}} \omega_{0j^{\text{тф}}}$  и  $X_{0j^{\text{тб}}} = x_{0j^{\text{тб}}} \omega_{0j^{\text{тб}}}$ . По сделанному нами предположению соответствующие затраты на работу совокупных по всем отраслям парков технологических грузовых автомобилей  $X_{0i}^{\text{S.tech.f}}$  и автобусов  $X_{0i}^{\text{S.tech.b}}$  можно принять равными этим же значениям, то есть положить  $X_{0i}^{\text{S.tech.f}} = X_{0j^{\text{тф}}}$  и  $X_{0i}^{\text{S.tech.b}} = X_{0j^{\text{тб}}}$ . Объемы затрат  $X_{0i}^{\text{S.tech.f}}$  и  $X_{0i}^{\text{S.tech.b}}$  распределятся между отраслями, использующими технологические грузовые автомобили и автобусы, пропорционально численностям используемых в отраслях парков. Распределение суммарной численности парков технологических автомобилей между использующими их отраслями формируется экспертно на основе общих представлений об использовании автомобилей в технологических процессах каждой из отраслей и выборочных обследований. Обозначим доли общей численности парка грузовых технологических автомобилей по использующим их отраслям через  $\gamma_j^{\text{tech.f}}$  и  $\gamma_j^{\text{tech.b}}$ . Формируемые экспертно значения этих величин должны

удовлетворять очевидным условиям  $\sum_{j=1}^n \gamma_j^{\text{tech.f}} = 1$  и  $\sum_{j=1}^n \gamma_j^{\text{tech.b}} = 1$ .

Из пробега технологических автомобилей выделим часть, осуществляемую на дорогах общего пользования (common use road) –  $\gamma_j^{\text{rcuf}}, \gamma_j^{\text{rcub}}$ . Значения этих величин определяются для каждой отрасли экспертно.

Объем продуктов, использованных в производстве каждой отрасли, можно представить в виде суммы трех компонент – затраты, непосредственно не связанные с эксплуатацией технологических автомобилей плюс затраты на эксплуатацию технологических грузовых автомобилей и автобусов:

$$X_{ij} = X_{ij}^{\text{ncmt}} + \gamma_j^{\text{tech.f}} X_{ij}^{\text{S.tech.f}} + \gamma_j^{\text{tech.b}} X_{ij}^{\text{S.tech.b}} \quad (10.30)$$

где  $X_{ij}^{\text{ncmt}}$  – затраты, непосредственно не связанные с эксплуатацией технологических автомобилей.

Отсюда, коэффициенты прямых затрат равны

$$w_{ij} = \frac{X_{ij}}{x_{ij}} = w_{ij}^{\text{ncmt}} + \gamma_j^{\text{tech.f}} w_{ij}^{\text{mf}} \frac{x_{ij}^{\text{mf}}}{x_{ij}} + \gamma_j^{\text{tech.b}} w_{ij}^{\text{mb}} \frac{x_{ij}^{\text{mb}}}{x_{ij}} \quad (10.31)$$

Значения  $w_{0ij}, w_{0ij}^{\text{mf}}, w_{0ij}^{\text{mb}}$  определяются по данным отчетного межотраслевого баланса, тогда  $w_{0ij}^{\text{ncmt}} = w_{0ij} - w_{0ij}^{\text{mf}} - w_{0ij}^{\text{mb}}$ . Для прогнозного периода значения  $w_{ij}^{\text{ncmt}}$  определяются порядком, изложенным в разделе 7.2.4.2,  $w_{ij}^{\text{mf}}, w_{ij}^{\text{mb}}$  – порядком, изложенным в разделе 10.4.1 с учетом того, что от изменения технико-эксплуатационного состояния автомобильных дорог общего пользования зависит только доля этих коэффициентов, определяемая долей пробега технологических автомобилей по дорогам общего пользования в общей величине их пробега, то есть только величины  $\gamma_j^{\text{rcuf}} w_{ij}^{\text{mf}}, \gamma_j^{\text{rcub}} w_{ij}^{\text{mb}}$ . Величины  $(1 - \gamma_j^{\text{rcuf}}) w_{ij}^{\text{mf}}, (1 - \gamma_j^{\text{rcub}}) w_{ij}^{\text{mb}}$  меняются во времени тем же порядком, что и  $w_{ij}^{\text{ncmt}}$ .

Переходим к определению интенсивности автомобилепотоков технологических автомобилей.

Изменение транспортно-эксплуатационного состояния сети автомобильных дорог общего пользования оказывает влияние на условия движения только тех технологических автомобилей, которые работают на внегородских дорогах общего пользования, в состав которых не входят внутригородские дороги, внутризаводские дороги, внутренние дороги сельскохозяйственных предприятий, карьеров, лесовозные дороги и т. п. Обозначим:

$\zeta_k^{\text{f.tech}}$  – доля парка грузовых технологических автомобилей, работающих на дорогах общего пользования, имеющих техникуку категорию  $k$ , в общей численности парка этих автомобилей;

$\zeta_k^{\text{b.tech}}$  – то же для автобусов.

Исходя из принятого ранее (см. 10.1) предположения о примерно равной численности парков автомобилей, входящих в состав чистой отрасли «Автомобильный транспорт» и «технологических», и принимая одинаковыми величины годового пробега этих двух категорий автомобилей, можно в порядке первого приближения принять:

$$g_{tk}^{\text{f.tech}} = g_{tk}^{\text{f}} \zeta_k^{\text{f.tech}} \quad (10.32)$$

$$g_{tk}^{\text{b.tech}} = g_{tk}^{\text{b}} \zeta_k^{\text{b.tech}} \quad (10.33)$$

## 11 Представление модели в стандартизированном математическом виде и общий подход к ее решению

### 11.1 Математическая структура динамической модели и общий подход к ее решению

Форма записи модели в разделе 7.2.9 ориентирована в первую очередь на облегчение восприятия содержательного смысла ее элементов. Для анализа математической структуры модели целесообразно представить ее в стандартизированном виде.

Модель (7.179) – (7.282) может быть представлена в блочном виде, где каждый блок относится к одному году прогнозного периода. Переменные  $x_{ijk}^{\text{norm}}, x_{ijk}^{\text{forc}}, Pc\_ind_{it}, \xi_{ijk}^{\text{ID}}, \xi_{ijk}^{\text{F}}, \xi_{ijk}^{\text{R}}, \xi_{ijk}^{\text{fc}}, Inv_{ij}, Y_t$  входят только в блок, соответствующий году  $t$ , переменные  $\{Inv_{ij\theta}\}_{\theta=t, (t-1), \dots, (t-g_j+1)}$  входят в уравнения, связывающие между собой блоки, относящиеся к годам  $t, (t-1), \dots, (t-g_j+1)$ . Кроме того, смежные по времени блоки связаны уравнениями (7.181). Целевая функция модели естественным образом распадается на сумму слагаемых, относящихся к каждому отдельному году.

Значения величин  $\{FBE_{1j}^{\text{baj}}, FBE_{1j}^{\text{eqp}}\}, \{FBE_{1j}^{\text{baj.bhs}}, FBE_{1j}^{\text{eqp.bhs}}\}$  и  $\{RBE_{1j}^{\text{baj}}, RBE_{1j}^{\text{eqp}}\}, \{RBE_{1j}^{\text{baj.bhs}}, RBE_{1j}^{\text{eqp.bhs}}\}$  – полная сметная стоимость и ее остаток на начало года  $t=1$ , а также  $DI_{01}, DI_{02}, DI_{03}$  –

располагаемые доходы институциональных хозяйствующих единиц, полученные в базовом году  $t=0$ , формирующие конечное потребление и валовое накопление основного капитала в году  $t=1$  прогнозного периода, являются исходными данными для задачи в целом. Поэтому блок, относящийся к  $t=1$ , можно рассматривать как самостоятельную оптимизационную задачу. В результате решения задачи для  $t=1$  формируются все необходимые исходные данные для оптимизационной задачи, представляемой блоком  $t=2$  и т.д. Таким способом решение динамической задачи в целом можно свести к последовательно решаемым задачам, относящимся к очередному значению  $t$ .

Однако при раздельном рассмотрении отдельных лет возникает принципиальная трудность – максимизируемая целевая функция одного года включает со знаком «+» все элементы конечного потребления, не различая, отечественные и импортные продукты. При максимизации суммы за длительный период это естественно – если увеличение суммарного за период импорта увеличивает конечное потребление, то это действительно имеет позитивное значение. Но при рассмотрении одного отдельно взятого года увеличение объема импорта влечет за собой уменьшение спроса на отечественные продукты, а, следовательно, и выпуска в этом году. За этим следует уменьшение располагаемых доходов, получаемых в текущем году. В модели отдельно взятого года это никак не скажется на значении целевой функции, но в действительности несет в себе предпосылку к снижению уже общего (суммарного отечественных и импортных) спроса на продукты в следующем году – возникает все нарастающее снижение спроса, а, следовательно, и потребления продуктов, в том числе, конечного. При максимизации конечного потребления в каждом отдельном году суммарное за период потребление снижается. Во избежание порождения такого негативного процесса в модель одного года включено дополнительно ограничение, требующее, чтобы в каждом году сальдо торгового баланса страны было бы не только не отрицательно, но и не снижалось бы ниже некоторой положительной константы. Значение этой константы надо оптимизировать при рассмотрении всей модели в целом.

Оптимизация целевой функции одного отдельного года порождает, кроме того, трудность с выбором значений матрицы  $Y_t$ . Каждую из матриц  $Y_t$ , формально входящую только в блок  $t$ , заведомо

нецелесообразно рассматривать как переменную, оптимизируемую в этом блоке, так как ее значение определяет, в том числе, и общий объем всех инвестиций, осуществляемых в году  $t$ , а этот объем и его распределение по отраслям, а также по объектам, находящимся в начале года  $t$  на различных стадиях строительства, определяют динамику производственных фондов в нескольких последующих годах. Поэтому более целесообразно формировать матрицы  $Y_t$  на основе экспертных оценок и результатов, полученных на предыдущем шаге, а оптимизировать совокупность матриц  $\{Y_1, \dots, Y_T\}$  при рассмотрении всей модели в целом.

Таким образом, процесс решения рассматриваемой динамической задачи можно, опираясь на общие идеи блочного программирования, построить в виде двухуровневой оптимизации: на нижнем уровне оптимизируются отдельные блоки при предварительно фиксированных допустимых значениях связующих переменных, а на верхнем уровне оптимизируются значения связующих переменных с учетом влияния их изменений на максимальные значения целевых функций блоков. Вопрос о наиболее эффективных способах определения этого влияния требует дополнительного изучения. Не исключено, что вследствие высокой сложности моделей нижнего уровня определить частные производные от максимального значения блочной целевой функции по связующим переменным удастся только численным дифференцированием.

## 11.2 Модель для одного отдельно взятого года

Цель настоящего раздела – продемонстрировать математическую структуру задачи, порождаемой блоком, относящимся к отдельному году. В связи с этим систему обозначений, введенных в разделе 7.2, здесь мы предельно упростим. Все величины, определенные при решении блока, относящегося к предыдущему году, а также однозначно определяемые через них величины здесь рассматриваются как константы. Формулы, по которым определяются эти константы, здесь не приводятся. Введены также некоторые упрощения, позволившие уйти от зависимостей, в которые искомые переменные входят в степени выше первой. Возможность некоторого превышения производственных мощностей, рассмотренная в разделе 7.2.8, здесь не предполагается. Для сокращения размерности искомых переменных значения долей импорта в потреблении

каждого из продуктов по каждому из направлений его использования определяются как произведения исходных значений этих долей, рассматриваемых как экзогенно заданные константы, на искомые значения коэффициентов корректировки этих долей, единые для всех направлений использования продукта, что позволило заменить искомую матрицу на искомый вектор. Взаимозаменяемыми считаются только продукты, входящие в фиксированное множество  $I^0$ . Взаимозаменяемость этих продуктов допускается только при производстве продуктов, относящихся к фиксированному множеству  $J^0$ . Промежуточное потребление продуктов, объем которого не зависит от объемов выпусков в текущем году, задано вектором-константой, значение которого определено по результатам решения блока, относящегося к предыдущему периоду. В состав направлений конечного использования продуктов включены 4 направления конечного потребления, валовое накопление основного капитала (1 столбец), экспорт. Изменение запасов здесь не включено, так как учет его не меняет математическую структуру модели. Экспорт, исчисленный в ценах FOB, рассматривается как заданная константа (определяется по результатам расчетов блока предшествующего года), различие реальных и условных внутренних цен производителей экспортируемых продуктов не учитывается. Остальные направления конечного использования, кроме конечного потребления, валового накопления основного капитала и экспорта, приняты равными 0, в модель не включены. Коэффициенты перехода от основных цен продуктов, использованных в конечном потреблении, к показателям полезности приняты для всех продуктов равными 1. Не учтены налоги. Все виды грузового транспорта объединены в один, пассажирский транспорт рассматривается как один из видов продуктов, не имеющих транспортной специфики. Поскольку рассматривается модель для одного отдельно взятого года индекс номера года  $t$  везде опущен.

Таким образом, исходными для рассматриваемой здесь модели являются:

$c^{fu} = \{c_q^{fu}\}_{q=1,\dots,5}$  – вектор суммарных по все продуктам объемов конечного потребления ( $q=1,\dots,4$ ) и валового накопления основного капитала ( $q=5$ ), исчисленных в ценах покупателей;

$c^{FOB} = \{c_i^{FOB}\}_{i=1,\dots,n}$  – вектор исчисленных в ценах FOB объемов экспорта каждого из продуктов;

$S^{fu} = \{s_{iq}^{fu}\}_{i=1,\dots,n, q=1,\dots,5}$  – продуктовая структура конечного использования по его направлениям, кроме экспорта. Эта структура определена с учетом факторов, сложившихся к текущему году, но при ценах базового периода.

$c^{idnd} = \{c_i^{idnd}\}_{i=1,\dots,n}$  – вектор объемов промежуточного потребления, не зависящего от объемов выпусков продукции, исчисленных в неизменных (базовых) ценах;

$c^{NX}$  – ограничение снизу на значение сальдо торгового баланса страны (чистого экспорта) в текущем году;

$A = \{a_{ij}\}_{i,j=1,\dots,n}$  – матрица коэффициентов прямых затрат, исчисленных в базовых ценах, сформированная путем корректировки матрицы  $A_0$ , имевшей место в базовом году, путем учета всех факторов, кроме выбираемых в текущем году значений индексов цен продуктов и долей, в которых суммарная по взаимозаменяемым продуктам потребность удовлетворяется каждым таким продуктом;

$\{\hat{a}_{i^{Tr}j}\}_{j=1,\dots,n}$ ,  $\{\hat{a}_{i^{Rt}j}\}_{j=1,\dots,n}$  – компоненты строк  $i^{Tr}$  (транспорт)

и  $i^{Rt}$  (торговля) матрицы  $A$ , которые (компоненты) представляют собой затраты на оплату этих услуг, входящие в производственные затраты каждого из видов деятельности непосредственно (не в виде наценок на использованные в производстве продукты);

$\{tr_{ij}\}$ ,  $\{rt_{ij}\}$  – удельные, соответственно, транспортные и торговые наценки, сформированные порядком, аналогичным указанному выше для матрицы  $A$ ;

$I^0$  – множество индексов (позиций в номенклатуре) продуктов, являющихся взаимозаменяемыми при производстве некоторых из продуктов;

$J^0$  – множество индексов продуктов, при производстве которых продукты, входящие в множество  $I^0$ , являются взаимозаменяемыми;

$\{\xi_{0ij}\}_{i \in I^0, j \in J^0}$  – доли, в которых общая потребность во взаимозаменяемых

продуктах была удовлетворена в базовом году;

$\{\omega_{ij}\}_{i \in I^0, j \in J^0}$  – коэффициенты эквивалентности взаимозаменяемых

продуктов;

$\{d_{ij}^{ID}\}_{i,j=1,\dots,n}$ ,  $\{d_{iq}^{fu}\}_{i=1,\dots,n, q=1,\dots,5}$  – исходные значения долей импортных

продуктов в промежуточном их потреблении и в конечном использовании (кроме экспорта);

$\mathbf{m} = \{m_j\}_{j=1,\dots,n}$  – производственные мощности по выпуску продуктов (максимально-возможные объемы их выпуска), исчисленные в базовых основных ценах

Искомые величины:

$\mathbf{x} = \{x_j\}_{j=1,\dots,n}$  – объемы выпусков продуктов;

$\mathbf{y} = \{y_{iq}\}_{\substack{i=1,\dots,n \\ q=1,\dots,6}}$  – конечное использование продуктов, исчисленное

в основных ценах ( $q=6$  – экспорт);

$\mathbf{u} = \{u_i\}_{i=1,\dots,n}$  – индексы основных цен продуктов в текущем году по отношению к базовому году;

$\mathbf{v} = \{v_i\}_{i=1,\dots,n}$  = коэффициенты корректировки исходных значений доли импортных продуктов в объемах их потребления;

$\{\xi_{ij}\}_{\substack{i \in I^0 \\ j \in J^0}}$  – доли, в которых общая потребность во взаимозаменяемых

продуктах будет удовлетворена в текущем году;

Модель:

Целевая функция:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{l=0}^3 \sum_{q=1}^4 y_{ilq} \varepsilon_{il} \xrightarrow{x, y, u, v, \xi} \max \quad (11.1)$$

Величины  $\mathbf{x}$ ,  $\mathbf{u}$ ,  $\mathbf{v}$ ,  $\xi$  в целевую функцию не входят, но входят в систему ограничений.

Система ограничений:

$$x_i - \sum_{j=1}^n w_{ij} (1 - d_{ij}^{\text{ID}} v_i) x_j - (1 - d_{ij}^{\text{ID}} v_i) u_i c_i^{\text{idnd}} - \sum_{q=1}^6 (1 - d_{iq}^{\text{fu}} v_i) y_{iq} = 0$$

при  $i = 1, \dots, n$  (11.2)

$$w_{ij} = a_{ij} \frac{u_i}{u_j} \quad \forall (i, j), \text{ кроме } (i, j): i \in I^0, j \in J^0 \text{ и кроме } i = i^{\text{Tr}}, i = i^{\text{Rt}} \quad (11.3)$$

$$w_{i^{\text{Tr}}j} = \hat{a}_{i^{\text{Tr}}j} + \left( \sum_k a_{kj} \text{tr}_{kj} \right) \frac{u_{i^{\text{Tr}}}}{u_j} \quad (11.4)$$

$$w_{i^{\text{Rt}}j} = \hat{a}_{i^{\text{Rt}}j} + \left( \sum_k a_{kj} \text{rt}_{kj} \right) \frac{u_{i^{\text{Rt}}}}{u_j} \quad (11.5)$$

$$w_{ij} = \tilde{a}_{ij} \left( \frac{\xi_{ij} \omega_{ij}}{\sum_{k \in I^0} a_{kj} \xi_{kj} \omega_{kj}} \right) \quad \text{при } (i, j): i \in I^0, j \in J^0 \quad (11.6)$$

где  $\tilde{a}_{ij}$  – константы, определяемые формулой

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{\sum_{k \in I^0} a_{0kj} \xi_{0kj} \omega_{kj}}{\xi_{0ij} \omega_{ij}} \quad (11.7)$$

$$x_i - m_i u_i \leq 0 \quad \text{при } i = 1, \dots, n \quad (11.8)$$

Далее использованы обозначения:

$$\hat{s}_{iq} = \frac{s_{iq} u_i}{\sum_{k=1}^n s_{kq} u_k} \quad \forall i, q = 1, \dots, 5 \quad (11.9)$$

$$\beta_{ikq}(\mathbf{u}) = \begin{cases} \hat{s}_{ikq} & k = \{1, \dots, n\} \setminus i \\ 1 + \hat{s}_{ikq} & \text{при } k = i \end{cases} \quad \forall i, q \quad (11.10)$$

Обозначение  $\beta_{ikq}(\mathbf{u})$  далее употребляется для того, чтобы подчеркнуть зависимость каждой из этих величин от всего искомого вектора  $\mathbf{u}$ .

С использованием этих обозначений следующая группа ограничений принимает вид при каждом отдельном  $q = 1, \dots, 5$ :

$$\sum_{k=1}^n \beta_{ikq}(\mathbf{u}) y_{kq} = \hat{s}_{iq} \quad i = 1, \dots, n \quad (11.11)$$

Эта формула определяет систему линейных уравнений относительно искоемых переменных  $y_{kq}$ . Такую систему необходимо решить отдельно и независимо для каждого  $q = 1, \dots, 5$ .

Значения  $y_{kq}$  при  $i = i^{\text{Tr}}$  и  $i = i^{\text{Rt}}$ , полученные при решении системы (11.11), далее обозначаются  $\hat{y}_{iq}$ . Используемые далее значения  $y_{kq}$  при  $i = i^{\text{Tr}}$  и  $i = i^{\text{Rt}}$  определяются по формулам:

$$y_{i^{\text{Tr}}q} = \hat{y}_{i^{\text{Tr}}q} + \sum_{k \in I^{\text{good}}} \left( \text{tr}_{kq}^{\text{fu}} y_{kq} \frac{u_{i^{\text{Tr}}}}{u_k} \right) \quad \forall q \quad (11.12)$$

$$y_{i^{Rt}q} = \hat{y}_{i^{Rt}q} + \sum_{k=1}^n \left( tr_{kq}^{fu} y_{kq} \frac{u_{i^{Rt}}}{u_k} \right) \quad \forall q \quad (11.13)$$

Введем обозначения:

$$c_i^a = tr_{iq}^{fu} y_i^{FOB} \quad c_i^b = rt_{iq}^{fu} y_i^{FOB} \quad c_i^c = y_{iq}^{FOB}$$

удалить эти 2 формулы - они просто публикуют предыдущие

$$c_i^d = tr_{iq}^{fu} y_i^{FOB} \quad c_i^e = rt_{iq}^{fu} y_i^{FOB}$$

С использованием этих обозначений следующая группа ограничений принимает вид:

$$y_{iq}^{Exp} + c_i^a u_{i^{Tr}} + c_i^b u_{i^{Rt}} = c_i^{FOB} \quad \forall i, \text{ кроме } i = i^{Tr}, i = i^{Rt} \quad (11.14)$$

заменить верхний индекс "d" на "a"

$$y_{i^{Tr}q}^{Exp} + \left( \sum_{i \in I^{good}} c_i^d \right) u_{i^{Tr}} = c_{i^{Tr}}^{FOB} \quad (11.15)$$

заменить верхний индекс "e" на "b"

$$y_{i^{Rt}q}^{Exp} + \left( \sum_{i \neq i^{Rt}} c_i^e \right) u_{i^{Rt}} = c_{i^{Rt}}^{FOB} \quad (11.16)$$

Наконец, ограничение снизу на величину сальдо торгового баланса (чистого экспорта):

$$Ip_i = \sum_{j=1}^n x_j w_{ij} v_i d_{ij}^{ID} + u_i v_i c_i^{idnd} d_i^{idnd} + \sum_{q=1}^n y_{iq} v_i d_{iq}^{fu} \quad \forall i \quad (11.17)$$

$$\sum_{\forall i: i \neq i^{Tr}, i \neq i^{Rt}} (y_i^{FOB} - Ip_i) \leq c^{NX} \quad (11.18)$$

Здесь из суммирования исключены слагаемые, соответствующие значениям  $i = i^{Tr}$  и  $i = i^{Rt}$ , так как соответствующие расходы оплачиваются резидентами во внутренней валюте и, следовательно, не участвуют в формировании торгового баланса.

Таким образом, задача для одного отдельного года прогнозного периода заключается в отыскании набора векторов  $\{x_i, u_i, v_i\}_{i=1, \dots, n}$  и матриц  $\{\xi_{ij}\}_{i \in I^0, j \in J^0}$ ,  $\{y_{iq}\}_{i=1, \dots, n, q=1, \dots, 6}$ , максимизирующих функцию (11.1)

при ограничениях (11.2) – (11.18). Напомним, что при решении этой задачи величины  $\{y_q^b\}_{q=1, \dots, 5}$ ,  $\{y_{iq}^{Exp}\}_{i=1, \dots, n}$ , матрица  $\mathcal{R}$ , а также

матрица коэффициентов прямых затрат  $\mathcal{A}$  и вектор производствен-

ных мощностей  $m$ , сформированные с учетом действия в рассматриваемом году всех влияющих на эти величины факторов, кроме изменения цен, рассматриваются как известные константы.

По совокупности всех искомым переменных задача (11.1) – (11.18) представляет собой общую задачу нелинейного программирования. Важно, однако, что во все члены (слагаемые) и целевой функции, и ограничений каждая отдельная искомая переменная, кроме  $u_i$ , если входит, то входит только линейно. Целиком же каждое слагаемое по совокупности всех переменных, кроме  $u_i$ , представляет выражение одного из следующих типов: линейное, билинейное, трилинейное<sup>34</sup>. При этом при любых фиксированных значениях переменных  $\{u_i, v_i\}_{i=1, \dots, n}$  и матрицы  $\{\xi_{ij}\}_{i \in I^0, j \in J^0}$  матрица  $y$ ,

как показано ниже, определяется однозначно и, следовательно, перестает быть аргументом оптимизации. При фиксированных значениях переменных  $\{u_i, v_i\}_{i=1, \dots, n}$ ,  $\{\xi_{ij}\}_{i \in I^0, j \in J^0}$ ,  $\{y_{iq}\}_{i=1, \dots, n, q=1, \dots, 6}$  задача (11.1) –

(11.18) переходит в задачу линейного программирования по переменным  $\{x_i\}_{i=1, \dots, n}$ .

Такая структура целевой функции и ограничений позволяет устроить каждую итерацию решения задачи (11.1) – (11.18) следующим образом. Значения переменных  $\{u_i, v_i\}_{i=1, \dots, n}$  и  $\{\xi_{ij}\}_{i \in I^0, j \in J^0}$ ,

полученные на предыдущей итерации, временно фиксируются, отыскиваются соответствующие им однозначно определяемые значения матрицы  $y$  и условно-оптимальные значения переменных  $\{x_i\}_{i=1, \dots, n}$ . Из найденной таким способом точки  $\{x^k, u^k, v^k, y^k, \xi^k\}$  выполняется в пространстве совокупности всех этих переменных шаг в направлении, обеспечивающем улучшение (или хотя бы не ухудшение) целевой функции (11.1). Для отыскания такого направления выполняется одна итерация решения общей задачи нелинейного программирования. На этом очередная  $k$ -я итерация решения общей задачи линейного программирования заканчивается и затем таким же образом выполняется следующая итерация и так далее.

<sup>34</sup> На существенность факта полилинейности целевой функции и ограничений внимание автора обратил Е.С. Левитин. Им же предложены автору основные идеи построения алгоритма решения задачи с такого рода функциями и конкретизация этих идей применительно к рассматриваемой здесь задаче.

## 12 Компьютерная реализация модели

Разработанная модель (версия, описанная в разделе 9, с некоторыми элементами, описанными в разделе 10) реализована в виде комплекса компьютерных программ, написанных в системе программирования «MATLAB» и интерфейса, реализованного в системе EXCEL.

В EXCEL удобно готовить большие массивы исходных данных, варьировать их, вводить разнообразные системы защиты от случайных ошибок ввода данных, контроля их внутренней непротиворечивости. Специально предусмотренными в EXCEL средствами готовые исходные данные буквально несколькими щелчками мыши легко передаются в среду MATLAB. Результаты расчетов так же легко передаются из MATLAB в EXCEL, где они отображаются в удобном для восприятия человеком виде. Средства EXCEL особенно эффективны при необходимости проведения пост-модельных аналитических расчетов, в том числе и по таким алгоритмам анализа, которые не удалось предвидеть заранее, идея которых возникает только после ознакомления с результатами очередного варианта расчетов, их содержательного осмысления.

Выполнять же расчеты по самой модели средствами EXCEL возможно лишь при предельном ее упрощении вплоть до потери многих ее существенных свойств, да и то только при сокращении ее размерности путем сверх-укрупненного агрегирования номенклатуры видов продукции. В общем, возможность выполнения содержательных расчетов по разработанной модели средствами EXCEL является редким исключением.

Система программирования MATLAB обладает, по мнению автора, непревзойденным в настоящее время сочетанием простоты написания и чтения программы с ее вычислительной эффективностью – конечно меньшей, но вполне сопоставимой с возможностями таких языков программирования как C/C++. Достоинства MATLAB определяются в первую очередь тем, что множество его элементов почти полностью совпадает с множеством традиционных математических объектов – векторов, матриц, множеств; команды выполнения операций над ними записываются в виде, совпадающем или весьма близком к привычному виду математических формул. Размерность массивов, обрабатываемых программами, написанными

в MATLAB, практически неограниченна, при этом программист может не задумываться о размещении таких массивов в памяти компьютера. К этому перечню достоинств надо еще добавить наличие обширной библиотеки встроенных функций с традиционным способом обращений к ним. В состав встроенных входят почти все функции линейной алгебры, а также функции, решающие широкий спектр стандартных математических задач, как, например, поиск экстремума функции произвольного вида, задач линейного и нелинейного программирования, причем для последних вид целевой функции и ограничений может быть произвольным. В программном комплексе, реализующем разработанную модель вычислимого общего равновесия, широко использованы возможности, предоставляемые системой программирования MATLAB.

В завершение отметим, что MATLAB содержит внутренний инструмент для автоматической трансляции программ, написанных в MATLAB, в программы на языке C/C++, так что особо сложные программы, предъявляющие повышенные требования к скорости вычислений, можно, для ускорения и упрощения процесса разработки, отладки и тестовых испытаний, писать в системе MATLAB, а уже полностью готовую программу перетранслировать в C/C++. Конечно, такая программа будет уступать по быстродействию программе, с самого начала написанной профессиональным программистом на языке C/C++, но экономия времени на написание, отладку и доводку программы может оправдать некоторое несовершенство полученной, в конечном счете, программы на C/C++. Именно этот путь проделал автор в ходе разработки описываемого здесь программного комплекса, реализующего разработанную модель общего вычислимого равновесия.

Разработанный программный комплекс конкретно характеризуется следующим образом.

Исходные данные подготовлены в виде двух EXCEL-книг. В первой книге собраны данные, сформированные непосредственно из отчетного межотраслевого баланса и других статистических источников, эти данные, как правило, не меняются по вариантам расчетов. Во вторую EXCEL-книгу включаются данные, относящиеся к конкретному варианту расчета. Из данных, собранных в EXCEL-книгах, средствами интерфейса EXCEL-MATLAB формируется MATLAB-файл (“mat-file” – термин MATLAB), включающий все необходимые для расчета исходные данные.

Программный комплекс написан в системе MATLAB. Он состоит из следующих основных блоков:

1. Формирование варианта исходных данных, принимаемых для рассматриваемого варианта расчета. Для формирования данных блок вводит заранее заготовленный MATLAB-файл всех исходных данных и организует диалог, в ходе которого можно, при необходимости, вносить изменения в отдельные заранее заготовленные данные. Вводится также идентификатор варианта, присваиваемый в ходе расчетов всем результатам, что позволяет гарантированно различать результаты, полученные в разных вариантах расчета.
2. Расчет всех показателей для базового года, включая значения функций, являющихся целевой функцией и ограничениями для решаемой далее оптимизационной задачи. Вычисление значений этих функций по тому же алгоритму, который затем используется в оптимизационной задаче, обеспечивает методическую согласованность и сопоставимость показателей прогнозируемых и базового года
3. Организация цикла по годам прогнозируемого периода. Для очередного года формируется комплект исходных данных, включающий все данные, являющиеся исходными для задачи в целом, и те результаты расчета, выполненного для предыдущего года, которые являются исходными для предстоящего года. Из этого блока вызывается функция, подготавливающая данные для обращения к стандартной программе решения общей задачи нелинейного программирования и вызывающая эту функцию на исполнение. Найденное оптимальное решение возвращается в этот блок, и организуется сохранение компонент решения в отдельных массивах, предназначенных для хранения динамики каждого из компонентов. Кроме того, сохраняются значения всех величин, необходимых для продолжения решения задачи после прерывания решения, вызванного какими-либо причинами. Предусмотрена возможность приостановить процесс решения после завершения расчетов для года с наперед заданным номером.

Описанный здесь блок реализован в двух модификациях: одна предназначена для организации решения задачи с начала, то есть с года №1 прогнозного периода; вторая модификация блока предна-

значена для продолжения решения, начиная со следующего после любого из годов, для которых ранее расчеты были уже завершены.

4. Функция, подготавливающая данные для обращения к стандартной программе решения общей задачи нелинейного программирования. В разделе 7.2.9 показано, что оптимизация осуществляется по совокупности нескольких переменных, являющихся векторами и матрицами различных размерностей – вектор  $x$  объемов выпуска, матрица  $y$  объемов конечного использования продуктов, вектор  $u$  индексов цен и тарифов, вектор  $v$  корректирующих коэффициентов доли импорта,

матрица  $\left\{ \xi_{ij} \right\}_{\substack{i \in I^0 \\ j \in J^0}}$  – доли, в которых общая потребность

во взаимозаменяемых продуктах будет удовлетворена в текущем году. Рассматриваемая здесь функция готовит исходные значения оптимизируемых переменных.

5. Стандартная программа решения общей задачи нелинейного программирования, реализованная в системе MATLAB в виде функции, имеющей имя «fmincon», принимает в качестве аргумента, по которому проводится оптимизация (поиск экстремума), только один вектор произвольной, но фиксированной размерности, для этого вектора должно быть задано исходное значение. Должны быть заданы также ограничения снизу и сверху на значения каждой из координат оптимизируемого вектора. Рассматриваемая здесь функция подготовки входного вектора для функции «fmincon» преобразует совокупность переменных, по которым должна производиться оптимизация, в один вектор и формирует ограничения снизу и сверху на его координаты. Исходное значение оптимизируемого вектора не обязательно должно удовлетворять всем учитываемым в задаче ограничениям, но время, затрачиваемое на поиск экстремума, сокращается при уменьшении совокупности всех нарушений установленных ограничений, порождаемых вектором исходных значений, а также, если исходный вектор не слишком далек от оптимального. В рассматриваемой функции подготовки данных приняты меры для формирования исходного вектора, по возможности удовлетворяющего указанным требованиям.

Стандартная функция «fmincon» должна получить в качестве аргументов имена функции, вычисляющей значение целевой функции, и вектор-функции, представляющей собой левую часть системы нелинейных ограничений. Каждая из этих функций может принимать в качестве единственного аргумента очередное значение вектора, по которому производится оптимизация. Целевая функция выдает в качестве результата только одно число, вектор-функция ограничений – числовой вектор значений левой части системы нелинейных ограничений. Для выполнения вычислений эти функции должны получить, кроме входного вектора, большое количество других матриц, векторов, скаляров (всего более 100 имен). Эти величины сгруппированы в три комплекта (в терминах MATLAB – «структуры»), они передаются в упомянутые функции как параметры.

6. Функция вычисления значения целевой функции и вектор-функция вычисления левых частей нелинейных ограничений содержат последовательность операторов, выделяющих из полученного входного вектора значения каждой из оптимизируемых переменных и разгруппирование комплектов, полученных в виде параметров, на отдельные переменные. Затем выполняется последовательность операторов, вычисляющих, соответственно, значение целевой функции и левых частей нелинейных ограничений. Совокупность этих операторов содержит более 6000 строк, они разбиты на группы по экономическому смыслу вычисляемых показателей. Каждая такая группа оформлена в виде «скрипта» (термин MATLAB для обозначения группы операторов, выполняющих операции с переменными, находящимися в общей памяти, в отличие от функций, каждая из которых работает только в своей собственной внутренней области памяти).

Перечень скриптов:

1. Расчет вспомогательных параметров.
2. Расчет объемов активных фондов по возрастным группам по состоянию на начало текущего периода, а также фондоемкости выпуска продукции по отраслям.
3. Корректировка коэффициентов прямых затрат в текущем периоде по фактору «распределение производственных фондов по их возрасту» и по фактору «влияния загрузки автомобильных дорог на затраты по эксплуатации и ремонту автомоби-

лей». Здесь же корректируются коэффициенты прямых затрат отдельных видов деятельности, на которые подразделен железнодорожный транспорт, по соотношениям объемов производственных основных фондов, используемых в этих видах деятельности.

4. Формирование индексов цен и тарифов.
5. Расчет текущих значений отношений наценок и налогов к затратам на продукты.
6. Корректировка коэффициентов прямых затрат по фактору «индексы цен и тарифов».
7. Корректировка элементов матрицы коэффициентов прямых затрат, относящихся к железнодорожному транспорту, по фактору «выполнение перевозок повышенного качества».
8. Расчет матрицы удельных затрат и налогов.
9. Корректировка фондоемкости по фактору «использование перевозок повышенного качества», а также по факторам «соотношение объемов взаимосвязанных видов производственных основных фондов железнодорожного транспорта» и «соотношение объемов пробега совокупности всех автомобилей и объема производственных основных фондов сети автомобильных дорог».
10. Формирование матриц затрат, не зависящих от объема выпуска в текущем периоде.
11. Вычисление объемов конечного использования и импорта.
12. Расчет промежуточных показателей, используемых при расчете рентабельности.
13. Расчет финансовых результатов при выбранных (или заданных) объемах выпуска и затрат на производство.
14. Вычисление объема и возрастной структуры фондов по состоянию на конец текущего периода.

Разработаны также EXCEL-программы для некоторых типовых видов пост-модельного анализа результатов расчета, а также для формирования сводных таблиц и некоторых диаграмм.

Расчеты, выполненные по описанному здесь программному комплексу на компьютере, имеющем 4 ядра, 16 Гб внутренней памяти, с распараллеливанием вычислений на 8 потоков, показали, что вычисление на прогнозный период, включающий 20 лет, требуют от 100 до 300 часов чистого счета. Почти все это время уходит на опти-

мизацию решений в каждом из годов прогнозного периода. Практически это означает, что оптимизационные расчеты надо переносить на суперкомпьютер. Такая работа сотрудниками факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета А.В. Анисимовым и А.И. Смирновым при участии автора по состоянию на конец 20013 г. в основном выполнена, но пока не доведена до окончательного результата.

### 13 Экспериментальные расчеты

Главной частью исходных данных для экспериментальных расчетов послужил отчетный межотраслевой баланс России за 2003 г – последний из опубликованных Росстатом к настоящему времени (2013 г.). Первоначально этот баланс был получен Институтом системного анализа РАН в версии, в которой номенклатура видов продуктов включала 45 наименований, из числа которых транспорт был представлен одной позицией. По специальному запросу ИСА РАН Росстат разработал дополнительную версию баланса, в которой транспорт был представлен раздельно по видам грузового и пассажирского транспорта. Эта версия и стала основой выполненных экспериментальных расчетов.

Результаты экспериментальных расчетов следует рассматривать, в первую очередь, как демонстрацию принципиальных возможностей использования разработанной модели и реализующего ее программного комплекса. Содержательные рекомендации, которые могут вытекать из полученных результатов расчетов, следует рассматривать как предварительные, требующие дополнительной доработки и проверки на основе использования более современных исходных данных. Тем не менее, автор полагает, что уточненные расчеты вряд ли приведут к существенному изменению рекомендаций.

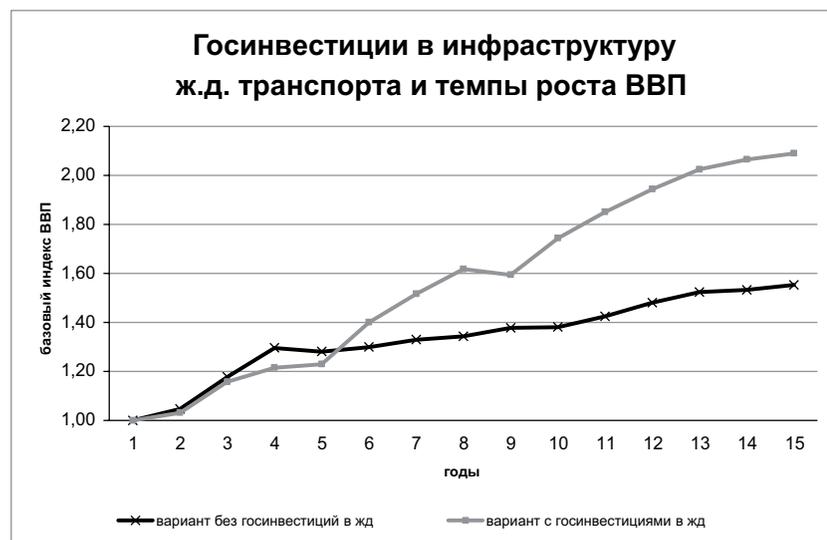
#### 13.1 Пример расчета эффективности государственных инвестиций в инфраструктуру железнодорожного транспорта

В качестве примера использования разработанной модели рассмотрен вопрос о целесообразности и важнейших последствиях участия государственного бюджета России в финанси-

вании инвестиций в развитие инфраструктуры магистрального железнодорожного транспорта. Выделение средств на финансирование инвестиций в железнодорожную инфраструктуру в выполненных расчетах произведено в пределах формирующегося в каждом году общего объема государственного бюджета за счет перераспределения его расходов по направлениям финансирования экономики страны. При этом налоговые доходы бюджета меняются только в соответствии с изменением налоговой базы, ставки всех налогов считаются неизменными. В качестве расчетного принят период продолжительностью 15 лет.

По модели выполнены 2 варианта расчета. Вариант №1 соответствует выделению госинвестиций в железнодорожный транспорт в объеме, фактически выделенном в 2012 г. В варианте №2 объем государственных инвестиций, исчисленных в неизменных ценах (в ценах базового 2012 г.), в развитие инфраструктуры железных дорог принят на первые 5 лет прогнозного периода на уровне 1,5% от ВВП 2012 г., то есть в первом году пятилетия около 900 млрд. руб. с соответствующим ростом абсолютной величины по мере роста ВВП, во втором пятилетии – около 1,2% прогнозируемого (полученного в ходе расчетов по модели) объема ВВП каждого года, в третьем пятилетии – около 1% прогнозируемого объема ВВП. В расчете варианта №2 принято, что общий объем государственных инвестиций в экономику России по годам расчетного периода меняется пропорционально объему ВВП. Разность между общим объемом госинвестиций и госинвестициями в инфраструктуру железнодорожного транспорта распределена между отраслями экономики примерно в тех же пропорциях, как это можно было определить из публикуемых данных государственной отчетности.

На рис. приведены графики динамики индексов объемов ВВП по отношению к базовому году по вариантам. Видно, что в 15-м году расчетного периода индекс роста ВВП по отношению к базовому году в варианте №1 составит 1,6, а в варианте №2 – 2,1, то есть в 1,35 раза выше.



В то же время следует отметить, что в годах 3-м, 4-м и 5-м индекс ВВП, а, следовательно, и его объем в варианте №2 немного, но все же ниже, чем в варианте №1. Это объясняется тем, что в начале периода госинвестиции в остальные отрасли (прежде всего в автомобильное хозяйство и в социальную сферу) уже уменьшились из-за отвлечения их в инфраструктуру железнодорожного транспорта, а эффект от инвестиций в железнодорожный транспорт вследствие значительной продолжительности строительства (лага инвестиций) начинает проявляться только с начала второго пятилетия. Начиная с этого момента, темпы роста ВВП в варианте №2 постоянно и во все возрастающем соотношении превышают показатели варианта №1.

Дополнительная информация о сопоставлении рассматриваемых вариантов приведена в таблице.

### Важнейшие показатели по вариантам

Наименование показателя	Значения показателей по вариантам	
	№1	№2
Среднегодовой темп роста ВВП, %	3,19	5,40
Относительный прирост суммарных за расчетный период затрат госбюджета на автомобильное хозяйство в варианте №2 по отношению к варианту №1	0	9,74
Относительный прирост суммарных за расчетный период затрат госбюджета на социальную сферу в варианте №2 по отношению к варианту №1	0	3,97

Приведенные данные о росте ВВП показывают, что в целом вариант №2 значительно эффективнее, чем вариант №1, то есть, что выделение государственных инвестиций в развитие инфраструктуры железнодорожного транспорта в рассмотренном объеме с точки зрения общества целесообразно. В то же время недостатком варианта №2 является замедление развития автомобильного хозяйства и социальной сферы в первом пятилетии рассматриваемого 15-летнего периода. Хотя это временное замедление затем, во 2-м и 3-м пятилетиях, полностью восполняется и значительно перекрывается, все же такое замедление не желательно. Одним из способов избежать указанного недостатка могло бы стать выделение инвестиций в инфраструктуру железнодорожного транспорта в первом пятилетии не в рамках складывающихся доходов бюджета, а за счет увеличения государственного долга или дефицита (уменьшения профицита) бюджета. Целесообразность таких вариантов должна быть исследована дополнительно, что вполне возможно средствами разработанной модели.

### 13.2 Пример расчета влияния уровней финансирования дорожного хозяйства на макроэкономические показатели России

#### 13.2.1 Содержание расчетов

Этот расчет носит в значительной своей части прогнозный характер. Для проведения экспериментальных

расчетов были использованы в качестве исходных данные, содержащиеся в документе «Федеральная целевая программа «Модернизация транспортной системы России (2002-2010 годы)», раздел «Подпрограмма “Автомобильные дороги»». Эта подпрограмма разработана Росавтодором. Использована редакция «Подпрограммы» по состоянию на 9.08.2005 г.

В качестве общественного эффекта развития и улучшения сети автомобильных дорог принята сумма величин прироста ВВП России, прироста потребительского эффекта от увеличения скорости легковых автомобилей, снижения потерь, связанных с ДТП и с воздействием автотранспорта на окружающую среду. Все указанные значения приростов положительных и снижения негативных результатов определены по сравнению с вариантом, предусматривающим затраты, составляющие 70% по сравнению с величиной, предусмотренной в «Подпрограмме». Последний вариант в дальнейшем называется «базовым».

Эффект, то есть разность суммы всех результатов и затрат, определен в сумме за жизненный цикл развития сети и последующей ее эксплуатации – за период с 2006 года по 2035 году, то есть с начала работ по развитию сети до их завершения в 2015 году и затем еще в течение 20 лет эксплуатации сети при условном сохранении ее состояния, достигнутого в 2015 году. Инвестиции в развитие и улучшение сети учитываются на протяжении периода действия «Программы», то есть с 2006 по 2015 год. Расходы на содержание и ремонт сети в период 2006 – 2015 г.г. приняты по данным «Программы», а соответствующие годовые показатели в периоде 2016-2035 г.г. учтены в размере, составляющем постоянную долю от годового объема ВВП соответствующих лет. Естественно, что при расчетах показателей эффективности все затраты и результаты исчисляются в постоянных ценах, в работе приняты цены 2005 г.

Выполненные автором ранее специальные исследования показали, что величина народно-хозяйственного эффекта, порождаемого ресурсосбережением в какой-либо одной отрасли, существенно зависит от вида источника финансирования мероприятий, обеспечивающих это ресурсосбережение. Рассматриваемые в настоящей работе мероприятия по улучшению сети автомобильных дорог в подавляющей части финансируются из консолидированного бюджета Российской Федерации. В этом случае, как это следует из резуль-

татов упомянутого выше исследования, весьма существенно – осуществляется ли увеличение финансирования дорожного хозяйства в пределах сложившейся общей величины расходов государственного бюджета или эта общая величина возрастает на величину прироста расходов на дорожное хозяйство. В последнем случае в экономике страны возникает мультипликативный эффект, в результате которого рост ВВП оказывается в 2,5 – 3,5 раза выше, чем при увеличении расходов на дорожное хозяйство без увеличения общей величины расходов государственного бюджета. Расчеты по модели выполнены в двух вариантах – при финансировании автодорожного хозяйства в пределах складывающихся доходов бюджета и с дополнительным привлечением внебюджетных средств. В качестве оценки эффективности «Подпрограммы» приняты показатели, равные полусумме результатов, полученных в указанных выше двух вариантах.

### 13.2.2 Результаты расчетов

Сводка результатов расчета, соответствующего финансированию половины всего прироста затрат на дорожное хозяйство за счет соответствующего увеличения общей суммы расходов государственного бюджета, приведена в таблице 1.

Анализ данных таблицы 1 позволяет сделать следующие выводы об эффективности рассматриваемого варианта «Программы». Даже без учета мультипликативного эффекта, возникающего при дополнительном внебюджетном финансировании, этот вариант эффективен, так как имеет положительное значение ЧДД. Тот факт, что значение ЧДД невелико по сравнению с затратами, не должен вводить в заблуждение о, якобы, низкой эффективности «Программы». В действительности любое, даже малое превышение нулевого значения ЧДД, говорит о том, что эффективность проекта превышает нормативное значение, и, значит, его эффективность вполне достаточна. Об этом говорит и полученное значение внутренней нормы доходности, которое превышает принятое в работе нормативное значение дисконта.

Следует, однако, отметить, что доля снижения транспортных издержек в общей величине результата в сфере транспорта оказалась меньше 10%. Не на много большим оказался и результат активизации бизнеса. Детальный анализ показал, что это является следствием весьма малого прогнозируемого роста скорости движения пото-

ка автомобилей. По-видимому, при дальнейшей работе над планами улучшения автомобильных дорог следует уделить больше внимания обоснованному определению главного результата улучшения дорог – роста скорости и разработке мер по формированию более тесной связи между объемом средств, выделяемых на улучшение автомобильных дорог, и достигаемым при этом ростом скорости.

Сводка результатов расчета

Таблица 1

Показатели	Значения показателей в вариантах «Программы»*	
	Все финансирование из средств бюджета	Смешанное финансирование в равных долях из бюджета и из внебюджетных средств
1. Общий объем финансирования Подпрограммы модернизации и развития дорожной сети за период 2002-2010 гг., млрд. руб., всего	751,3	751,3
2. Результат в сфере транспорта, всего, млрд. руб., в том числе:	642,2	1146,4
2.1. Потребительский эффект от повышения скорости движения легковых автомобилей	350,4	350,4
2.2. Эффект от снижения транспортных эксплуатационных издержек	87,2	591,4
2.3. Эффект от уменьшения числа и тяжести последствий ДТП**	204,6	204,6

3. Результат во внутранспортной сфере, всего, млрд. руб., в том числе:	241,0	1055,2
3.1. Эффект от снижения негативного влияния транспортно-дорожного комплекса на состояние окружающей среды**	100,3	100,3
3.2. Эффект от активизации предпринимательской деятельности, снижения себестоимости товаров за счет сокращения транспортных издержек, создания дополнительных рабочих мест	140,7	954,9
4. Суммарный результат	883,2	2201,6
5. Чистый дисконтированный доход (разность «суммарный результат» – «объем финансирования»), млрд. руб.	131,9	1450,3
6. Срок возврата дисконтированных затрат, лет	19,5	11,7
7. Индекс доходности	1,2	2,9
8. Внутренняя норма доходности, %	11,8%	30,8%
* Все стоимостные значения представляют собой сумму затрат или результатов за период 2005-2035 г.г., дисконтированных (приведенных) к 2010 г.		
** Методики расчета этих эффектов не являются результатами исследования автора, соответствующие численные значения приведены для полноты характеристики рассматриваемых вариантов.		

**Заключение.** Исследования, результаты которых приведены в книге, позволили развить и дать дополнительное обоснование фундаментального вывода о том, что модель общего вычислимого равновесия является эффективным инструментом системного анализа межотраслевых связей экономики, а также взаимосвязей между технико-экономическими параметрами отраслей экономики и показателями макроэкономики страны. Основные направления развития модели вычислимого общего равновесия экономики, реализованные в проведенном исследовании, указаны в разделе 6.3 книги, перечень содержательных результатов исследования экономики, которые могут быть получены с использованием разработанной модели, приведен в разделе 6.4. Некоторые из указанных направлений развития и возможных результатов рассматривались изолированно в ранее опубликованных работах других авторов. В данной книге все важнейшие аспекты вычислимого равновесия – как разработанные автором, так и ранее публиковавшиеся в изолированном виде – сведены в единую систему и представлены в виде целостной математической модели.

Автором впервые, насколько ему известно, введены в рассмотрение, исследованы и включены в модель связи между динамически изменяющейся возрастной структурой производственных основных фондов, их техническим уровнем и качеством выпускаемой продукции. Повышение качества используемых в производстве продуктов ведет к увеличению доли добавленной стоимости в стоимости выпуска продукции и к общему повышению эффективности экономики.

В разработанной модели учтено, что производственные затраты, величина которых не зависит от объема выпуска продукции в текущем году, зависят от наличного объема производственных основных фондов, их возрастной структуры. Совместное влияние возрастной структуры производственных фондов на коэффициенты прямых затрат и на затраты, не зависящие от объема выпуска продукции, приводит, как показали выполненные по модели расчеты, к целесообразности ввода в эксплуатацию новых производственных мощностей даже при неполной загрузке существующих старых мощностей. Выявлены численные границы целесообразности такой замены.

Важными дополнениями, введенными в модель, являются также ограничения на допустимые значения сальдо торгового

го баланса страны и рентабельности продукции отраслей. Это особенно актуально для современной экономики России. При переходе ее к более высокому удельному весу обрабатывающей промышленности, значительную часть производственных затрат которой в настоящее время составляют импортные продукты, общий темп роста экономики может оказаться выше темпов роста экспорта, сальдо торгового баланса будет уменьшаться и может наступить момент, когда недостаток иностранной валюты станет ограничивать возможный объем импорта, а вместе с ним – и объем выпуска продукции, для производства которой требуются импортные продукты. С помощью расчетов по модели определены численные параметры этого негативного процесса. Парировать эти негативные тенденции можно путем увеличения импортозамещения, но для этого отечественная промышленность должна расширять выпуск конкурентоспособной продукции.

На уровне постановки задачи и формирования основных подходов к ее решению впервые в модель вычислимого равновесия включены взаимосвязи между затратами и результатами деятельности фундаментальной науки, прикладной науки и техническим уровнем вводимых в эксплуатацию производственных мощностей. Показано, как, опираясь на указанную цепочку взаимосвязей, можно увеличить импортозамещение и избежать (сократить) указанные выше негативные последствия сокращения положительного сальдо торгового баланса.

Важная часть книги – результаты исследования специфических для транспорта взаимосвязей его с другими отраслями и с экономикой страны в целом. Эти взаимосвязи описаны на содержательном уровне и включены в математическую модель. Общая для всех видов грузового транспорта специфика – зависимость коэффициентов прямых затрат на оплату услуг транспорта от коэффициентов прямых затрат товаров, используемых в производстве. Эта зависимость установлена и введена в модель отдельно для каждой отрасли экономики (вида экономической деятельности).

Более подробно, чем другие виды транспорта, рассмотрены магистральный железнодорожный и автомобильный транспорт совместно с автодорожным хозяйством.

Железнодорожный транспорт подразделен на ряд подвигов деятельности, оказывающих платные услуги друг другу, и толь-

ко подвиды деятельности «грузовые перевозки», «пассажирские перевозки в дальнем следовании» и «пассажирские перевозки в пригородном сообщении» предоставляют услуги сторонним по отношению к железнодорожному транспорту покупателям – производителям различных продуктов и конечным потребителям. При этом услуги по перевозке грузов подразделены на категории качества в соответствии с требованиями, предъявляемыми клиентами к их параметрам – ритмичность перевозок, перевозки строго по графику, перевозки с повышенной скоростью. В модель грузовые перевозки различных категорий включены как разные продукты, различающиеся затратами на производство и ценами реализации (перевозочными тарифами). Смоделировано влияние использования перевозок повышенного качества на сокращение вынужденных запасов продукции, создаваемых для предотвращения негативных последствий несвоевременного подвоза товаров к их получателям, получены численные оценки степени этого влияния. Расчеты показали, что использование грузовых железнодорожных перевозок повышенного качества экономически эффективно как клиентам, несмотря на существенно более высокие перевозочные тарифы, так и для железнодорожного транспорта, рентабельность продукции которого при этом повышается, несмотря на необходимое для выполнения таких перевозок повышение его производственных затрат.

Услуги локомотивов и грузовых вагонов подразделены по их возрастным группам, услуги каждой такой группы рассматриваются как отдельный вид продукции, предоставляемый перевозчикам. Услуги разных возрастных групп взаимозаменяемы. Удельные затраты и производительность локомотивов и грузовых вагонов, а также показатели их технической надежности, влияющие на экономическую ответственность перевозчиков перед клиентурой, различаются по возрастным группам локомотивов и вагонов. Все упомянутые зависимости включены в модель, определены численные характеристики влияния возраста локомотивов и грузовых вагонов на эффективность деятельности железнодорожного транспорта и на уровень удовлетворения требований клиентуры к качеству грузовых железнодорожных перевозок. Показано, что увеличение доли младших возрастных групп в общей численности парков локомотивов и грузовых вагонов целесообразно даже при неполном использовании парков, относящихся к самым старшим возрастным группам. Опре-

делены источники финансирования инвестиций в приобретение новых локомотивов и грузовых вагонов, и объемы финансирования, сбалансированные с формированием этих источников.

Определены рациональные соотношения уровней развития железнодорожной инфраструктуры (путевого хозяйства и других, тесно связанных с ним устройств) с суммарной численностью парков всех видов подвижного состава – локомотивов, грузовых и пассажирских вагонов, мотор-вагонных поездов. Показано, что общие темпы развития экономики страны повышаются, если, кроме собственных источников инвестиций, формируемых за счет доходов от перевозок, в развитие железнодорожной инфраструктуры вкладываются весьма большие (порядка 1% от объема ВВП или даже несколько больше на начальных этапах и с некоторым сокращением этой доли в перспективе) государственные инвестиции. Этот вывод получен с учетом того, что вкладываемые в железнодорожную инфраструктуру государственные инвестиции выделяются из ограниченного государственного бюджета, а доходы бюджета растут вместе с ростом экономики страны, ускоряющимся при сбалансированном развитии железнодорожной инфраструктуры.

Проведено исследование взаимовлияния параметров, характеризующих техническое состояние сети автомобильных дорог (протяженность сети, ее структура по техническим категориям, объем задолженности по капитальным ремонтам автодорог) и параметров работы автомобильного транспорта. По результатам исследования разработан инструмент для определения рационального соотношения объемов затрат в строительство новых дорог, реконструкцию и ремонт существующих дорог, сбалансированных с объемом работы автомобильного транспорта, который, в свою очередь, сбалансирован с потребностями экономики в автомобильных перевозках и с потребностями населения в использовании индивидуальных легковых автомобилей в личных целях. При этом в составе работы автотранспорта учтен пробег не только автомобилей, входящих в отрасль «Автотранспорт», но и так называемых «технологических автомобилей», работающих в составе очень многих отраслей экономики. Актуальность учета работы «технологических автомобилей» определяется тем, что численность их парка близка, а по некоторым оценкам даже существенно превышает численность парка автомобилей, работающих в составе отрасли «Автомобильный транспорт».

Выполненные по модели расчеты показали, что рациональный уровень затрат государственного бюджета на строительство, ремонт и текущее содержание автомобильных дорог составляет в ближайшей перспективе около 1,5% ВВП с дальнейшим снижением этой доли до 0,8% ... 1% с учетом прогнозируемого по модели темпа роста объема ВВП. При этом, естественно, учтено влияние улучшения технико-эксплуатационного состояния сети автомобильных дорог на повышение темпов роста ВВП.

Опыт разработки модели вычислимого общего равновесия экономики и транспорта, а также результаты выполненных экспериментальных расчетов позволяют рекомендовать в качестве первоочередных направлений дальнейшего исследования рассматриваемой проблемы следующие:

1. Разработка общей методологии и конкретных методик формирования иерархической системы моделей, в которой модель вычислимого общего равновесия экономики будет интегрирующим блоком, итеративно взаимодействующим с моделями развития и функционирования отраслей и других крупных производственных комплексов (включая производство товаров и услуг, рыночных и нерыночных), а также с моделями формирования уровня жизни и потребительского поведения населения.
2. Развитие разработанной модели в направлении включения в нее блока детального описания функционирования финансового сектора экономики, в том числе формирования курса отечественной валюты по отношению к мировой, а также формирования и использования кредитных ресурсов.
3. Разработка модели принятия решений несколькими независимыми институциональными агентами – руководством государства, независимыми инвесторами, топ-менеджерами крупных производственных комплексов, наемными работниками. Каждый из институциональных агентов при принятии решений в сфере своей компетенции руководствуется собственными интересами и ограничениями. Включение такого блока в модель вычислимого общего равновесия принципиально изменит ее математическую структуру – из класса моделей скалярной оптимизации она перейдет, по-видимому, в класс моделей игры многих лиц с ненулевой суммой. Мате-

матические модели такого класса в настоящее время исследованы недостаточно, надо будет разработать новые методы конструктивного их решения.

4. Разработка модели формирования и использования трудовых ресурсов с учетом демографических, экономических и социо-психологических факторов, а также моделей трудового поведения наемных работников.
5. Для более адекватного отображения железнодорожного транспорта необходимо разработать иерархическую систему моделей, в которой интегрирующий блок верхнего уровня будет итеративно взаимодействовать с блоками нижних уровней, детально описывающими функционирование и взаимодействие институциональных агентов, выполняющих отдельные подвиды экономической деятельности. При этом надо учесть, что часть этих агентов находятся в отношениях административной подчиненности (что, впрочем, не лишает их собственных интересов), а другие административно независимы, но оказывают существенное воздействие на возможность достижения интересов партнеров.

Важным фактором, который должен быть адекватно отображен в рассматриваемой системе моделей железнодорожного транспорта, является то обстоятельство, что и потребность в его продукции, и его производственные мощности территориально фиксированы и не взаимозаменяемы в территориальном разрезе.

6. Модель комплекса «Автомобильный транспорт и автодорожное хозяйство» целесообразно развивать в следующих направлениях: исследовать и включить в модель закономерности распределения пробегов автомобилей по дорогам разных технических категорий с учетом территориального размещения этих дорог и их частичной взаимозаменяемости; учесть влияние технико-эксплуатационного состояния отдельных полигонов сети автомобильных дорог на формирование потребностей в автомобильных перевозках и в пробеге индивидуальных легковых автомобилей; ввести раздельное моделирование функционально различающихся участков сети – федеральных и региональных магистралей, пригородных участков вокруг мегаполисов,

межмуниципальных дорог; уточнить обобщенные зависимости скорости автомобилепотока и затрат на эксплуатацию и ремонт автомобилей от технического состояния покрытия дороги и от интенсивности их загрузки. Особо следует рассмотреть вопрос о влиянии технико-эксплуатационного состояния дорог (раздельно по упомянутым выше их функциональным группам) на пробег индивидуальных легковых автомобилей в личных целях, а также о влиянии совокупности параметров состояния дорог и использования индивидуальных автомобилей на величину спроса домашних хозяйств на легковые автомобили.

7. Необходимо исследовать закономерности и сферы конкуренции автомобильного и железнодорожного транспорта, способы описания конкуренции в модели вычислимого общего равновесия.
8. Проблемы, связанные с повышением уровня адекватности описания и способов включения в модель других (кроме рассмотренного здесь железнодорожного и автомобильного) видов транспорта требуют специального исследования.

## Приложения

### Примерный перечень эффектов, получаемых клиентами при использовании перевозок повышенного качества.

В таблицах 1 – 3 применена сквозная нумерация источников и видов эффектов: первая часть номера обозначает вид перевозок (1 – ритмичные, 2 – жесткие, 3 – срочные), вторая часть – вид перевозимого груза, третья часть – получатель эффекта (1 – отправитель груза, 2 – получатель груза), четвертая часть – порядковый номер вида эффекта, получаемого при перевозках данного вида груза.

Таблица 2

Эффекты, связанные с переходом от обычных перевозок к ритмичным		
Наименование перевозимой продукции	Эффекты, возникающие у отправителей	Эффекты, возникающие у получателей
1.1. Продукты нефтедобычи	1.1.1.1. Уменьшение объема запаса нефти в хранилищах.	1.1.2.1. Уменьшение объема запаса нефти в хранилищах.
	1.1.1.2. Уменьшение потерь нефти во время хранения ее в хранилищах.	1.1.2.2. Уменьшение потерь нефти во время хранения ее в хранилищах.
		1.1.2.3. Уменьшение простоев оборудования на НПЗ, увеличение производственной мощности и, как следствие при полном ее использовании – уменьшение фондоемкости производства продукции нефтепереработки.

1.2. Продукты нефтепереработки	1.2.1.1. Уменьшение запасов нефтепродуктов на НПЗ	1.2.2.1. Уменьшение запасов мазута на электростанциях и металлургических комбинатах
	1.2.1.2. Уменьшение потерь нефтепродуктов при хранении их в запасах на НПЗ	1.2.2.2. Уменьшение потерь мазута на электростанциях и металлургических комбинатах при хранении их в запасах на НПЗ 1.2.2.3. Уменьшение потерь авиакеросина при хранении его в запасах в аэропортах 1.2.2.4. Уменьшение простоев оборудования на электростанциях, работающих на мазуте, и на металлургических комбинатах. 1.2.2.5. Уменьшение задержек авиарейсов из-за отсутствия топлива в аэропортах
1.3. Уголь	1.3.1.1. Уменьшение запаса угля в отвалах при шахтах и карьерах	1.3.2.1. Уменьшение запасов угля на складах электростанций и металлургических комбинатов
	1.3.1.2. Уменьшение потерь угля (по его количеству и качеству) при хранении его в отвалах при шахтах и карьерах	1.3.2.2. Уменьшение потерь угля (по его количеству и качеству) при хранении его на складах электростанций и металлургических комбинатов 1.3.2.3. Уменьшение простоев оборудования на электростанциях, питающихся углем, и на металлургических комбинатах
1.4. Продукция промежуточной продукции отрасли “Черная металлургия” – руда, окатыши, агломерат	1.4.1.1. Уменьшение запасов руды, окатышей, агломерата на складах отправителей	1.4.2.1. Уменьшение запасов руды, окатышей, агломерата на складах получателей
	1.4.1.2. Уменьшение потерь (по количеству и качеству) руды, окатышей, агломерата при хранении их складах отправителей	1.4.2.2. Уменьшение потерь (по количеству и качеству) руды, окатышей, агломерата при хранении их складах получателей 1.4.2.3. Уменьшение простоев оборудования на предприятиях отрасли, выпускающих конечную продукцию отрасли – металл.

1.5. Продукция отрасли “Цветная металлургия” – руда	1.5.1.1. Уменьшение запасов руды при хранении ее складах отправителей	1.5.1.1. Уменьшение запасов руды при хранении ее складах отправителей
	1.5.1.2. Уменьшение потерь (по количеству и качеству) руды при хранении ее складах отправителей	1.5.2.2. Уменьшение потерь (по количеству и качеству) руды при хранении ее складах получателей 1.5.2.3. Уменьшение простоев оборудования на предприятиях отрасли
1.6. Продукты лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности	1.6.1.1. уменьшение потерь качества заготовленного леса-кругляка при хранении его на прирельсовых складах	1.6.2.1. Уменьшение простоев горнопроходческих работ на угольных шахтах из-за несвоевременного подвоза лесного крепежа.
	1.6.1.2. Уменьшение потерь качества продукции лесоперерабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности при хранении ее на складах производителей	1.6.2.2. Уменьшение потерь качества продукции лесоперерабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности при хранении ее на складах получателей 1.6.2.2. Уменьшение простоев оборудования на предприятиях лесоперерабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности из-за несвоевременного подвоза сырья
1.7. Строительные материалы (включая продукты стекольной и фарфоро-фаянсовой промышленности)	1.7.1.1. Уменьшение запасов цемента при хранении его на складах отправителей	1.7.1.1. Уменьшение запасов цемента при хранении его на складах получателей
	1.7.1.2. Уменьшение потерь (по количеству и качеству) цемента при хранении его на складах отправителей	1.7.2.2. Уменьшение потерь (по количеству и качеству) цемента при хранении его на складах получателей. 1.7.2.3. Уменьшение потерь качества железобетонных изделий, вызванных ухудшением качества используемого цемента 1.7.2.4. Уменьшение простоев строительных предприятий из-за несвоевременного подвоза цемента

Таблица 3

Эффекты, связанные с переходом от обычных перевозок к перевозкам по жестким расписаниям		
Наименование перевозимой продукции	Эффекты, возникающие у отправителей	Эффекты, возникающие у получателей
2.1. Продукты нефтедобычи	2.1.1.1. Снижение торговой-посреднической наценки на экспортируемую продукцию, определяемое уменьшением выплат неустоек за несоблюдение установленных контрактами сроков передачи продукции покупателям. На величину снижения торговой-посреднической наценки увеличиваются доходы производителей.	
2.2. Продукты нефтепереработки	Для экспортируемой продукции – то же	
2.3. Уголь	Для экспортируемой продукции – то же	
2.4. Черные металлы	Для экспортируемой продукции – то же	2.4.2.1. Уменьшение затрат на приобретение и обработку готового черного металла на предприятиях машиностроения, определяемое сокращением объемов вынужденного использования не предусмотренных установленной технологией сортаментов металла вследствие несвоевременного поступления требуемых сортаментов
2.5. Цветные металлы	Для экспортируемой продукции – то же	2.4.2.1. Уменьшение затрат на приобретение и обработку готовых цветных металлов на предприятиях машиностроения, определяемое сокращением объемов вынужденного использования не предусмотренных установленной технологией сортаментов металла вследствие несвоевременного поступления требуемых сортаментов

2.6. Продукты химической и нефте-химической промышленности	Для экспортируемой продукции – то же	
2.7. Машины и оборудование, продукты металлообработки		2.7.2.1. Увеличение выпуска продукции в отраслях-потребителях продукции машиностроения (электроэнергетика, нефтепереработка, черная и цветная металлургия, нефтехимия, само машиностроение), определяемое снижением задержек ввода оборудования в эксплуатацию. 2.7.2.2. Уменьшение торговой-посреднической наценки на реализуемую населению бытовую технику, определяемое уменьшением затрат на ее хранение на предприятиях торговли.
2.8. Продукты лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности		2.8.2.1. Уменьшение затрат на хранение промежуточной продукции отрасли на предприятиях отрасли, выпускающих конечную продукцию (мебель, бумагу) 2.8.2.2. Уменьшение простоев оборудования на предприятиях, выпускающих конечную продукцию отрасли – мебель, деревянные строительные конструкции – из-за несвоевременного подвоза лесоматериалов – пиленого леса, фанеры, ДСП и аналогичных материалов.

Таблица 3

Эффекты, связанные с переходом от обычных перевозок к срочным		
Наименование перевозимой продукции	Эффекты, возникающие у отправителей	Эффекты, возникающие у получателей
3.1. Черные металлы		3.1.2.1. Увеличение выпуска продукции машиностроения, определяемое снижением простоев производства из-за отсутствия возможности быстро удовлетворить заранее не предвиденные потребности в черных металлах.
3.2. Цветные металлы		3.2.2.1. Увеличение выпуска продукции машиностроения, определяемое снижением простоев производства из-за отсутствия возможности быстро удовлетворить заранее не предвиденные потребности в цветных металлах.
3.3. Продукты химической и нефтехимической промышленности		3.3.2.1. Увеличение выпуска продукции машиностроения, определяемое снижением простоев производства из-за отсутствия возможности быстро удовлетворить заранее не предвиденные потребности в продукции химии и нефтехимии.
3.4. Машины и оборудование, продукты металлообработки		3.4.2.1. Увеличение выпуска продукции машиностроения, определяемое снижением простоев производства из-за отсутствия возможности быстро удовлетворить заранее не предвиденные потребности в машиностроительной продукции. 3.4.2.2. Уменьшение торгово-посреднической наценки на реализуемую населению бытовую технику, определяемое уменьшением затрат на ее хранение на предприятиях торговли, необходимость которого определяется заранее непредвидимыми временными повышениями спроса.

3.5. Продукты лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности		3.5.2.1. Увеличение выпуска продукции деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, определяемое снижением простоев производства из-за отсутствия возможности быстро удовлетворить заранее не предвиденные потребности в промежуточных продуктах отрасли.
3.6. Продукты легкой промышленности		3.6.2.1. Увеличение выпуска продукции легкой промышленности, определяемое снижением простоев производства из-за отсутствия возможности быстро удовлетворить заранее не предвиденные потребности в промежуточных продуктах отрасли. 3.6.2.2. Снижение материальных затрат отрасли «Торговля» на доставку реализуемой населению продукции легкой промышленности до предприятий розничной торговли.
3.7. Продукты пищевой промышленности		3.7.2.1. Увеличение выпуска продукции пищевой промышленности, определяемое снижением простоев производства из-за отсутствия возможности быстро удовлетворить заранее не предвиденные потребности в промежуточных продуктах отрасли. 3.7.2.2. Увеличение выпуска продукции общественного питания, определяемое снижением простоев производства из-за отсутствия возможности быстро удовлетворить заранее не предвиденные потребности в пищевой промышленности. 3.7.2.3. Снижение материальных затрат отрасли «Торговля» на доставку реализуемой населению продукции пищевой промышленности.

- 1.
- 2.

**Примерный перечень эффектов, получаемых в народном хозяйстве при развитии и улучшении сети автомобильных дорог**

Субъекты хозяйствования, получающие эффект	Вид эффекта	Факторы, влияющие на величину эффекта
Производители продукции растениеводства	Потери продукции в процессе перевозок на склады постоянного хранения (элеваторы и т.п.)	Ровность автомобильных дорог
Потребители продукции растениеводства	Снижение торговой наценки	увеличения числа конкурирующих торговых посредников для каждого из потребителей вследствие расширения региона доступности при увеличении скорости движения и снижении тарифов автомобильного транспорта
Элементы строк	Распределение продукции растениеводства	Снижение потерь продукции при перевозке ее автомобильным транспортом
	Торгово-посредническая наценка на использованные в производстве и потреблении продукты	Снижение торговой наценки вследствие увеличения числа конкурирующих поставщиков

Элементы столбцов	Промежуточное потребление на производство продуктов	Автомобильный транспорт		Снижение материальных и трудовых затрат на эксплуатацию и текущий ремонт автомобилей
		Шоссейное хозяйство	Изменение удельных затрат на содержание и текущий ремонт автомобильных дорог	
		Продукция растениеводства	Повышение урожайности за счет увеличения фактически вносимого в почву количества минеральных и химических удобрений вследствие сокращения потерь удобрений при перевозке их автотранспортом	
	Конечное потребление домашних хозяйств			Увеличение годового пробега индивидуальных легковых автомобилей и потребляемых при этом материальных ресурсов
	Валовое накопление основного капитала	автодороги	строительство новых	Увеличение объемов работ и затрат
			реконструкция	Увеличение объемов работ и затрат
			капитальный ремонт	Увеличение объемов работ и затрат
автомобильный транспорт		Изменение затрат на приобретение новых и капитальный ремонт автомобилей		

## Список литературы

- Almon C.** A modified Leontieff system [Journal] // *Econometrica*. - 1963. - 4 : Vol. 31.
- Berg A., Karam P. and Laxton D.** A Practical Model-Based Approach to Monetary Policy Analysis—Overview [Journal] // *IMF Working Paper 06/80*. - Washington : International Monetary Fund, 2006. - 06/80 .
- Dejuan O. [et al.]** A post-keynsian age model to forecast energy demand in Spain [Journal] // *Economic systems research*. - 2013. - 3 : Vol. 25. - pp. 265-286.
- Dietzenbacher E. [et al.]** Input-Output Analysis: The next 25 Years [Journal] // *Economic System Research* / ed. Lenzen M. Los B.. - Abington, UK : Taylor & Francis, December 2013. - 4 : Vol. 25. - pp. 369-389. - ISSN 0953-5314.
- Dixon P. and Parmenter B.** Computable general equilibrium modelling for policy analysis and forecasting [Article] // *Handbook of computational economics* / ed. Amman H. - [s.l.] : Elsevier science, 1996. - Vol. 1.
- Moses L.** A General Equilibrium Model of production, internal trade and location of industry [Journal] // *The Review of economics and statistics*. - 1960. - 4.
- Peter M. W. [et al.]** A multi-sectoral, multi-regional model of Australian economy [Journal]. - Victoria : Monach University, 2001.
- Агапова Т. А. and Серегина Р. Ф.** Макроэкономика [Book] / ed. Агапова Т.А. - М. : Синергия, 2013. - 10 : p. 558.
- Арбатов А. А.** Оценка интегральных социально-экономических эффектов от реализации проекта «Сахалин-2» для российской стороны на федеральном уровне [Report] / Совет по изучению производительных сил. - 2004.
- Бахметьев М. М., Вахутинский А. А. and Дудкин Л. М.** Итеративное агрегирование и его применение в планировании [Book]. - М. : Экономика, 1979.
- Башкатов Б. И. [et al.]** Национальное счетоводство [Book] / ed. Башкатов Б.И.. - М. : Финансы и статистика, 2005. - 3 : p. 608.
- Бойков В. А. and Матюхин С. П.** Принципы создания и результаты реализации диалоговой системы «Межотраслевой динамический баланс» [Article]. - М. : ВНИИСИ АН СССР, 1981. - p. 39.
- Ершов Э. Б.** Математические методы в статической модели межотраслевого баланса [Article]. - М. : [s.n.], 1963. - p. 32.
- Ершов Э. Б.** Развитие и реализация идей модели межотраслевых взаимодействий для российской экономики [Journal] // *Экономический журнал Высшей школы экономики*. - М. : Издательский дом ГУ ВШЭ, 2008. - 1. - pp. 1-29.

- Карманов В. Г.** Математическое программирование [Book]. - М. : Наука, 1986. - p. 288.
- Комаров А. В. [et al.]** Повышение качества транспортного обслуживания народного хозяйства [Book]. - М. : [s.n.], 1988.
- Коссов В. В.** Межотраслевой баланс [Book]. - М. : Экономика, 1966. - p. 223.
- Леонтьев В.** Исследования структуры американской экономики [Book]. - М. : Госстатиздат, 1958. - перевод.
- Лившиц В.Н. and Позамантир Э.И.** Методология применения итеративного агрегирования в случае высокой структурной сложности отрасли – на примере магистрального транспорта [Book Section] / book auth. Л.М. Дудкин. - М. : Экономика, 1979.
- Макаров В. Л., Бахтизин А. Р. and Сулакшин С. С.** Применение вычислимых моделей в государственном управлении [Book]. - М. : Научный эксперт, 2007. - p. 304.
- Налоговый кодекс Российской Федерации. Часть вторая . Национальные счета России в 1996-2003 годах. Статистический сборник** [Book]. - М. : Роскомстат РФ, 2004.
- Позамантир Э. И. and Тищенко Т. И.** Макроэкономическая оценка эффективности развития инфраструктуры (на примере транспортного комплекса) [Article] // «Оценка эффективности инвестиций». - 2010. - ЦЭМИ РАН. - pp. 97-108.
- Позамантир Э. И. and Тищенко Т. И.** Транспорт и экономика: динамическая модель формирования, использования и влияния инвестиций на объем и качество продукции [Journal] // *Экономика и математические методы*. - М. : ЦЭМИ РАН, 2008. - 3 : Vol. 44. - pp. 3-16.
- Позамантир Э. И. and Тищенко Т. И.** Модель сбалансированного развития науки, инновационных и традиционных производств [Conference] // Системный анализ и информационные технологии. Труды Четвертой Международной конференции. - Челябинск : [s.n.], 2011. - Vol. 2. - pp. 138-143.
- Позамантир Э. И. and Тищенко Т. И.** О народнохозяйственной эффективности ресурсосбережения на транспорте [Journal] // *Экономика и математические методы*. - М. : ЦЭМИ РАН, 2004. - 1 : Vol. 40.
- Позамантир Э. И.** Планирование и финансирование вводов производственных мощностей транспортной сети в условиях нового хозяйственного механизма [Article] // ВНИИ системных исследований. Сборник трудов. - М. : [s.n.], 1989. - Vol. 11. - pp. 88-105.
- Поляк Б. Т.** Введение в оптимизацию [Book]. - М. : Наука, 1983. - p. 384.
- Романов Б. А.** Алгоритм исследования реализации предприятиями инвестиционного производственного проекта [Book]. - [s.l.] : РИОР, 2011. - p. 392.

**Романов Б. А.** Математическая модель реализации предприятиями инвестиционного производственного проекта [Book]. - М. : ИНФРА-М, 2010. - р. 330.

**Тихомиров Б. Ф.** Как должно финансироваться дорожное хозяйство [Journal] // Бюллетень транспортной информации. - 2008. - 10(160).

**Узяков М. Н., Широв А. А., Янговский А. А.** Согласование отраслевых стратегий как элемент комплексного народнохозяйственного прогноза (на примере электроэнергетики и железнодорожного транспорта) [Journal]. - 2008. - 5.

**Шугаль Н. Б., Ершов Э. Б.** Теоретическая модель взаимосвязи элементов добавленной стоимости и конечного продукта [Journal] // Вопросы прогнозирования. - Москва : [s.n.], 2008. - pp. 33-55.

## Summary

The monograph is devoted to analyzing dynamic interaction of the economy's industries. Along with common for all the industries problems, questions of interaction between transport, first of all, main rail and motor roads, including motor car economy, and other industries are studied more thoroughly. As an instrument for such a study elaborated mathematic model is taken, related to a class of computable general equilibrium models.

Verbal description of the problem of industries' interconnections and the place of transport in their system is given. A special attention is paid to a question how investment into fixed capital influences development and functioning of the economy and a question about the sources of financing investment. The expediency is substantiated of computable general equilibrium model usage for quantitative description of such processes as interaction and balanced development of the economy's industries (types of economic activities), including freight and passenger transport).

Elaborated mathematic model includes target function – aggregated for the projected period discounted in time final consumption and constraints system, to the number of the main blocks of which equations and inequalities relate that describe:

- forming final usage of products with subdividing them by directions (final consumption and fixed capital gross accumulation, stocks changing, export). In this block some sub-blocks are singled out which describe forming separate components of final usage:
  - final consumption and fixed capital gross accumulation are determined on the base of distributing available income of the main economic institutional units (employed personnel, corporations, state);
  - stock changes are determined by increment in production and consumption, as well as by reliability of promptitude delivery of products to consumers by transport;
  - increase of export determined by additions to capacities on competitive product output
- forming intermediate consumption separately by factors determining its value – current production costs proportional to output volume, costs of main production facilities maintenance and

their both current and capital repair. Dependence of intermediate consumption on technical level and age structure of production capacities is taken into account;

- dynamics of main production facilities and production capacities volumes and age structure as the result of investment by stages of building production objects, spreading in time; available production capacities volumes limit maximal-possible output volumes;
- singling out in the structure of each direction of using products such a part, that can be satisfied by import products, forming dynamics of import substitution;
- requirements to profitability of each kind of economic activity;
- requirement of non-negative trade balance of the country.

As formulation of a question, computable general equilibrium mathematical model is regarded, in which as one of its blocks a system of equations is included, describing interactions among fundamental science, applied science and processes of forming production capacities for innovation products output.

Modifications of the model are given, oriented to more adequate reflection of specific interaction between, accordingly, rail and motor (including motor car economy) means of transport and economic industries.

Specific character of modeling rail transport is subdividing its activity into a number of technologically connected kinds of activity interacting on commercial base. Strictly speaking, transport services are sub-divided into three categories by their qualities that differ from each other by parameters, required by consumers of these services. Heightened economic responsibility of the transporters is modeled, for observing by them transportation parameters according to their transportation quality, with paying forfeits in cases of actual non-execution of obligations by parameters of a concrete transportation. The influence of age structure of locomotive and freight car parks the frequency of their service failures, leading to infringing obligations related to transportation parameters is modeled, as well as economic responsibility of the enterprises providing services to locomotives and freight cars for infringing transportation parameters, caused by service failures.

Model of motor transport and motor car economy interaction between themselves, as well as with other industries, describes a chain of

connections: “volume of investment into motor car economy and funds allocated for its current maintenance” – “technical and exploitation state of motor roads network” – “motor cars speed and costs of their exploitation and repair” – “motor cars productivity” – “transportation tariffs”. Additional specific feature for the model is the fact that numerically predominant part of truck park isn’t included into the structure of net industry “motor transport”, but is used in other economic industries, being included there into technological production processes.

Program complex is elaborated, performing computer realization of the model. The main part of the complex is written in a program system “MATLAB”. The interface used under forming initial data, as well as under post-modeling analyzing the results of calculations, is realized in EXCEL with using built-in instrument of transferring information between MATLAB and EXCEL. The conclusion on the necessity of program complex transferring to a super-computer is substantiated.

The results of two experimental calculations are briefly given. In the first one efficiency of attracting state investment in rail road transport infrastructure development is regarded, and in the second one – influence of the levels of financing motor car economy to efficiency of motor transport work and macro-economic indices of Russia.

