

Гранберг Александр Григорьевич.

Г77 Оптимизация территориальных пропорций
народного хозяйства. М., «Экономика», 1973.

248 с.

В работе анализируются недостатки традиционных методов территориального планирования и размещения производительных сил, показываются преимущества применения экономико-математического моделирования в территориальном планировании. Автором разработаны модели оптимального размещения производства по экономическим районам страны, которые могут использоваться в плановых расчетах.

Г $\frac{0183-249}{011(01)-73}$ 37-73

33СЗ

*Редакция литературы по методологии и организации
народнохозяйственного планирования*

Полная электронная копия издания расположена по адресу:

<http://lib.ieie.su/docs/2000before/>

[Granberg1973Optimizaciya_territorialnyh_proporcij_narodnogo_hozajstva.pdf](http://lib.ieie.su/docs/2000before/Granberg1973Optimizaciya_territorialnyh_proporcij_narodnogo_hozajstva.pdf)

Г $\frac{0183-249}{011(01)-73}$ 37-73

© Издательство «Экономика», 1973 г.

МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

§ 1. Краткий обзор исследований

Экономико-математические модели, охватывающие одновременно межотраслевые и межрегиональные связи в народном хозяйстве, стали разрабатываться и использоваться в последние двадцать лет. Только такие модели обладают необходимыми качествами пространственных моделей народного хозяйства.

Первые межотраслевые межрегиональные модели представляли собой обобщение точечной статической модели межотраслевого баланса. Основные идеи этой модели — пропорциональность затрат и выпуска продукции, увязка материальных балансов отраслей в единой системе уравнений и т. д. — были распространены на межрегиональные отношения. Наибольшую известность получили балансовые модели В. Леонтьева, У. Айзарда, Л. Мозеса¹. Все они сводятся к системе линейных алгебраических уравнений, имеющих единственное решение. Это достигается благодаря фиксации важнейших параметров территориальных пропорций: либо структуры размещения производства (в модели В. Леонтьева), либо структуры межрегиональных связей (в моделях У. Айзарда и Л. Мозеса). В усложненных балансовых моделях единственное решение обеспечивается включением особых статистических зависимостей между основными переменными (например, «гравитационной» модели межрегиональных поставок в модели В. Леонтьева и А. Страута)².

Поскольку в балансовых моделях главные проблемы территориальной организации народного хозяйства не решаются, а только находят отражение на стадии подготовки исходных

¹ Леонтьев В. и др. Исследование структуры американской экономики. М., Госстатиздат, 1958, гл. III, IV; Moses L. The Stability of Interregional Trading Patterns and Input-Output Analysis. — "The American Economic Review". Vol. 45, 1955, N 5.

Модель, аналогичная модели Л. Мозеса, изложена в книге: Ченери Х., Кларк П. Экономика межотраслевых связей. М., ИЛ, 1962, гл. III.

² Leontief W., Straut A. Multiregional Input-Output Analysis (Structural interdependence and Economic development. Proceedings of an International Conference. Geneva, 1961), гл. IV, V.

данных, эти модели не могут стать основным инструментом оптимизации территориального планирования.

Межрегиональные межотраслевые балансы должны использоваться прежде всего в исследованиях сложившихся территориальных пропорций. С помощью межрегионального межотраслевого баланса комплексно учитываются влияния условий производства и потребления в одних регионах на экономические показатели других регионов, определяются полные материальные, трудовые, капитальные затраты каждого региона для обеспечения конечного потребления во всех регионах страны и т. д. До последнего времени межрегиональные межотраслевые балансы не разрабатывались из-за трудностей в систематизации территориальной экономической информации. Ныне возможности построения межрегиональных балансов в СССР существенно облегчены тем, что во всех союзных республиках и экономических районах РСФСР составлены отчетные межотраслевые балансы за 1966 г. и заканчивается составление межотраслевых балансов за 1972 г. Первые межрегиональные межотраслевые балансы были построены при участии автора в разрезе двух экономических зон страны (РСФСР и остальной части СССР), в разрезе трех республик Закавказья. По этим балансам выполнены экономико-математические расчеты¹.

Балансовые¹ межрегиональные межотраслевые модели могут найти применение при экономико-математическом анализе решений, получаемых с помощью **оптимизационных** моделей. Известно, что исследование на основе оптимизационных моделей не ограничивается расчетом одного оптимального варианта; как правило, анализируется изменение оптимального варианта при фиксации некоторых условий. Для проведения такого анализа удобно использовать вспомогательные экономико-математические модели. К. В. Ачелашвили предложены модификации балансовых межрегиональных межотраслевых моделей, приспособленные для экономико-математического анализа оптимальных вариантов развития и размещения производительных сил при некоторых зафиксированных условиях, принятых в моделях В. Леонтьева, У. Айзарда, Л. Мозеса (неизменность структуры размещения производства или неизменность структуры межрегиональных связей)².

¹ Гранберг А. Г. Российская Федерация в общесоюзном разделении труда.— «Экономика и организация промышленного производства», 1972, № 5; Гранберг А. Г. Экономико-математические исследования межреспубликанских межотраслевых связей.— «Экономика и математические методы». Т. VIII, вып. 6, 1972. Ачелашвили К. В. Построение и анализ межрегиональных межотраслевых балансов.— Сб. «Экономико-математический анализ размещения производительных сил СССР». Новосибирск, 1972.

² Ачелашвили К. В. Балансовые межрайонные модели и их использование в экономико-математическом анализе размещения производительных сил.— Сб. «Методы и модели территориального планирования». Вып. 1. Новосибирск, 1971.

Следующим важным этапом в развитии исследований по моделированию территориальных экономических систем стала разработка оптимизационных межрегиональных межотраслевых моделей. Первые модели, предложенные Б. Стивенсом, Л. Мозесом, У. Айзардом, представляли собой сочетания блоков региональных межотраслевых балансов и типовых условий транспортных задач в рамках схемы линейного программирования¹. Л. Мозесом впервые были осуществлены и экспериментальные расчеты по упрощенной оптимизационной модели (по США в разрезе 9 районов и 17 отраслей обрабатывающей промышленности)².

В последующем за рубежом было опубликовано значительное число статей по оптимизационным межрегиональным межотраслевым моделям³. Но качественного скачка в уровне исследований и особенно в их приложениях не было достигнуто. Ни в одной стране межрегиональные модели не стали рабочим инструментом прогнозирования и экономической политики. В литературе содержатся краткие описания эмпирических исследований, выполненных в Индии, Канаде, Японии и т. д.⁴

В СССР первые оптимизационные межрегиональные межотраслевые модели были разработаны В. В. Коссовым, А. Г. Аганбегяном⁵. В этих моделях были решены многие принципиаль-

¹ Stevens B. An Interregional Linear Programming Model. "Journal of Regional Science" Vol. I, 1958, NI; Moses L. A. General Equilibrium Model of Production. International Trade and Location of Industry. The Review of Economics and Statistics". Vol. 42, 1960, N 4; Изард У. Методы регионального анализа М., «Прогресс», 1966.

² Подчеркивая актуальность экспериментальных разработок даже по упрощенным моделям, Л. Мозес писал: «За очень небольшим исключением авторы более поздних работ не предпринимают усилий в направлении их эмпирического осуществления. В результате межрайонные модели, которые были разработаны в последние годы, не могут быть опробованы даже при наличии значительных денежных средств для сбора данных. Это неблагоприятная ситуация, поскольку могут быть сформулированы более простые межрайонные системы, которые, учитывая трудности с данными, могут помочь раскрыть многие важные вопросы и обеспечить более правильное руководство политикой, чем применяемые сейчас альтернативные методы» (Moses L. The Stability of International Trading Patterns and Input-Output Analysis. "The American Economic Review". Vol. 45, 1955, N 5).

³ На русский язык переведены работы Я. Тинбергена и Х. Боса («Методы разработки программ экономического развития». М., ИЛ, 1963, гл. 6; Тинберген Я., Бос Х. Математические модели экономического роста. М., «Прогресс», 1967, гл. 7; Бос Х. Размещение хозяйства. М., «Прогресс», 1970).

⁴ См., например, Матхур П. Н. Межотраслевая и межрегиональная динамическая модель для планирования. Доклад на симпозиуме по моделированию народного хозяйства. Новосибирск, 1970.

⁵ Коссов В. В. К вопросу об оптимальном планировании развития районов.—Сб. «Проблемы оптимального планирования, проектирования и управления производством». МГУ, 1963; Коссов В. В. Экономико-математическая модель территориального планирования.—Сб. «Математические методы и проблемы размещения производства». М., Экономиздат, 1963; Аганбегян А. Г. Экономико-математические модели перспективного планирования. Автореферат докторской диссертации. М., 1963.

ные вопросы математического описания народного хозяйства как оптимизируемой территориальной (межрегиональной) системы¹. Однако никаких эмпирических исследований не проводилось.

В 1963—1964 гг. ЦЭМИ АН СССР, ИЭ и ОПП СО АН СССР, НИЭИ, СОПСом и ИКТП Госплана СССР, ЦЭНИИ Госплана РСФСР была начата совместная подготовительная работа для решения задачи оптимального развития и размещения производства примерно по 100 отраслям и всем союзным республикам и экономическим районам СССР («100 — продуктовая модель»). Предполагалось использовать два варианта модели: ЦЭМИ и ИЭ и ОПП². К сожалению, первоначальный замысел не осуществился, и численная реализация моделей сильно задержалась.

Растущее число публикаций по межрегиональным межотраслевым моделям могло создать впечатление о быстром развитии исследований. Новые варианты моделей предлагались Н. М. Будтолаевым, В. А. Волконским, А. И. Гладышевским, В. С. Дадаевым, Г. С. Детковым, И. Ф. Зайцевым, В. П. Новиковым, Ю. Г. Саушкиным, Ю. П. Сыровым и др. Однако какой-либо преемственности и четкой тенденции в опубликованных работах не наблюдается.

Модели не апробировались в экспериментальных расчетах, не использовались для получения хотя бы ориентировочных выводов об эффективности территориальных пропорций народного хозяйства.

Вместе с тем большинство публикаций (за исключением, пожалуй, только работ В. А. Волконского) нельзя отнести и к теоретическим математико-экономическим исследованиям. Авторы ограничивались в основном лишь формальной записью многочисленных условий, включаемых в модели, но не проводили

¹ В то время сама принципиальная возможность постановки задачи оптимизации комплексного развития и размещения производительных сил вызывала сомнения и даже отвергалась. Так, например, Я. П. Герчук в брошюре, входящей в серию «Обсуждаем проблемы совершенствования планирования», утверждал, что если задача оптимального размещения «...обобщается до комплексной, сразу пропадают ограничения, создаваемые внешней средой, и оптимизационная постановка задачи лишается своей основы, так как «стирается», пропадает область или пространство допустимых решений. Поэтому отказ от комплексного подхода к задаче является ценой за возможность применения к ее решению принципа оптимизации» (Герчук Я. П. Границы применения линейного программирования. М., «Экономика», 1965, с. 54). Сейчас такую аргументацию можно было бы считать несерьезной, но еще 8—10 лет назад она отражала типичный уровень познания возможностей математических методов оптимизации народного хозяйства. Тогда на народнохозяйственном уровне использовалась только статическая модель межотраслевого баланса, а первые экспериментальные работы по точечным оптимизационным моделям начались несколько позднее.

² Гранберг А. Г. Межотраслевые модели оптимального размещения производительных сил СССР.— Сб. «Модели и методы оптимального развития и размещения производства». Новосибирск, 1965.

математического исследования свойств получаемых решений, не разрабатывали специальных алгоритмов.

Первые экспериментальные расчеты оптимального развития и размещения производительных сил СССР на основе межрегиональной модели были выполнены в ИЭ и ОПП СО АН СССР в 1967 г. Решалась оптимизационная задача в разрезе 16 отраслей материального производства и 10 экономических зон СССР. Описанию и анализу использовавшейся модели посвящены следующие разделы данной главы. Основные результаты экспериментальных расчетов излагаются в гл. III.

Несколько позднее экспериментальные работы с межотраслевой межрегиональной моделью были начаты в СОПСе при Госплане СССР под руководством С. А. Николаева. Первые расчеты были выполнены по 25 группам продукции и 5 зонам. Основные методические подходы, математическое описание модели и предварительные результаты расчетов изложены в двух работах¹.

Целесообразно, на наш взгляд, отметить главные особенности модели СОПСа, отличающие ее от тех моделей, которые рассматриваются в данной книге. (Частично этот вопрос затрагивался в § 4, 5 гл. 1.)

1. Модель СОПСа решает проблемы только *размещения* материального производства, исходя из заданных общесоюзных темпов и пропорций.

2. Критерием оптимальности является минимизация совокупных (производственных и транспортных) затрат при заданных стоимостных оценках (оценках, тарифах, ставках зарплаты и т. д.).

3. Перечень отраслей (продуктов) не охватывает всю сферу материального производства; поэтому заранее определяются затраты ресурсов на продукцию ряда отраслей².

4. Не учитывается расход ресурсов на транспорт (транспортные затраты входят только в критерий оптимальности).

5. Модель является полностью статической; она не включает межотраслевые и территориальные связи по воспроизводству и использованию капиталовложений. Затраты на капиталовложения задаются.

6. Фиксируются потребности в конечной продукции по районам или в целом по стране.

Экспериментальные расчеты по межрегиональной модели проводились в ЦЭМИ АН СССР. В работах В. И. Киселева указывается, что решалась задача в разрезе 16 отраслей и 6 зон

¹ Николаев С. А. Межрайонный и внутрирайонный анализ размещения производительных сил. М., «Наука», 1971; Николаев С. А., Арянин А. Н., Медницкий В. Г. Оптимизация размещения промышленного производства. М., СОПС, 1971.

² Строго говоря, модель СОПСа — это модель многоотраслевого производственного комплекса, а не модель народного хозяйства.

СССР¹. К сожалению, не опубликованы конкретное описание задачи и результаты расчетов.

В последнее время исследования по оптимизационным межрегиональным межотраслевым моделям значительно интенсифицировались. Начата подготовка к использованию этих моделей для разработки территориального разреза Генерального плана развития народного хозяйства СССР.

§ 2. Структура оптимизационных межотраслевых межрегиональных моделей

Теоретические модели пространственной экономики, имеющие научно-познавательное значение, могут отражать взаимодействие очень большого числа экономических, социальных, технологических, природных, демографических и других факторов и иметь сколь угодно сложную математическую структуру. В отличие от них прикладные модели (специально предназначенные для плановых расчетов) могут опираться только на известные количественные связи между факторами, должны быть приспособлены к существующим источникам информации, разработанному математическому аппарату и наличным вычислительным средствам. Все это вынуждает отказываться от попыток построения всеобъемлющей и детализированной пространственной модели народного хозяйства, приводит к необходимости ограничения сферы моделирования лишь важнейшими аспектами, сознательного упрощения большинства условий моделей и значительного агрегирования показателей.

Оптимизационные межотраслевые межрегиональные модели (ОМММ) пока могут использоваться для научного обоснования только основных контуров перспективных территориальных пропорций народного хозяйства и по степени детализации значительно уступают отраслевым и региональным моделям.

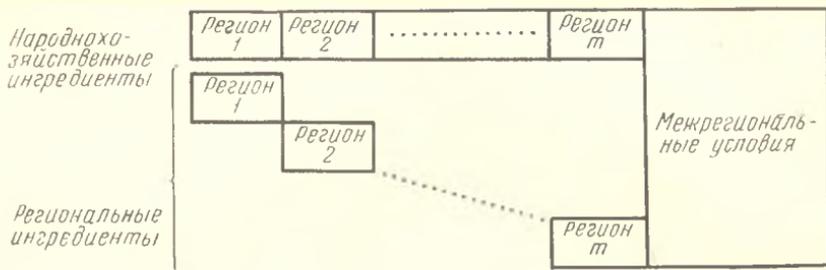
Главное преимущество ОМММ заключается в возможности совместного исследования с позиций народнохозяйственного оптимума важнейших условий развития и размещения производительных сил: а) имеющегося экономического потенциала, б) перспективных общегосударственных и региональных ресурсов, в) региональных различий производственных затрат (материальных, трудовых, капитальных), г) географического положения и транспортных затрат на перемещение продукции, д) межотраслевых связей внутри регионов, е) региональных различий уровня жизни и структуры потребления и т. д.

¹ Киселев В. И. Некоторые вопросы построения сбалансированного плана и решение задачи развития народного хозяйства в территориально-отраслевом разрезе. Автореферат. М., 1970; Некоторые вопросы формирования и реализации многоотраслевой межрегиональной модели перспективного планирования (тезисы докладов Первой конференции по оптимальному планированию и управлению народным хозяйством. Секция I, вып. 1. М., 1971).

Особенностью всех прикладных народнохозяйственных моделей, включая и ОМММ, является то, что они являются «открытыми», т. е. значительная часть народнохозяйственных процессов остается за рамками моделей. Так, например, точечные межотраслевые модели, разрабатываемые в настоящее время, охватывают в основном отрасли материального производства и почти не включают сферу обслуживания. Наука и образование выступают лишь как направления расходования ресурсов и не отражаются их активное воздействие на развитие производства; аналогичным образом включаются в модели геологоразведочные работы и различные виды деятельности по охране и восстановлению естественных ресурсов. Критерии оптимальности определяются только на множестве факторов повышения материального благосостояния; другие же условия общественного благосостояния фиксируются. Явно недостаточно учитываются в народнохозяйственных моделях движение населения, сфера обороны, влияние внешних экономических и политических условий и т. д.

Таким образом, применение прикладных народнохозяйственных моделей осуществляется на основе предварительного прогноза многих экзогенных параметров. Очевидно, что при прочих равных условиях практическая ценность народнохозяйственных моделей определяется соотношением экзогенных и эндогенных факторов. Например, в наиболее простых ОМММ капиталовложения на плановый период являются экзогенным параметром. В более развитых ОМММ оптимальные объемы капиталовложений находятся в процессе решения. Примерно так же обстоит дело с определением масштабов развития транспортной сети, миграции населения и т. д. Однако многие из возможных направлений расширения моделей народного хозяйства будут, по-видимому, вначале осуществляться в точечных моделях. Во-первых, это диктуется целесообразностью специализации двух основных типов народнохозяйственных моделей. Во-вторых, при расширении пространственных моделей резко возрастает сложность информационных и вычислительных проблем.

По своей структуре ОМММ представляет собой систему региональных блоков (описывающих развитие хозяйства регионов), связываемых условиями использования общегосударственных ресурсов, достижения общегосударственных целей, межрегионального перераспределения продукции, развития магистрального транспорта и т. д. (см. ниже). Совокупность всех условий ОМММ образует область выбора возможных вариантов развития и размещения производительных сил, т. е. региональных объемов производства продукции всех отраслей, объемов капитальных вложений и направлений их использования, межрегиональных поставок продукции, общего и региональных уровней потребления.



Общее число уравнений (и неравенств, сводимых к уравнениям) зависит от числа ингредиентов, т. е. перечня включаемых в задачу продуктов и ресурсов с учетом их территориальной принадлежности (локализации). Понятия «продукт» и «ресурс» могут быть формально определены. Продукты — это воспроизводимые в рамках моделируемой системы блага (результаты деятельности), а ресурсы — это блага, не воспроизводимые в рамках системы. В соответствии с этим определением границы между продуктами и ресурсами зависят от структуры моделей. Так, в динамических моделях материально-вещественные элементы капиталовложений — это особые продукты, а в статических моделях капиталовложения попадают в разряд ограниченных ресурсов. Если трудовые ресурсы в моделях краткосрочного и среднесрочного планирования закреплены за регионами и отраслями, то они — ресурсы, если же в модели допускается межотраслевое и межрегиональное движение трудовых ресурсов, то последние становятся особым родом продуктов, так как оптимизация размещения производительных сил меняет их распределение и даже режим естественного воспроизводства.

Типовая ОМММ включает $n_1 + n_2 m$ ингредиентов (и соответственно — уравнений), где n_1 — число народнохозяйственных ингредиентов, n_2 — число региональных ингредиентов, m — число регионов. Конкретное экономическое содержание ингредиентов (и уравнений) определяется особенностями моделей. Если ОМММ строится как «полностью динамическая» (выделяется T временных отрезков планируемого периода), то общее число уравнений приближается к $(n_1 + n_2 m)T$ (некоторые условия могут относиться к планируемому периоду в целом). Число n_1 обычно невелико по сравнению с $n_2 m$. Так, например, в первой решавшейся задаче оптимизации развития и размещения производительных сил СССР $n_1 = 2$ и $n_2 m = 160$ (не считая ограничений на отдельные переменные); во второй задаче — $n_1 = 0$, $n_2 m = 180$. Даже при значительном агрегировании отраслей (продуктов), ресурсов и регионов получаются задачи большой размерности.

В рассматриваемых ниже ОМММ основными условиями связи региональных блоков в единую территориальную систему

являются соотношения региональных уровней потребления (критериальная часть модели) и условия транспортировки продукции между регионами (транспортная часть модели).

Каждый региональный блок ОМММ включает типовые условия точечной модели народного хозяйства: систему балансов производства и распределения продукции (но с акцентированными внешними связями), балансы капиталовложений или основных фондов (производственных мощностей), балансы трудовых ресурсов. Основная часть уравнений ОМММ приходится на балансы производства и распределения продукции. При практическом использовании модели на верхнем уровне территориального планирования необходимо выделять как минимум 24 региона (14 союзных республик и 10 экономических районов РСФСР). Если принять за основу классификацию уже разработанных межотраслевых балансов (примерно 105 отраслей), то общее число уравнений балансов продукции только для одного года превысит 2,5 тысячи. Некоторые возможности уменьшения размерности задачи возникают в связи с учетом различий отраслей по степени транспортабельности продукции. По отраслям с незначительными затратами на перевозку готовой продукции уравнения региональных балансов можно заменять одним уравнением по стране с региональными способами производства.

В динамических ОМММ значительное число уравнений выражает условия расширенного воспроизводства основных фондов (производственных мощностей). Как будет показано в § 6, возможна такая конструкция ОМММ, когда условия последнего года планового периода (балансы продукции и ресурсов) сочетаются с балансами капиталовложений за плановый период в целом.

Спецификой региональных блоков по сравнению с точечными народнохозяйственными моделями являются условия по использованию природных ресурсов. При достаточно детальной классификации отраслей (продуктов) необходимо учитывать ограниченность многих природных ресурсов многоцелевого назначения, возможности их трансформации и различных направлений использования. В развитых ОМММ региональные блоки приобретают некоторые свойства пространственных моделей: в них непосредственно учитывается внутрорегиональное размещение производительных сил.

В настоящее время уже разработано несколько типов ОМММ. Переход от одних моделей к другим, более совершенным, осуществляется по мере решения специальных вопросов моделирования (например, по транспорту, межрегиональным связям, труду, потреблению и т. п.), накопления необходимой информации и расширения вычислительных возможностей. На данном этапе исследования проблемы можно выделить следующие основные признаки классификации ОМММ:

1) тип сочетания в модели условий производства и транспортировки;

2) способ учета динамики развития регионов.

По первому признаку модели классифицируются следующим образом:

1) в районных балансах продукции учитываются межрегиональные поставки (пример — исходная модель);

2) в региональных балансах продукции (в модели первой стадии расчетов) учитывается только сальдо межрегионального обмена;

3) балансы по транспортабельной продукции даются в целом по стране с выделением регионов в качестве способов производства.

По второму признаку разработанные и апробированные модели различаются следующим образом:

1) расчет основных показателей (производства, потребления, межрегиональных связей) ведется на последний год планового периода при ограничении на фонды капиталовложений в целом за плановый период и введении гипотез относительно использования фонда капиталовложений в последнем плановом году;

2) расчет основных показателей также ведется на последний год при заданных законах роста фонда капиталовложений, но абсолютные размеры фондов капиталовложений по регионам определяются в процессе оптимизации.

В обоих случаях возможно поэтапное определение динамики оптимального развития и размещения производительных сил от последнего года к началу планового периода.

В соответствии с основными признаками классификации описываемая в § 3 модель получает шифр 1-1, а модель из § 6 — шифр 1-2.

Рассмотрим временные аспекты применения ОМММ. Здесь вырисовываются две задачи исследования: а) определение «оптимальной» длительности расчетного периода для ОМММ, т. е. на какой срок наиболее целесообразно проводить оптимизационные расчеты; б) изменение целей и методики применения ОМММ в зависимости от длительности расчетного периода.

Расчетный период при использовании ОМММ не может быть кратким, ибо сколько-нибудь существенные сдвиги в территориальных пропорциях не могут быть осуществлены за короткий промежуток времени. Наиболее мощным средством изменения территориальных пропорций является капитальное строительство. Но даже в рамках пятилетнего плана использование большей части капитальных вложений не определяется потребностями данного периода: они направляются на завершение ранее начатых объектов или в новые объекты, которые будут введены в следующей пятилетке. Расчетный период должен быть

достаточным для сооружения крупных объектов в отраслях с наибольшими сроками строительства (не менее 7—10 лет с учетом проектирования), т. е. охватывать «строительный» цикл воспроизводства. Точнее говоря, минимально допустимая длительность расчетного периода определяется максимальной продолжительностью «созревания» капиталовложений; это вытекает из допущений о связи между капитальными затратами и приростом продукции, принятых при конструировании ОМММ (см. § 3, 6).

Но, как известно, экономический эффект от создания новых предприятий реализуется далеко не сразу, поэтому расчетный период должен охватывать хотя бы некоторую часть периода функционирования новых предприятий (капитальный цикл)¹. Однако проблемы территориальной организации народного хозяйства отнюдь не сводятся к размещению отдельных, хотя бы и крупных, предприятий. Длительность расчетного периода должна быть достаточной и для обоснования в рамках ОМММ создания территориально-производственных комплексов, программ освоения новых природных ресурсов, программ развития магистральной транспортной сети и т. п. Заманчиво также с помощью ОМММ проследить хотя бы один цикл воспроизводства трудовых ресурсов (демографический цикл).

Перечень аргументов в пользу растягивания расчетного периода можно было бы продолжить. Очевидно, что с данных позиций, чем длительнее этот период, тем лучше, а в идеале следовало бы проводить оптимизационные расчеты развития и размещения производительных сил на бесконечность. Необходимость ограничения расчетного периода определяется прежде всего максимально возможным сроком надежного прогноза экзогенных параметров для ОМММ.

Применение ОМММ основывается на прогнозе значительного массива нормативов производственных затрат (материальных, капитальных, транспортных, трудовых), запасов природных ресурсов, условий воспроизводства трудовых ресурсов, потребностей населения и параметров критерия оптимальности, ресурсов, выделяемых на оборону и т. д. Точность прогноза этих величин падает с увеличением срока прогнозирования вследствие неопределенности (стохастичности) ряда процессов, оказывающих большое влияние на экономическое развитие вообще и территориальные пропорции в частности. В первую очередь следует отметить роль неопределенности в развитии научно-технического прогресса (и его региональных аспектов), в результатах геологоразведочных изысканий, в динамике вос-

¹ В «Общей методике ...» сформулировано требование, чтобы «эффективность вариантов оценивалась не с точки зрения быстро преходящего, кратковременного эффекта, а базировалась на учете более далекой перспективы и обеспечения долговременного максимума эффективности и поддержания высоких темпов развития на длительное время» (с. 29).

производства населения, в изменениях покупательского спроса, внешнеполитических и внешнеэкономических условий, в колебаниях природно-климатических условий и т. д.

Научными организациями накоплен довольно значительный опыт долгосрочных народнохозяйственных прогнозов с помощью *детерминированных* межотраслевых моделей, в которых значительная часть исходной информации (коэффициенты производственных затрат) аналогична используемой в ОМММ. По детерминированным моделям в ИЭ и ОПП СО АН СССР и НИЭИ Госплана СССР выполнялись расчеты на период до 25 лет. На наш взгляд, для детерминированных ОМММ оптимальная длительность расчетного периода не превышает 10—15 лет. Возможности дальнейшего увеличения расчетного периода связаны с включением элементов неопределенности в ОМММ¹. На первых порах неопределенность можно учитывать вариантным способом, решая серию задач в детерминированной постановке, но при разных значениях важнейших неустойчивых параметров модели. Например, для определения перспектив развития производительных сил Дальнего Востока крайне важны возможности интенсификации внешнеэкономических связей. Они могут существенно менять производственную специализацию всей восточной зоны страны. С помощью ОМММ могут быть заранее рассчитаны оптимальные варианты, соответствующие различным уровням развития внешней торговли и других форм международных экономических отношений. Изучение этих вариантов может облегчить выбор экономической и внешнеполитической стратегии.

В зависимости от длительности расчетного периода цели использования ОМММ существенно изменяются. От среднесрочных *экономико-математических* расчетов требуется конкретность, поэтому в модели должен быть представлен достаточно подробный перечень отраслей и регионов, а все результаты решения по ОМММ могут непосредственно использоваться для обоснования плановых решений. Основная цель долгосрочных расчетов — определить влияние отдаленного будущего на те решения, которые необходимо принимать сегодня. Изменение целей использования ОМММ оказывает влияние на методику. При увеличении длительности расчетного периода допускается более высокая степень агрегирования показателей (например, задача может решаться в разрезе 4—5 макроэкономических зон страны). Кроме того, не все результаты долгосрочных расчетов по ОМММ должны использоваться непосредственно, значительная их часть служит фоном для определения ключевых характеристик. Например, не столько важно правильно предсказать

¹ Наибольшие практические результаты по использованию оптимизационных моделей с элементами неопределенности достигнуты в прогнозировании топливно-энергетического хозяйства (см., например, Оптимизация и управление в больших системах энергетики. Иркутск, 1970).

размещение производственной программы отраслей через 20 лет и тем более схему рациональных межрегиональных связей, сколько определить влияние перспективного размещения и связей на программу капитальных вложений и потребности в трудовых ресурсах. Это нужно для развертывания нового строительства и осуществления практических мер по планомерной миграции населения. Интересные методические проблемы возникают при сочетании результатов расчетов по ОМММ с разными расчетными периодами.

§ 3. Исходная модель (ОМММ 1-1)

Первая оптимизационная межотраслевая межрегиональная модель, по которой проводились экспериментальные расчеты оптимального развития и размещения производительных сил СССР, включала следующие основные группы условий:

1) региональные межотраслевые балансы производства и распределения продукции (включая отрасли транспорта) последнего года планируемого периода, предусматривающие возможность выбора оптимальных вариантов взаимосвязей между отраслями и регионами;

2) балансы наличия и использования трудовых ресурсов по каждому региону (с учетом прогнозируемой миграции) в последнем году планируемого периода;

3) ограничения по капитальным вложениям (материально-вещественному составу) в целом по стране за весь планируемый период;

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

При этих условиях находится вариант развития производства и межрегиональных связей, обеспечивающий максимальный рост потребления населения страны при заданной структуре (материально-вещественной и территориальной).

Ограниченные вычислительные и информационные возможности, существовавшие к моменту проведения экспериментальных расчетов, вынудили упростить ряд условий модели:

1) в каждом регионе и каждой отрасли учитывается только по одному способу производства;

2) капиталовложения в развитие транспорта принимаются известными (исходя из существующего плана развития транспортной сети); на величину намечаемых капиталовложений в транспорт корректируется общий объем капиталовложений по народному хозяйству;

3) трудовые ресурсы закрепляются по регионам; в самой модели не предусматриваются условия перемещения трудовых

ресурсов между регионами (однако при обосновании лимитов по труду учитываются возможные и целесообразные потоки миграции населения);

4) все виды транспорта объединены в один (с усреднением затрат);

5) по перевозкам продукции определенной отрасли для каждой пары смежных регионов выбирается один маршрут;

6) затраты на перевозку между смежными регионами относятся полностью на регион-отправитель.

Обозначения. Модель охватывает n отраслей, не считая транспорта ($i, j=1, \dots, n$), и m регионов ($r=1, \dots, m$). Основными неизвестными являются показатели последнего года планируемого периода:

- ✓ x_i^r — объем производства продукции i -й отрасли в r -м регионе, получаемой в последнем году с производственных мощностей, действовавших на начало планового периода (удобно пронумеровать отрасли таким образом, чтобы последние номера, начиная с $k+1$, отводились отраслям, создающим материально-вещественные элементы капиталовложений);
- ✓ \bar{x}_i^r — прирост производства продукции i -й отрасли в r -м регионе за счет капиталовложений на расширение мощностей;
- ✓ x_t^r — объем продукции транспорта в r -м регионе;
- ✓ x_i^{rs} — объем поставки i -й продукции из региона r в смежный регион s (непосредственно учитываются связи только между смежными регионами)¹;
- ✓ z — общий объем максимизируемого непроизводственного потребления².

Параметрами модели являются:

- ✓ N_i^r — объем продукции i -й отрасли в r -м регионе, который может быть получен в последнем году планового периода с производственных мощностей, действовавших на начало планового периода;
- ✓ q_i^r — фиксированная часть конечного использования продукции i -й отрасли в r -м регионе;

¹ Непосредственно регистрируются связи только между смежными (граничащими) регионами. Это позволяет намного уменьшить число неизвестных задачи, несколько не уменьшая точности исчисления транспортных затрат. Метод учета связей только между смежными регионами соответствует сетевой постановке транспортной части модели (см. также гл. IV; § 4, 5). Другой возможный способ регистрации межрегиональных связей — непосредственно между всеми регионами — соответствует более громоздкой *матричной* постановке транспортных задач (подробнее см. Гранберг А. Межотраслевые модели оптимального размещения производительных сил СССР. — Сб. «Модели и методы оптимального развития и размещения производства». Новосибирск, 1965, с. 148—155, 160—170).

² В § 5, гл. I отмечалось (см. стр. 52, 53), что могут использоваться различные модификации однопараметрического контроля оптимальности и условия формирования структуры потребления.

H_i — лимит чистых капиталовложений i -го вида в целом по стране за весь плановый период;

L^r — лимит трудовых ресурсов для производственной сферы в r -м регионе;

\bar{d}_j^r — максимально допустимый прирост производства продукции j -й отрасли в r -м регионе;

\underline{d}_j^r — минимальный прирост производства продукции j -й отрасли в r -м регионе;

δ_{ij} — элемент единичной матрицы (символ Кронекера):

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{при } i = j; \\ 0 & \text{при } i \neq j; \end{cases}$$

\bar{a}_{ij}^0 — затраты продукции i -й отрасли на производство единицы продукции j -й отрасли в r -м регионе на мощностях, действовавших к началу планового периода (старых мощностях);

\bar{a}_{ij}^r — затраты продукции i -й отрасли на производство единицы продукции j -й отрасли на мощностях, введенных в плановом периоде (новых мощностях);

h_{ij}^r — затраты капиталовложений вида i на единицу продукции j -й отрасли в r -м регионе, получаемой на новых мощностях;

b_{ij}^r — затраты капиталовложений вида i в последнем году на единицу продукции j -й отрасли в r -м регионе, получаемой на новых мощностях;

\bar{t}_j^0 — затраты труда на производство единицы продукции j -й отрасли в r -м регионе, получаемой на старых мощностях;

\bar{t}_j^r — затраты труда на производство единицы продукции j -й отрасли в r -м регионе, получаемой на новых мощностях;

$\bar{a}_{\tau i}^r$ — затраты продукции i -й отрасли на единицу работы транспорта в r -м регионе;

t_{τ}^r — затраты труда на единицу работы транспорта в r -м регионе;

$\bar{a}_{\tau j}^{rr}$ — затраты транспорта на внутрирайонные перевозки единицы продукции j -й отрасли в r -м регионе;

$\bar{a}_{\tau j}^{rs}$ — затраты транспорта на перевозку единицы продукции j -й отрасли из региона r в регион s ;

α_i^r — доля общего фонда непроизводственного потребления страны, приходящаяся на потребление продукции i -й отрасли в r -м регионе $\left(\sum_{r,i} \alpha_i^r = 1 \right)$.

Для упрощения обозначений и записи моделей здесь и в дальнейшем не указываются переменные и параметры по экспорту и импорту продукции и передачам электроэнергии¹.

¹ Полностью все обозначения и условия приведены в сб. «Методы и модели территориального планирования». Вып. 1, с. 8—13.

В более ранних описаниях модели¹ полные объемы производства (x_j^r) выражались через алгебраические суммы $x_j^r = N_j^r + \bar{x}_j^r - \underline{x}_j^r$, где \underline{x}_j^r интерпретировались как уменьшения объемов производства продукции на мощностях, действовавших на начало планового периода. Теперь $x_j^r = x_j^r + \bar{x}_j^r$, причем $x_j^r \leq N_j^r$. Переход к новым переменным создает некоторые удобства при вводе информации в ЭВМ и при экономико-математическом анализе оптимальных вариантов. Разделение производства на старых и новых мощностях не создает особых трудностей для получения соответствующей информации. В то же время появляется заманчивая возможность определять с помощью ОМММ некоторые важные характеристики технического прогресса (интенсивность обновления старой техники, технологии и т. п.).

Ограничения на фонд капиталовложений в целом за плановый период выражаются следующим образом:

$$\sum_{r,j} h_{ij}^r \bar{x}_j^r \leq H_i \quad (i = k+1, \dots, n) \quad (\text{II.1})$$

(число таких неравенств совпадает с числом отраслей, создающих материально-вещественные элементы капиталовложений).

В балансах продукции в ресурсовую часть входят производство, ввоз из других регионов и импорт (для пограничных регионов), а в расходную часть — текущее производственное потребление, капиталовложения, затраты на транспорт (в том числе затраты, связанные с передачей электроэнергии), производственное потребление, фиксированное конечное использование продукции, вывоз продукции в другие регионы и экспорт (для пограничных регионов).

Имеем

$$\begin{aligned} x_i^r + \bar{x}_i^r + \sum_s x_i^s \geq \sum_j a_{ij}^r x_j^r + \sum_j a_{ij} \bar{x}_j^r + \\ + \sum_j b_{ij}^r \bar{x}_j^r + a_{ir}^r x_r^r + a_{iz}^r + \sum_s x_i^s + q_i \end{aligned}$$

(s — индекс районов, смежных с r).

После приведения подобных членов получаем

$$\begin{aligned} \sum_j (\delta_{ij} - a_{ij}^r) x_j^r + \sum_j (\delta_{ij} - a_{ij}^r - b_{ij}^r) \bar{x}_j^r - a_{ir}^r x_r^r - a_{iz}^r - \sum_s x_i^s + \\ + \sum_s x_i^s \geq q_i \quad (i = 1, \dots, n; r = 1, \dots, m). \quad (\text{II.2}) \end{aligned}$$

¹ Гранберг А. Г. Экспериментальные расчеты по многоотраслевой модели оптимального развития и размещения производства по экономическим зонам СССР. «Известия Сибирского отделения АН СССР», 1968, № 11, серия общественных наук, вып. 3; Гранберг А. Г. Многоотраслевая модель оптимального развития и размещения производства в планово-экономических расчетах. — «Экономика и математические методы». Т. VI, вып. 3, 1970; Аганбегян А. Г., Багриновский К. А., Гранберг А. Г. Система моделей народнохозяйственного планирования. М., «Мысль», 1972, гл. VI.

При этом общие затраты капиталовложений и капиталовложения последнего года планируемого периода (учитываемые в балансах продукции) связаны соотношениями

$$\sum_j b_{ij}^r \bar{x}_j = \lambda_i^r \sum_j h_{ij}^r \bar{x}_j,$$

где λ_i^r — доля капиталовложений последнего года в общем объеме капиталовложений за плановый период по r -му региону.

При равных годовых темпах прироста капиталовложений ρ и длительности планового периода T

$$\lambda = \frac{\rho(1+\rho)^{T-1}}{(1+\rho)^T - 1} \quad (\text{с возможной дифференциацией по видам капиталовложений}),$$

при этом ρ определяется из уравнения

$$\frac{(1+\rho)[(1+\rho)^T - 1]}{\rho} = \frac{H}{H_0},$$

где H_0 — капиталовложения базисного года.

Объем транспортной работы региона складывается из внутрирегиональных перевозок, обеспечивающих внутрирегиональное потребление продукции (x_{ij}^{rr}), межрегиональных перевозок, обеспечивающих вывоз продукции, и экспортно-импортных перевозок (для пограничных регионов):

$$x_{\tau}^r \geq \sum_j a_{\tau j}^{rr} x_{ij}^{rr} + \sum_{s,j} a_{\tau j}^{rs} x_{ij}^{rs} \quad (r = 1, \dots, m).$$

По экономическому содержанию внутрирегиональное потребление j -й продукции есть

$$x_{ij}^{rr} = x_{ij}^0 + \bar{x}_j + \sum_s x_{ij}^{sr} - \sum_s x_{ij}^{rs}.$$

Поэтому можем принять

$$x_{\tau}^r \geq \sum_j a_{\tau j}^{rr} x_{ij}^0 + \sum_j a_{\tau j}^{rr} \bar{x}_j + \sum_{s,j} a_{\tau j}^{rr} x_{ij}^{sr} + \sum_{s,j} (a_{\tau j}^{rs} - a_{\tau j}^{rr}) x_{ij}^{rs}$$

или

$$\begin{aligned} & - \sum_j a_{\tau j}^{rr} x_{ij}^0 - \sum_j a_{\tau j}^{rr} \bar{x}_j + x_{\tau}^r - \sum_{s,j} (a_{\tau j}^{rs} - a_{\tau j}^{rr}) x_{ij}^{rs} - \\ & - \sum_{s,j} a_{\tau j}^{rr} x_{ij}^{sr} \geq 0 \quad (r = 1, \dots, m). \end{aligned} \quad (\text{II.3})$$

Решению задачи должны удовлетворять только неотрицательные значения x_{ij}^{rr} . Если рассматривать внутрирегиональное потребление не с точки зрения поступления ресурсов, а с точки зрения использования продукции, то

$$x_{ij}^{rr} = \sum_j a_{ij}^0 x_j^0 + \sum_j a_{ij}^r \bar{x}_j + \sum_j b_{ij}^r \bar{x}_j + a_{i\tau}^r x_{\tau}^r + \alpha_i^r z + q_i^r.$$

Очевидно, что условия $x_i^{r'} \geq 0$ выполняются автоматически при неотрицательности остальных неизвестных. Поэтому, освободившись от переменных $x_i^{r'}$ путем подстановок, можно не вводить особых условий, гарантирующих неотрицательность внутрирегионального потребления.

Трудовые затраты в r -м регионе на производство продукции и транспортировку составляют

$$\sum_j t_j^0 x_j^0 + \sum_j t_j^r \bar{x}_j^r + t_r^r x_r^r \leq L^r \quad (r=1, \dots, m). \quad (\text{II.4})$$

Основные условия (II.1) — (II.4), а также ограничения на отдельные переменные

$$\underline{d}_j^r \leq \bar{x}_j^r \leq \bar{d}_j^r \quad (\text{для некоторых } j, r), \quad (\text{II.5})$$

$$x_j^0 \leq N_j^r, \quad (\text{II.6})$$

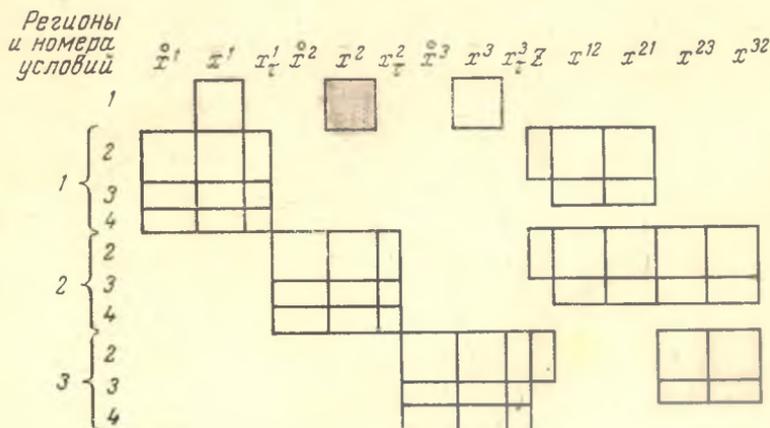
$$x_j^0, \bar{x}_j^r, x_r^r, x_j^{r's} \geq 0 \quad (\text{II.7})$$

и функционал

$$z \rightarrow \max \quad (\text{II.8})$$

образуют модель оптимизации комплексного развития и размещения производства.

Матрица задачи (II.1) — (II.8) имеет специфическую структуру. Региональные блоки связаны между собой ограничениями по капиталовложениям, структурой фонда потребления и условиями межрегиональных транспортных связей (по смежным регионам). Пусть, к примеру, территория страны разделена на три региона, причем смежными являются регионы 1 и 2, а также 2 и 3. Структура матрицы будет иметь следующий вид:



Если допустить, что в оптимальном плане старые мощности используются полностью (т. е. $x_j^0 = N_j^0$), то условия (II.2) — (II.4) упрощаются (исключаются связи с переменными x_j^0) и исчезает условие (II.6).

Модель может включать и некоторые дополнительные условия, не усложняющие ее структуру: ограничения на интенсивности некоторых межрегиональных потоков, ограничения по использованию природных ресурсов и т. п. Однако сведение условий использования ограниченных природных ресурсов к неравенствам типа $\sum_j f_{pj}^0 x_j^0 + \sum_j f_{pj}^r \bar{x}_j \leq R_p$ (где f_{pj}^0 и f_{pj}^r — затраты p -го ресурса на единицу продукции; R_p — лимит p -го ресурса) требует принятия упрощающих предположений относительно параметров R_p .

В добывающей промышленности связь между запасами полезных ископаемых и *годовой* их добычей неоднозначна, так как месторождения могут разрабатываться с разной степенью интенсивности.

Максимальные масштабы годовой добычи могут определяться, в частности, экономической целесообразностью эксплуатации месторождений хотя бы в течение амортизационного периода основных фондов. Аналогичная проблема возникает при определении максимально допустимых масштабов эксплуатации лесных ресурсов. Здесь обычно принимают во внимание величину «расчетной лесосеки». Более сложно отразить в модели ограниченность водных ресурсов, поскольку необходимо учитывать не только прямые потребности хозяйств в воде, но и многие особенности оборота водных ресурсов (безвозвратное использование, сброс отработанной воды, регенерация, реакционное использование и т. д.)¹.

Математический анализ модели (II.2) — (II.8) позволяет установить свойства оптимальных вариантов развития и размещения производительных сил при различных значениях исходных параметров.

В теории математической экономики хорошо изучены свойства точечных межотраслевых моделей и в гораздо меньшей степени — свойства пространственных моделей с упрощенным представлением межрегиональных связей (с двухкомпонентными «транспортными» способами). Первые математические исследо-

¹ Теоретически возможно включить в территориальную модель народного хозяйства основные условия выбора оптимальных сроков эксплуатации месторождений полезных ископаемых и лесных угодий, а также условия воспроизводства водных ресурсов, трансформации земельных ресурсов и т. д. Однако это сильно усложнило бы использование модели. Процессы природопользования более доступно исследовать в рамках региональных моделей.

вания более сложных моделей типа ОМММ 1-1 проведены Г. Я. Ярахмедовым, К. В. Ачелашвили, М. В. Якобсоном¹.

Несмотря на «очевидный» характер некоторых свойств модели (например, существование и ограниченность решений), их строгое математическое обоснование является довольно трудным. Попытки выявления *общих* свойств ОМММ 1-1, т. е. выполняющихся при любых допустимых значениях параметров, не приносят успеха. М. В. Якобсон ввел понятие «типичного» свойства модели, выполняющегося для «почти всех» задач с определенными ограничениями на параметры.

Для доказательства типичных свойств модели (II.1) — (II.8) М. В. Якобсоном приняты допущения: а) матрицы районных затрат продуктивны; б) $d_j^r = 0$ при всех j, r ; в) $a_{ij}^{rs} > a_{ij}^{rr}$ при всех j, r, s ; г) величины импорта «не слишком велики»; д) отсутствуют «особые» регионы (в которых производство по всем отраслям с транспортабельной продукцией равно нулю). При этих допущениях доказаны следующие типичные свойства:

- 1) всякий план ограничен;
- 2) оптимальный план не вырожден;
- 3) в оптимальном плане условия (II.2) и (III.3) обращаются в равенство;
- 4) оптимальный план единственен.

Данные свойства типичны в том смысле, что при случайном выборе параметров задачи (в рамках принятых допущений) вероятность получить решение, не обладающее этими свойствами, практически равна нулю. Следует отметить, что все принятые допущения, кроме «б», соответствуют реальной информации. Условие «б», по-видимому, может быть ослаблено.

Г. Я. Ярахмедов и К. В. Ачелашвили вывели некоторые точные соотношения для модели, близкой ОМММ 1-1 (максимизируется $\sum_{i,r} z_i^r$, где z_i^r — непродуцируемое потребление продукции i -й отрасли в r -м регионе; неравенства (II.2) и (II.3) заменены равенствами; $d_j^r = 0$ при всех j, r). С учетом новой записи модели доказанные свойства можно сформулировать следующим образом:

1⁰. Если коэффициенты производственных затрат на старых и новых мощностях равны ($\overset{0}{a}_{ij}^r = a_{ij}^r, \overset{0}{t}_j^r = t_j^r$ при всех i, j, r), то существует оптимальный план, в котором $(N_j^r - \overset{0}{x}_j^r) \bar{x}_j^r = 0$ при всех j, r , т. е. если $\overset{0}{x}_j^r < N_j^r$, то $\bar{x}_j^r = 0$, и если $\bar{x}_j^r > 0$, то $\overset{0}{x}_j^r = N_j^r$.

¹ Ярахмедов Г. Я., Ачелашвили К. В. О некоторых свойствах решения задачи оптимального территориального планирования. — Сб. «Методы и модели территориального планирования». Вып. 1. Новосибирск, 1971; Якобсон М. В. О постановке задачи изучения типичных свойств линейных экономических моделей (фонды ИЭ и ОПП СО АН СССР, 1972).

2⁰. Существует оптимальный план, в котором отсутствуют циклы поставок продукции, т. е. $x_j^{r_1 r_2} \cdot x_j^{r_2 r_3} \cdot \dots \cdot x_j^{r_{k-1} r_k} \cdot x_j^{r_k r_1} = 0$ при всех r, s, j .

Частным случаем этого свойства какого-либо оптимального плана является отсутствие встречных поставок: $x_j^{r s} \cdot x_j^{s r} = 0$ (при всех r, s, j).

Очевидно, что если оптимальный план **единственный**, то свойства 1⁰ и 2⁰ для него обязательно выполняются. При дополнительном предположении о положительности всех коэффициентов $a_{rj}^{r s}$ доказывается, что свойства 1⁰ и 2⁰ являются необходимыми для **всякого** оптимального плана.

В проводившихся многовариантных расчетах оптимального развития и размещения производительных сил СССР выполнялись все отмеченные выше условия (как типичные для ОМММ 1-1, так и точные, но доказанные для родственной модели). Кроме того, в процессе этих расчетов выявлялись и некоторые эмпирические закономерности формирования оптимальных вариантов.

Во-первых, можно указать, что существование решений задачи (II.1) — (II.8) обеспечивается разумным заданием величин минимальных приростов продукции (\bar{d}_j^r) и прочей конечной продукции (q_i^r). Величины $\bar{d}_j^r > 0$ малы по сравнению с N_j^r и определяются только в исключительных случаях. (Поэтому введение условий $\bar{d}_j^r = 0$ не приводит к существенным изменениям.) Величины q_i^r по смыслу задачи могут быть обеспечены материальными ресурсами даже при невысоких темпах развития общественного производства.

Ограниченность оптимального варианта вытекает из ограниченности ресурсов. Поскольку ограничения на максимально допустимые приросты продукции носят локальный характер (не ограничиваются $\sum_{r=1}^m \bar{d}_j^r$), то типичной является ситуация, когда дефицитен хотя бы один вид общих ресурсов (капиталовложения или рабочая сила).

Важной характеристикой оптимального варианта является соотношение количеств входящих в него переменных объемов производства и межрегиональных поставок. Рассмотрим вначале случай, когда все условия (II.6) выполняются как равенства, а условия (II.5) отсутствуют или все они выполняются как строгие неравенства. При этом мы будем опираться на типичные свойства ОМММ 1-1.

Пусть l — число условий (II.1) и (II.4), обращающихся в равенства ($l \leq m + n - k$). Поскольку оптимальный план не вырожден, $z > 0$ и уже поэтому все $x_t^r > 0$, то общее число положительных переменных \bar{x}_j^r и $x_i^{r s}$ составит $nm + l - 1$.

В оптимальном варианте с предельной концентрацией производства (когда продукция каждой отрасли производится только в одном регионе) число положительных \bar{x}_j равно m , а число положительных x_j^{rs} равно $n(m-1) + l - 1$, что при реальных значениях параметров значительно меньше числа потенциально осуществимых связей $nm\alpha$ (где α — среднее для каждого региона число смежных районов; $\max \alpha = m - 1$). В оптимальном варианте с предельной диверсификацией производства (когда в каждом регионе производится продукция всех отраслей) число положительных \bar{x}_j равно nm , а число положительных x_j^{rs} — только $l - 1$; таким образом, необходимым условием осуществимости полной автаркии регионов является $l = 1$. Оба эти предельные варианты неэффективны не только в реальной действительности, но и в рамках условий ОМММ: первый — из-за чрезмерных транспортных затрат, наличия отраслей с нетранспортальной продукцией; второй — из-за высоких затрат на производство некоторых видов продукции в ряде регионов или отсутствия соответствующих природных условий.

При включении в задачу условий (II.5) число положительных переменных x_i^{rs} увеличивается. Обозначим: n_1 — число условий (II.5), выполняющихся как равенство; n_2 — число положительных \bar{x}_j , не принимающих предельных значений; n_3 — число x_j^r , принимающих нулевые значения; n_4 — число положительных x_i^{rs} . Тогда в оптимальном плане выполняется соотношение $n_2 + n_4 = nm + l - 1$, откуда $n_4 = n_1 + n_3 + l - 1$ и $n_2 = nm - n_4 + l - 1$.

Основной вариант задачи оптимального развития и размещения производительных сил СССР, анализируемый в гл. III, имеет следующие характеристики:

$$\begin{aligned} n &= 14, \quad m = 10, \quad l = 3, \\ n_1 &= 62, \quad n_2 = 77, \quad n_3 =, \quad n_4 = 65. \end{aligned}$$

Перейдем теперь к частным случаям ОМММ 1-1.

Рассмотренная выше модель может использоваться для текущего планирования (на ближайший плановый год), когда основная часть капиталовложений не связана с приростом продукции, а главными ограничивающими ресурсами являются наличные производственные мощности. Поэтому решаемая задача сводится к совместной оптимизации использования производственных мощностей и межрегиональных поставок продукции.

В первом варианте ОМММ для текущего планирования все производственные капиталовложения задаются в составе q^r (как в статической модели межотраслевого баланса), условия (II.1) исключаются:

$$\begin{aligned} \sum_j (\delta_{ij} - a_{ij}^0) x_j^0 - a_{ir}^r x_r^r - \alpha_i^r z - \sum_s x_i^{rs} + \sum_s x_i^{sr} &\geq q_i^r \\ (i &= 1, \dots, n; \quad r = 1, \dots, m); \end{aligned} \quad (\text{II.9})$$

$$-\sum_j a_{rj}^0 x_j^r + x_r^r - \sum_{s,j} (a_{rj}^{rs} - a_{rj}^r) x_j^{rs} - \sum_{s,j} a_{rj}^{rs} x_j^{sr} \geq 0 \quad (r = 1, \dots, m); \quad (\text{II.10})$$

$$\sum_j t_j^0 x_j^r + t_r^r x_r^r \leq L^r \quad (r = 1, \dots, m); \quad (\text{II.11})$$

$$0 \leq x_j^r \leq N_j^r; \quad (\text{II.12})$$

$$x_r^r, x_i^{rs} \geq 0; \quad (\text{II.13})$$

$$z \rightarrow \max. \quad (\text{II.14})$$

На примере модели (II.9)—(II.14) можно легко продемонстрировать принципиальные различия свойств точечных и пространственных моделей экономики.

Точечная межотраслевая модель оптимизации производственных мощностей (статический вариант) в принятых выше обозначениях формулируется следующим образом:

$$\sum_i (\delta_{ij} - a_{ij}) x_j - \alpha_i z \geq q_i \quad (i = 1, \dots, n); \quad (\text{II.15})$$

$$0 \leq x_i \leq N_i \quad (i = 1, \dots, n); \quad (\text{II.16})$$

$$z \rightarrow \max. \quad (\text{II.17})$$

Такая модель предлагается группой сотрудников ИЭ и ОПИ СО АН СССР (под руководством К. К. Вальтуха) для практического применения в Госплане СССР. Типичным свойством модели (II.15)—(II.17) является то, что $\max z$ определяется одним узким местом — производственной мощностью какого-либо одного вида продукции. Иными словами, в оптимальном варианте полностью используется только один вид производственных мощностей¹.

Свойства модели (II.9—II.14) тождественны свойствам ОМММ 1-1 для перспективного планирования (кроме свойства о связи между x_j^0 и \bar{x}_j^r). Для сопоставимости с задачей (II.15)—(II.17) исключим условия (II.11). Благодаря возможности пространственного перемещения продукции, производимой в разных регионах на ограниченных мощностях, в оптимальном варианте обеспечивается более полное использование мощностей различных отраслей. Допустима и такая ситуация (при выполнении всех типичных свойств), когда мощности во всех регионах полностью используются. Этой ситуации соответствуют наиболее интенсивные межрегиональные связи: число положительных переменных x_i^{rs} достигает $nm - 1$.

¹ Лавровский Б. Л., Масаков В. М. Модель межотраслевого баланса производственных мощностей с оптимизацией.— Сб. «Проблемы народнохозяйственного оптимума». Вып. III, ч. 1. Новосибирск, 1970; Аганбегян А. Г., Багриновский К. А., Гранберг А. Г. Система моделей народнохозяйственного планирования. М., «Мысль», 1972, с. 232—236.

При решении межотраслевой межрегиональной задачи на текущий год по данным СССР (см. гл. III, § 5) полное использование мощностей было достигнуто в 71 случае из 98. Хотя только в одной отрасли мощности использовались полностью во всех регионах, но этот результат не является закономерным для пространственной модели.

Во втором варианте ОМММ для текущего планирования допускается возможность использования части капиталовложений для осуществления экстренных мероприятий по дополнительному вводу производственных мощностей. Удельные затраты на осуществление экстренных мероприятий, дающих прирост продукции $(\hat{a}_{ij}^r, \hat{b}_{ij}^r, \hat{t}_j^r)$, могут существенно отличаться от «нормальных» в зависимости от состояния заделных объектов капитального строительства, необходимости отклонения от принятой технологии и т. п. Пусть \hat{x}_j^r — прирост продукции за счет экстренных мероприятий, \hat{H}_{ij}^r — капиталовложения целевого назначения, выделяемые на экстренные мероприятия. Тогда модель записывается в следующем виде:

$$\sum_j (\delta_{ij} - \hat{a}_{ij}^0) x_j^0 + \sum_j (\delta_{ij} - \hat{a}_{ij}^r - \hat{b}_{ij}^r) \hat{x}_j^r - a_{i\tau}^r x_\tau^r - \alpha_i^r z - \sum_s x_i^{rs} + \sum_s x_i^{sr} \geq q_i^r$$

$$(i = 1, \dots, n; r = 1, \dots, m); \quad (II.18)$$

$$- \sum_j a_{\tau j}^{rr} x_j^r - \sum_j a_{\tau j}^{r\hat{r}} \hat{x}_j^r + x_\tau^r - \sum_{s,j} (a_{\tau j}^{rs} - a_{\tau j}^{rr}) x_j^{rs} - \sum_{s,j} a_{\tau j}^{r\hat{r}} x_j^{sr} \geq 0; \quad (II.19)$$

$$\sum_j \hat{t}_j^0 x_j^0 + \sum_j \hat{t}_j^r \hat{x}_j^r + t_\tau^r x_\tau^r \leq L^r \quad (r = 1, \dots, m); \quad (II.20)$$

$$0 \leq x_j^r \leq N_j^r; \quad (II.21)$$

$$0 \leq \hat{x}_j^r \leq \frac{\hat{H}_{ij}^r}{\hat{b}_{ij}^r} \quad (i = k+1, \dots, n; \text{ для некоторых } j, r \hat{H}_{ij}^r = 0); \quad (II.22)$$

$$x_\tau^r, x_i^{rs} \geq 0; \quad (II.23)$$

$$z \rightarrow \max. \quad (II.24)$$

Формально эта модель соответствует ОМММ 1-1 для перспективного периода, но без условий (II.1). Однако ее свойства могут быть иными вследствие больших значений коэффициентов затрат на экстренные мероприятия.

§ 4. Пример оптимизационных плановых расчетов

Пусть территория страны разбита на три района. Их географическое положение выражается следующим графом транспортных связей I ↔ II ↔ III (внешнеторговые связи не учитываются). Материальное производство включает четыре отрасли: 1) производство сырья, 2) производство готовой продукции (промышленных фабрикатов), 3) строительство, 4) транспорт. Предполагается, что продукция каждой отрасли однородна и измеряется в сопоставимых ценах (в млрд. руб.). Продукция строительства нетранспортабельна. Для непроизводственного потребления используется только готовая продукция промышленности и продукция строительства. Основные фонды создаются только в строительстве.

Условия базисного года. Основная информация для решения и анализа оптимизационных задач дана в приложении в конце книги (первый индекс таблиц — П). Приведем здесь главные характеристики развития и размещения производительных сил в базисном году (табл. II.1, II.2).

Т а б л и ц а II.1

Объемы производства и среднегодовые производственные мощности в базисном году

(П — производство, М — мощность)

Районы Отрасли	I		II		III		Итого	
	П	М	П	М	П	М	П	М
1	20	<u>20</u>	40	42	28	30	88	92
2	160	<u>170</u>	40	<u>40</u>	16	18	216	228
3	25	27	18	<u>20</u>	10	11	53	58
4	11,2	×	22,2	×	14,64	×	48,04	×
Итого*	<u>205</u> 216,2	217	<u>98</u> 120,2	102	<u>54</u> 68,64	59	<u>359</u> 405,04	378

— мощность используется полностью;

* — в числителе валовой общественный продукт без транспортных расходов, в знаменателе — с транспортными расходами.

Производственные мощности страны используются в среднем на 94,4%, в том числе по продукту 1 — на 95,7, по продукту 2 — на 94,7 и по продукту 3 — на 91,4%. Среднее использование мощностей по районам колеблется незначительно. Наименьший коэффициент использования мощностей — по продукту 3 в районе III (88,9%).

Межрайонные связи в базисном году

Продукты	Межрайонные поставки продукции				Сальдо вывоза-ввоза по районам		
	I—II	II—I	II—III	III—II	I	II	III
1	6,1	35,6	3,0	16,0	-29,5	+16,5	+13,0
2	88	28	30	4	+60	-34	-26
Итого	94,1	63,6	33,0	20,0	+30,5	-17,5	-13,0

Район I занимает ведущее место в стране по масштабам производства. Его доля в валовом общественном продукте составляет 53,4%, в то время как на долю района II приходится 29,6%, а на долю района III — только 16,9%. Довольно четко прослеживается специализация районов. Район I производит большую часть промышленной продукции, а два восточных дают 77,3% сырья и выполняют 76,7% всей транспортной работы.

Население и трудовые ресурсы размещены по стране неравномерно (см. табл. П-1). В районе I проживает 41,7% всего населения, в районе II — 37,5, в районе III — только 20,8%. В среднем трудовые ресурсы составляют 54,2% населения страны, а трудовые ресурсы в производственной сфере — 77,0% всех трудовых ресурсов. В сфере материального производства непосредственно могут использоваться в районе I — 20 млн. годовых работников, в районе II — 19 млн., в районе III — 11 млн. (соответственно 40; 38 и 22% общей численности по стране). В районе III население более интенсивно вовлечено в трудовую деятельность, и в частности в сферу материального производства. По данным базисного года в сфере материального производства недоиспользовалось в среднем 3,7% трудовых ресурсов, в том числе в районе I — 1,65%, в районе II — 7,4, в районе III — только 1,2%.

Различия отраслей по материалоемкости и трудоемкости производства (см. табл. П-2) отражают специфику их технологических процессов. Наилучшие производственные условия для 1-й отрасли в базисном году имелись в районе III, для 2-й и 3-й отраслей — в районе I, для транспорта — в районе II. Дифференциация районов по трудоемкости производства существенно выше, чем по материалоемкости.

В схеме грузопотоков значительную долю составляют встречные межрайонные перевозки: по продукту 1 — 21,4% от сальдо межрайонного обмена, по продукту 2 — 37,2%. Такие перевозки нерациональны, так как продукция отраслей является однород-

ной. Объемы внутрирайонных и межрайонных поставок определяют объемы работы транспорта, приведенные в табл. П.1.

Анализ межрайонных связей выявляет общую картину территориального разделения труда: район I обеспечивает потребности районов II и III в готовой продукции, а те снабжают район I сырьем. При используемых ценностных измерителях только район I имеет положительное сальдо общего обмена (30,5 млрд. руб.).

Коэффициенты затрат транспорта на перевозки сырья в 10—20 раз выше, чем на перевозки готовой продукции (см. табл. П-6). Поэтому даже при интенсивных межрайонных связях по готовой продукции на долю перевозок сырья приходится более 87% всего грузооборота. Коэффициенты затрат транспорта на межрайонные перевозки в 2—5 раз выше, чем на внутрирайонные перевозки. Это объясняет тот факт, что межрайонные перевозки занимают 76% всей транспортной работы.

Фонд непродовольственного потребления и накопления в базисном году был равен 100 млрд. руб. ($z=100$). Восточные районы (II, III) имеют менее благоприятные природно-климатические условия для жизни людей по сравнению с районом I. Здесь уровни душевого потребления продукции несколько выше средних, что способствует закреплению населения и трудовых ресурсов (см. табл. П-7). Фонд потребления на душу населения в базисном году составляет: в районе I — 800 руб., в районе II — 844 руб., в районе III — 880 руб. В материально-вещественной структуре фонда потребления страны доля продукта 2 составляет 86%, продукта 3 — 14%.

Отношение накопления основных производственных фондов к объему непродовольственного потребления и накопления в среднем составляет 26%, в том числе в районе I — 30%, в районе II — 23,7%, в районе III — 22,7%. Таким образом, территориальное распределение фонда накопления в базисном году не способствует ускоренному развитию восточных районов.

Оптимизация годового плана. Поскольку за базисный год имеется вся необходимая отчетная информация, естественно было бы решать оптимизационные задачи на следующий год. Однако это требует привлечения новой информации. Поэтому в интересах более сжатого изложения методики расчетов примем здесь следующие допущения: таблицы П.1, П.2 и соответствующие таблицы приложения характеризуют план базисного года, разработанный традиционными методами.

Для оптимизации плана на этот год с помощью ОМММ будем использовать данные о производственных мощностях (табл. П.1), трудовых ресурсах в сфере материального производства (табл. П-1), коэффициентах материальных, трудовых, транспортных затрат (табл. П-2, П-6), структуре непродовольственного потребления, объемах накопления основных производственных фондов и прочего расхода продукции (табл. П-7, П-8).

Задача по модели (II.9) — (II.14) включает 15 уравнений общего вида, 9 ограничений производственных мощностей, 21 основное неизвестное. В результате решения задачи найден план, в котором фонд потребления страны равен 110,16 млрд. руб., т. е. на 10,16% больше, чем в базисном варианте.

Повышение эффективности народного хозяйства обеспечивается в основном двумя факторами: 1) более полным использованием мощностей по производству продуктов 2 и 3, непосредственно направляемых на непроемственное потребление; 2) сокращением транспортных затрат (табл. II.3).

Мощности по продукту 2 в оптимальном варианте используются полностью во всех районах, и общее производство увеличивается на 4,6%. Производство продукта 3 возросло в целом во всех районах на 2,6%, но мощности всюду недоиспользуются. Производство продукта 1 в целом уменьшилось (на 2,4%), главным образом вследствие значительного сокращения транспортной работы (коэффициент затрат сырья на транспорт равен примерно 0,4). Но общее снижение производства получается за счет района III, в то время как в районах I и II достигаются максимальные объемы производства. Валовой общественный продукт страны (без продукции транспорта) увеличился на 3,2%.

Объемы транспортной работы значительно сократились во всех районах (в целом —

Таблица II.3
Оптимальный вариант производства и межрайонных связей на базисный год

Отрасли	Производство в районах				Межрайонные поставки				Сальдо вывоза-ввоза по районам		
	I	II	III	итого	I—II	II—I	II—III	III—II	I	II	III
1	20	42	23,9	85,9	—	30,66	—	10,43	-30,66	+20,23	+10,43
2	170	40	18	228	62,29	—	—	—	+62,29	-37,29	-25,00
3	25,61	18,51	10,30	54,42	×	×	×	×	×	×	×
4	7,70	17,50	10,16	35,36	×	×	×	×	×	×	×
Итого	215,61	100,51	52,20	368,32	62,29	30,66	25	10,43	+31,63	-17,06	-14,57
	223,31	118,01	62,36	403,68							

на 26,4%). Это достигнуто благодаря устранению всех встречных перевозок (свойство оптимального плана). Но реальная межрайонная кооперация возросла, что выражается в увеличении абсолютных значений сальдо вывоза-ввоза (сравним с табл. II.2).

Интересным результатом оптимизации является то, что при возросших объемах производства трудовые затраты уменьшились на 1,2 млн. годовых работника, причем особенно уменьшились трудовые затраты в наименее населенном районе III (на 1,1 млн. годовых работников). Народнохозяйственная производительность труда увеличилась: по валовому общественному продукту (без транспорта) на 5,8%, по величине критерия оптимальности — на 12,9%.

Анализ полученного оптимального варианта показывает, что рост уровня потребления сдерживается пятью узкими местами — мощностями по производству продуктов I и 2. Поэтому имеет смысл рассчитать условно оптимальные варианты, в которых узкие места устраняются (снимаются отдельные ограничения на максимально возможные объемы производства). Это позволит выяснить последствия мероприятий по расширению различных производственных мощностей и сделать предварительные выводы о сравнительной эффективности данных мероприятий (табл. II.4).

Т а б л и ц а II.4

Основные характеристики условно-оптимальных вариантов на базисный год

Варианты	Снимаемое условие	Значение освобождаемой переменной	z	Дефицитность трудовых ресурсов в районах
1	$x_1^1 < 20$	20,54	110,40	I
2	$x_2^1 < 170$	176,32	113,32	I, III
3	$x_1^2 < 42$	50,11	112,11	II
4	$x_2^2 < 40$	57,94	119,38	II, III
5	$x_2^3 < 18$	25,81	115,71	III

Отметим некоторые особенности условно-оптимальных вариантов.

Первый вариант. Характеристики оптимального плана изменяются несущественно.

Второй вариант. Производство продукта I сокращается в районе I (вследствие дефицитности трудовых ресурсов) и увеличивается в районе III (причем и здесь рост производства сдерживается наличными трудовыми ресурсами).

Третий вариант. Значительно уменьшается производство сырья в районе III и практически прекращается его вывоз; вследствие этого почти в 3 раза уменьшается объем транспортной работы.

В районе III образуются значительные резервы рабочей силы (4,22 млн. годовых работников). Резкие структурные сдвиги в плане не сопровождаются, однако, существенным ростом эффективности.

Четвертый вариант. За исключением некоторого уменьшения выпуска продукта 2 в районе III (из-за нехватки трудовых ресурсов), производство увеличивается во всех районах, и достигается почти полное использование всех производственных мощностей. Трудовые ресурсы страны также практически полностью используются (только в районе I остается резерв в 60 тыс. годовых работников).

Пятый вариант. В районе III одновременно с увеличением выпуска продукта 2 возрастает и производство продукта 1 (следствие роста потребностей района).

Таким образом, наибольшее воздействие на экономику всех районов страны оказывает расширение мощностей по производству продукта 2 в районе II (вариант 4). Окончательный вывод о первоочередной необходимости расширения определенного узкого места можно сделать после сопоставления получаемого эффекта с необходимыми затратами.

Перейдем к использованию второй модификации ОМММ для текущего планирования, включающей экстренные мероприятия по расширению производственных мощностей (см. формулы II.18—II.24).

Допустим, что анализ состояния действующих предприятий и объектов капитального строительства в первой и третьей отраслях не выявил возможностей дополнительного расширения производственных мощностей. Для увеличения выпуска продукции второй отрасли удалось выделить из годовых капиталовложений: в районе I — 2 млрд. руб., в районе II — 1 млрд. руб., в районе III — 1 млрд. руб. Эти капиталовложения позволяют произвести дополнительно продукции: в районе I — 5 млрд. руб., в районе II и III — по 2 млрд. руб. Однако трудоемкость дополнительной продукции примерно в 1,5 раза выше средней (см. табл. П-3).

В новом оптимальном варианте функционал достигает 114,32 млрд. руб., т. е. увеличивается за счет экстренных мероприятий на 4,16 млрд. руб. Капиталовложения, выделенные для дополнительного прироста мощностей, используются полностью во II и III районах; в районе I недоиспользуется 0,81 млрд. руб. капиталовложений (табл. II.5).

Объемы производства возрастают во всех отраслях, включая и транспорт. Валовой общественный продукт по сравнению с основным оптимальным вариантом увеличивается: без включе-

Таблица II.5

Оптимальный вариант производства и межрайонных связей на базисный год с учетом экстренных мероприятий

Отрасли	Производство в районах				Межрайонные поставки				Сальдо вывоза-ввоза по районам		
	I	II	III	итого	I-II	II-I	II-III	III-II	I	II	III
1	19,15	42	27,75	88,90	—	32,26	—	12,85	-32,26	+19,41	+12,85
2	172,97	42	20	234,97	63,06	—	25,88	—	+63,06	-37,18	-25,88
3	25,86	18,72	10,43	55,01	×	×	×	×	×	×	×
4	7,82	18,34	12,19	38,35	×	×	×	×	×	×	×
Итого	217,98	102,72	58,18	378,88	63,06	32,26	25,88	12,85	+30,80	-17,77	-13,03
	225,80	121,06	70,37	417,23							

ния транспорта — на 3,0%, с включением транспорта — на 3,3%. Можно отметить небольшое уменьшение добычи сырья в районе I и значительное увеличение его добычи в районе III. Трудовые ресурсы становятся дефицитными в районах I и III. Из-за недостатка трудовых ресурсов в районе I недоиспользуются мощности по продукту 1 и капиталовложения на расширение производства продукта 2.

Оптимизация перспективного плана. Длительность расчетного периода принимается равной 10 годам. Для решения задачи необходимы дополнительные исходные данные.

Характеристики производственных мощностей, действовавших в базисном году, к концу планового периода существенно изменяются (табл. II.6). По продукту 1 значительная часть производственных мощностей базисного года выбывает (из-за истощения запасов сырья и т. п.). По продуктам 2 и 3 максимально возможные объемы производства на «старых» мощностях увеличиваются за счет проведения организационно-технических мероприятий.

Объемы производства продукта 1 в районах I и II ограничиваются местными природными ресурсами (максимальные объемы производства в районе I — 20, в районе II — 60). В этом отношении преимущество имеет район III.

Численность населения устанавливается на основе прогноза естественного воспроизводства населения и проектируемой миграции. Среднегодовые темпы естественного прироста населения составляют: по району I — 1,0%, II — 1,3, III — 1,3%. Предусматривается, что сальдо миграции за 10 лет составит: по району I — минус 0,6 млн. человек, по району II — минус 0,6, по району III — плюс 1,2 млн. человек. Вследствие этого к концу десятилетия структура размещения населения должна измениться в пользу третьего района (I — 40,5%, II — 37,5, III — 22,0%). В общей численности населения удельный вес трудовых ресурсов (и, в частности, для материального производства) существенно колеблется по районам. Поэтому территориальное распределение трудовых ресурсов для производственной сферы заметно отличается от распределения населения (I — 38,7%, II — 37,7, III — 23,6%). Лимиты трудовых ресурсов для производственной сферы равны: в районе I — 20,8 млн. годовых работников, в районе II — 20,3 млн., в районе III — 12,7 млн.

Принимается, что коэффициенты материальных затрат на «старых» мощностях не изменяются; на «новых» мощностях они снижаются в среднем по продукту 1 — на 16,3%, по продукту 2 — на 10,3% (при расчетах на фактические объемы производства базисного года). Трудоемкость продукции на «старых» мощностях уменьшается в среднем на 26,5%, а на «новых» мощностях (включая и весь транспорт) трудоемкость ниже базисной в среднем на 50% (см. табл. П-4, П-5).

Структура непроизводственного потребления в плановом периоде изменяется в направлении увеличения удельного веса продукции строительства (непроизводственных основных фондов) и усиления преимущества района III по нормам душевого потребления (см. табл. П-7).

Оптимальные варианты развития и размещения производительных сил на 10-летний период рассчитаны исходя из трех гипотез о среднегодовых темпах прироста фонда производственного накопления (чистых капиталовложений в основные производственные фонды): А) 6,4%, Б) 7,0%, В) 8,0%. Исходные данные трех вариантов задачи отличаются только значениями λ и H .

Все три варианта характеризуются высокими темпами развития народного хозяйства и ростом его эффективности. Средне-

Таблица П.6

Максимально возможные объемы производства продукции в последнем году планового периода на мощностях, действовавших в базисном году

Районы \ Продукты	I	II	III	Итого
1	12	32	24	68
2	172	46	18	236
3	28	19	11	58

годовые темпы прироста фонда потребления (10,6—10,7%) превышают темпы прироста фонда валового общественного продукта (7,6—8,0%) и фонда производственного накопления (6,4—8,0%). В составе валового общественного продукта повышается удельный вес отраслей, производящих конечную продукцию (2 и 3), снижается удельный вес сырьевой отрасли и транспорта (табл. II.7).

Таблица II.7
Основные характеристики оптимальных вариантов
перспективного плана

Варианты	Сумма капиталовложений за плановый период (Н)	Доля последнего года в сумме капиталовложений за плановый период (λ)	z	Рост производства продукции (в % к базисному году)				
				1	2	3	4	итого
А	372	0,130	273,23	181,9	224,1	215,3	174,2	207,9
Б	384	0,133	274,75	181,8	225,7	220,6	174,7	209,5
В	407	0,138	277,40	181,7	233,0	231,0	175,5	214,8

Увеличение темпов роста фонда производственного накопления (при сохранении равномерности роста) приводит к заметному увеличению фонда потребления в 10-м году планового периода. Вариант В поэтому можно рассматривать как более предпочтительный.

При переходе от одного варианта к другому характеристики плана изменяются монотонно (состав базисных переменных не меняется). Поэтому можно ограничиться анализом только варианта В (табл. II.8).

Темпы роста производства продукции в оптимальном плане значительно различаются по районам. В результате за 10-летний период происходят существенные сдвиги в структуре размещения производства. Наиболее быстро развивается производство в районах III и II. В валовом общественном продукте страны удельный вес района II повышается с 29,7 до 32,3%, района III — с 16,9 до 17,6%. Удельный вес района I снижается с 53,4 до 49,9%.

Особенно возрастает значение восточных районов в производстве сырья: на долю района III приходится 50% общего производства, на долю района II — 37,5% (в базисном году соответственно 31,8 и 45,6%). Восточные районы выполняют также 86% всей транспортной работы. Район I сохраняет свое ведущее положение в производстве готовой промышленной продукции (71,2%). Зато в районе III производство этой продукции практически прекращается.

Т а б л и ц а II.8
Оптимальный план производства на 10-й год планового периода (вариант В)

По оптимальному варианту В в 10-м году планового периода 69,5% валового общественного продукта (без транспорта) производится на новых мощностях, в том числе 57,5% сырья, 77,6% готовой промышленной продукции, 52,6% продукции строительства. Старые мощности используются полностью в первой и третьей отраслях. Интересные пропорции складываются во второй отрасли.

В районе I старые мощности по продукту 2 используются только на 36,8%, а большой прирост продукции обеспечивается вводом новых мощностей ценой дополнительных капиталовложений (только на компенсацию недоиспользования старых мощностей на 108,7 млрд. руб. продукции тратится 43,5 млрд. руб. капиталовложений). Экономическая эффективность такого развития производства объясняется тем, что при дефицитности трудовых ресурсов решающее значение приобретает различие в трудоемкости производства на старых и новых мощностях (соответственно 0,045 и 0,03). Кроме того, на новых мощностях ниже коэффициент затрат сырья (0,20 против 0,25). Сравнение вариантов А, Б, В показывает, что с увеличением объемов капиталовложений интенсивность перехода от старых мощностей на новые возрастает при общем росте производства (табл. II.9).

Отрасли	Производство в районах						Рост производства в районах (в % к базисному году)				
	I		II		III		итого	I	II	III	итого
	$\circ x$	\bar{x}	$\circ x$	\bar{x}	$\circ x$	\bar{x}					
1	12	8	32	28	24	55,91	159,91	100	150,0	285,3	181,7
2	63,27	288,49	46	95	1,06	21,18	493,82	219,8	352,5	6,6	228,6
3	28	19,91	19	23,36	11	38,17	122,45	191,6	235,3	321,8	231,0
4		11,78		34,38			84,33	105,1	154,8	260,7	175,5
Итого	431,45		277,74		151,32		860,51	199,5	231,0	220,4	212,5

Одновременно сокращается потребность в сырье. Поэтому в районе III (где имеются свободные природные ресурсы) производство сырья на новых мощностях уменьшается (вариант А — 56,11, вариант В — 55,91). Практически прекращается производство готовой промышленной продукции. Все высвобождающиеся трудовые ресурсы используются в строительстве (потребность в продукции этой отрасли возрастает вследствие роста уровня потребления).

Недоиспользование старых производственных мощностей следует рассматривать как экономический маневр, направленный на общий рост эффективности народного хозяйства. Введение условия обязательного использования всех старых мощностей

Т а б л и ц а 11.9

Сравнительные показатели трех вариантов производства продукта 2

Варианты	σ^2 x	\bar{x}	x
А	123,25	212,25	335,50
Б	102,75	238,94	341,66
В	63,27	288,49	351,76

хотя и приводит к экономии капиталовложений, но способствует значительному снижению уровня потребления.

В базисном году в районе I использовалось 46,2% всего объема чистых производственных капиталовложений (накопления основных производственных фондов), в районе II — 34,6% и в районе III — только 19,2%. В плановом периоде чистые капиталовложе-

ния (накопление) увеличиваются неравномерно, что является главным фактором изменения территориальных пропорций. Ежегодные темпы роста чистых капиталовложений составляют: в районе I — 4,3%, в районе II — 7,0, в районе III — 12,4%. В целом за плановый период структура чистых производственных капиталовложений складывается следующим образом: район I — 36,2%, район II — 33,4, район III — 30,4%.

Общая картина межрайонных связей за 10-летний период не изменилась (табл. 11.10). Потоки сырья идут с востока на

Т а б л и ц а 11.10

Оптимальный план межрайонных связей на 10-й год планового периода (вариант В)

Продукты	Межрайонные поставки				Сальдо вывоза-ввоза по районам		
	I—II	II—I	II—III	III—II	I	II	III
1	—	66,23	—	57,37	—66,23	+8,86	+57,37
2	136,09	—	102,97	—	+136,09	—33,12	—102,97
Итого	136,09	66,23	102,97	57,37	+69,86	—24,26	—45,60

запад, а потоки готовой промышленной продукции — в обратном направлении. Варианты А, Б, В по межрайонным связям отличаются только интенсивностью одноименных потоков; максимальная разница имеет место по поставке продукта 2 из района I в район II (8,2 млрд. руб.).

Как уже отмечалось, в базисном году значительный удельный вес занимали встречные перевозки (см. табл. II.2). При оптимизации базисного года все встречные перевозки устраняются (в соответствии со свойствами ОМММ). Поэтому более глубокие сдвиги в системе межрайонных связей удобнее анализировать в сравнении не с фактическими данными за базисный год, а с результатами оптимизации базисного года (см. табл. II.3).

Межрайонный оборот продукции за 10 лет возрос на 162%, в то время как объем производства продуктов 1 и 2 увеличился на 111%. Это свидетельствует об углублении территориального разделения труда. Важным фактором интенсификации межрайонных связей является недостаток сырьевых ресурсов в районе I, это порождает значительный поток сырья из района III в западном направлении (в 5,5 раза больше, чем в «оптимизированном» базисном году). Величины сальдо вывоза-ввоза по районам (за исключением района II) также возросли в большей степени, нежели объемы производства. Относительно более замкнутым стало только хозяйство района II: по сравнению с базисным годом уменьшился чистый вывоз сырья и чистый ввоз готовой продукции.

Абсолютные значения сальдо общего обмена возросли по каждому району с сохранением прежнего знака: положительного в районе I, отрицательного в районе II и III. Интересно, что в районе III рост дефицита общего обмена (в 3,1 раза) происходит на фоне наиболее высоких темпов роста валового продукта. В последующем необходимо проанализировать, является ли такой результат закономерным для районов, специализирующихся на вывозе сырья и ввозе готовой продукции, или же такой результат является следствием недостатков используемых ценностных измерителей.

§ 5. Оценки оптимального плана

Существование и экономическая интерпретация оценок оптимального плана вытекают из математической теории двойственности.

Любой разрешимой задаче нахождения оптимального плана соответствует по крайней мере одна система экономических оценок (измерителей) ресурсов и продукции, отражающая основные пропорции этого плана. Экономический же смысл оценок определяется тем, что согласно теоремам двойственности оценки оптимального плана есть частные производные целевой функции задачи по правым частям ее ограничений. Вследствие этого оценки

оптимального плана соизмеряют все виды затрат и результатов с позиций избранного критерия оптимальности.

Оценки оптимального плана в определенном смысле приводят в соответствие понятия отраслевой, региональной и народнохозяйственной эффективности. Если все виды продукции и затрат измерять с помощью этих оценок, то варианты развития и размещения производства, вошедшие в оптимальный народнохозяйственный план, будут неубыточны (суммарная оценка выпускаемой продукции будет равна суммарной оценке всех затрат), а все варианты, не вошедшие в оптимальный план, будут убыточными (суммарная оценка продукции будет меньше суммарной оценки затрат).

Оценки оптимального плана, получаемые при решении глобальной народнохозяйственной задачи, обладают свойствами стимулирующих цен, тарифов, рент, нормативов эффективности и т. п. Но, как уже отмечалось в § 4 гл. I, нет достаточных оснований утверждать, что эти оценки должны непосредственно использоваться в хозяйственной практике как реальные цены, тарифы, ренты и т. п.

Рассмотрим систему оценок оптимального плана для модели (II.1)—(II.8). Существование и единственность системы оценок является следствием таких типичных свойств ОМММ, как существование, ограниченность, невырожденность оптимального плана.

Введем новые обозначения и одновременно укажем, каким условиям исходной модели соответствуют различные оценки оптимального плана:

w_i — оценка ресурсов производственных капиталовложений i -го вида (II.1);

w_i^r — оценка трудовых ресурсов в r -м регионе (II.4);

w_j^r — оценка производственных мощностей базисного года по j -й продукции в r -м регионе, функционирующих в последнем году планового периода (II.6);

\underline{w}_j^r — оценка минимального прироста производства продукции j -й отрасли в r -м регионе (II.5);

\bar{w}_j^r — оценка максимального прироста производства продукции j -й отрасли в r -м регионе (II.5);

v_j^r — оценка продукции j -й отрасли в r -м регионе (II.2);

v_τ^r — оценка продукции транспорта в r -м регионе (II.3).

Остановимся вначале на экономическом содержании и возможных направлениях использования оценок ограниченных ресурсов $(w_i, w_i^r, w_j^r, \bar{w}_j^r)$.

Эти оценки количественно характеризуют соотношения между приростом фонда потребления и приростом соответствующих ресурсов (в границах некоторых интервалов изменения объемов ресурсов). Все эти оценки имеют рентную природу, по-

скольку отражают объективный факт ограниченности наиболее эффективных приложений общественного труда. В оптимальном плане хотя бы один вид ресурсов является дефицитным и, следовательно, оценка хотя бы одного ресурса строго положительна (все оценки ресурсов неотрицательны).

Специфика оценок *различных* ресурсов заключается в том, что они позволяют сопоставлять одинаково измеряемый полезный эффект (прирост потребления в последнем году) с затратами, осуществляемыми в разные моменты времени. Так, величина w_i показывает предельную эффективность увеличения объема капиталовложений за весь плановый период при равномерном их росте. Величины w_i^r и \bar{w}_j характеризуют предельную эффективность прироста ресурсов в последнем году планового периода. Наконец, оценка w_j^0 характеризует тот прирост уровня потребления, который можно получить, если на производственных мощностях, действовавших в r -м регионе в базисном году, максимально возможный выпуск j -й продукции в последнем году планового периода станет больше на единицу; этот прирост производительности мощностей (не требующий новых капиталовложений) может достигаться в течение любого отрезка планирования.

Таблица II.11

Оценки региональных ресурсов по варианту В оптимизационной задаче на 10-летний период

Оценка	Продукты	Районы		
		I	II	III
w_j^r	1	2,302	1,784	0,631
	2	0	0,073	0
	3	0,159	0,140	0,058
\bar{w}_j	1	1,531	0,880	0
w_i^r		0,428	1,087	5,437

Использование оценок ресурсов в экономико-математическом анализе проиллюстрируем на примере задач, изложенных в § 4. За основу возьмем вариант В оптимизационной задачи на 10-летний период (табл. II.11).

Оценка производственных капиталовложений — единственного общего (нерегionalного) ресурса — равна 0,235. Это свидетельствует о том, что даже в варианте с наибольшим ежегодным темпом прироста капиталовложений (8,0%) последние сохраняют высокую предельную эффективность (в варианте А оценка капиталовложений равна 0,243, в варианте Б — 0,240)¹. Все остальные оценки ресурсов носят региональный характер.

Трудовые ресурсы имеют положительную оценку во всех районах. Это означает, что рост производительности труда

¹ Следует заметить, что изменение лимита капиталовложений требует одновременной корректировки коэффициентов b_{ij}^r . Поэтому оценки w_i в ОММ 1-1 завышают реальный эффект дополнительных капиталовложений. Подробнее см. в § 6.

в любом звене народного хозяйства или привлечение дополнительных трудовых ресурсов в любом районе увеличивают уровень потребления. По оптимальному варианту на одного годового работника в среднем приходится 5156 руб. фонда потребления. Предельная эффективность трудовых ресурсов в районах I и II существенно ниже средней и только в районе III несколько выше. Перемещение трудовых ресурсов из районов I и II в район III дает большой экономический эффект: соответственно 5008 и 4350 руб. прироста фонда потребления страны на одного годового работника. Однако реальная эффективность миграции будет ниже, поскольку нужно учесть народнохозяйственные затраты на стимулирование, обустройство мигрантов и т. д.

Оценки капиталовложений и трудовых ресурсов определяют соотношения эквивалентной замены двух главных факторов экономического роста: $\frac{dH}{dL} = -\frac{w'}{w}$. Нормы эквивалентной замены

капитальных и трудовых затрат сильно дифференцированы по районам: I — 1821 руб./годового работника, II — 4626, III — 23 126 руб./годового работника. Таким образом, в восточных районах гораздо эффективнее использовать такие технологические способы производства, которые благодаря высокой капиталовооруженности позволяют экономить труд.

Расчеты показывают, что оценки капиталовложений и труда сохраняют свои значения при изменении объемов соответствующих ресурсов в следующих интервалах:

$$\begin{aligned} -64,395 &\leq \Delta H \leq 37,500; \\ -1,723 &\leq \Delta L_1 \leq 0,113; \\ -1,576 &\leq \Delta L_2 \leq 0,110; \\ -0,091 &\leq \Delta L_3 \leq 1,401. \end{aligned}$$

Изменения объемов ресурсов в указанных интервалах (каждого ресурса в отдельности) не меняют набор базисных переменных, но изменяют их значения в соответствии с коэффициентами обратной матрицы базиса (табл. II.12). Оценка капиталовложений не изменяется при значительных колебаниях лимита капиталовложений (максимальное уменьшение — 15,7%, максимальное увеличение — 9,0%). Оценки районных трудовых ресурсов характеризуются односторонней устойчивостью: по районам I и II — в сторону уменьшения, по району III — в сторону увеличения. Такая особенность интервалов устойчивости удачно гармонирует с целесообразностью расчетов оптимальных вариантов, предусматривающих перелив трудовых ресурсов из районов I и II в район III.

Наиболее интересными последствиями увеличения капиталовложений являются значительное сокращение производства готовой продукции на старых мощностях, абсолютное уменьшение

**Изменения объемов производства
в оптимальном плане (в руб.) при увеличении
ресурсов капиталовложений и труда**

Изменения переменных	При увеличении объема капиталовложений на 1000 руб.	При увеличении трудовых ресурсов на 1 годового работника в районах		
		I	II	III
Район I				
Δx_1^c	-1688	29,909	40,162	10,794
$\Delta \bar{x}_2^1$	2161	-11,658	-52,251	-14,671
$\Delta \bar{x}_3^1$	149	-0,692	-3,156	-0,540
Δx_4^1	9	0,746	-0,269	-0,111
Район II				
$\Delta \bar{x}_2^2$	-64	-5,113	26,429	-0,261
$\Delta \bar{x}_3^2$	11	-0,373	2,156	0,352
Δx_4^2	13	2,291	0,433	-0,254
Район III				
$\Delta \bar{x}_1^3$	12	3,811	3,871	2,749
Δx_2^0	-51	-9,806	-10,014	12,064
$\Delta \bar{x}_3^3$	15	1,135	1,183	1,060
Δx_4^3	11	2,861	2,912	0,176

производства в районах II и III и концентрация всего прироста производства (перекрывающего снижение) в районе I.

Увеличение трудовых ресурсов существенно меняет отраслевые и территориальные пропорции. В районе I при дополнительном увеличении трудовых ресурсов (в любом районе) резко изменяется соотношение в способах производства продукта 2: увеличивается производство на старых мощностях и сокращается производство на новых мощностях. Вследствие этого относительно уменьшается потребность в капиталовложениях и сокращается строительное производство.

На развитие района II уменьшение трудовых ресурсов в разных районах оказывает различное влияние. Если трудовые ресурсы увеличиваются в районе I, то производство продукции сокращается во всех отраслях, за исключением транспорта (транспортная работа возрастает за счет транзита сырья). Если

увеличиваются собственные трудовые ресурсы, то растет производство во всех отраслях. Влияние же прироста ресурсов района III сказывается в меньшей степени.

При увеличении трудовых ресурсов районов I и II в экономике третьего района осуществляется структурная перестройка: сокращается производство готовой продукции, но зато возрастает производство во всех других отраслях. При росте собственных трудовых ресурсов увеличивается выпуск продукции всех отраслей, причем особенно значительно в отрасли, производящей готовую продукцию.

Прежде чем проанализировать значения оценок $\overset{0}{\omega}_j^r$ и $\bar{\omega}_j^r$, представленных в табл. II.11, сделаем необходимые пояснения.

Для измерения продукции в примере использованы некоторые исходные цены. Единицей продукции является поэтому денежная единица (рубль). Вследствие этого оценки $\overset{0}{\omega}_j^r$ и $\bar{\omega}_j^r$ получают двойкий смысл. Во-первых, они характеризуют прирост функционала (в руб.) при расширении возможности выпуска продукции на 1 руб. и формально имеют размерность руб. Во-вторых, они характеризуют отношение ресурсных оценок к исходным ценам и в этом своем качестве являются безразмерными. Например, $\overset{0}{\omega}_1^1 = 2,285$, означает, что «рента» за ограниченные базисные мощности по добыче сырья в 2,285 раза превосходит установленную цену на это сырье.

Оценки $\overset{0}{\omega}_j^r$ очень высоки по продукту I (сырью). Хотя наилучшие технико-экономические показатели на старых мощностях имеются в районе III, оценка здесь наименьшая. Это объясняется тем, что основные центры переработки сырья находятся в районах I и II и эффективность увеличения базисных мощностей в районе III снижается из-за дальних перевозок. По продукции строительства оценки $\overset{0}{\omega}_j^r$ более чем на порядок ниже; они также монотонно уменьшаются от района I к району III. Но здесь основной причиной территориальной дифференциации оценок являются различия коэффициентов производственных затрат.

Оценки $\bar{\omega}_j^r$ по продукту I свидетельствуют о высокой эффективности расширения новых мощностей по добыче сырья в районах с ограниченными запасами (если такие возможности обнаружатся). Эти оценки меньше соответствующих $\overset{0}{\omega}_j^r$ по той причине, что расширение новых мощностей требует дополнительных капиталовложений, а увеличение значений N_j^r достигается «бесплатно» (в соответствии с предпосылками модели).

Ограничения на минимальные приросты производства продукции ($\bar{x}_j^r \geq d_j^r > 0$) включаются в оптимизационную задачу для

смягчения резких сдвигов в размещении производства или на основе внемоделных расчетов. Иными словами, для внутренней логики ОМММ такие условия являются неестественными, и не случайно, что они затрудняют анализ типичных свойств ОМММ.

Оценки $\underline{\omega}_j^r$, соответствующие указанным условиям, показывают размеры уменьшения функционала при увеличении обязательных заданий на прирост производства ($\underline{\omega}_j^r \leq 0$). В рамках ОМММ эти оценки интерпретируются как субсидии (или компенсации) производителям за каждую дополнительную единицу нерентабельной продукции.

В соответствии с математическим смыслом оценок оптимального плана оценки продукции (v_j^r) показывают уменьшение фонда непроемленного потребления в заданной структуре при дополнительном (сверхассортиментном) увеличении потребления продукции j -й отрасли в r -м регионе (в расчете на единицу). Отсюда следует, что соотношения оценок v_j^r характеризуют эквивалентную взаимозаменяемость продукции разных отраслей и регионов в фонде потребления страны с точки зрения всех условий развития и размещения производительных сил.

Типичным свойством ОМММ 1-1 является положительность оценок продукции. Формулы оценок v_j^r выводятся из условий задачи, двойственной задаче (II.1) — (II.8).

Переменным $\overset{0}{x}_j^r$ и \bar{x}_j^r прямой задачи соответствуют формулы, раскрывающие структуру оценок v_j^r с точки зрения производственных затрат.

При $\overset{0}{x}_j^r > 0$ имеем

$$v_j^r = \sum_i \overset{0}{a}_{ij}^r v_i^r + \overset{0}{a}_{\tau j}^r v_{\tau}^r + \overset{0}{t}_j^r \omega_i^r + \overset{0}{\omega}_j^r. \quad (\text{II.25})$$

При $\bar{x}_j^r > 0$ имеем

$$v_j^r = \sum_i (a_{ij}^r + b_{ij}^r) v_i^r + a_{\tau j}^r v_{\tau}^r + t_j^r \omega_i^r + \sum_i h_{ij}^r \omega_i + \bar{\omega}_j^r - \underline{\omega}_j^r,$$

причем $\underline{\omega}_j^r \cdot \bar{\omega}_j^r = 0$. (II.26)

Таким образом, оценка продукции включает материальные, транспортные, трудовые, капитальные затраты, ренту, субсидии (с отрицательным знаком). Структура оценки соответствует структуре реальных цен, построенных по принципам развитого хозрасчета.

В рамках ОМММ оценки v_j^r выполняют функции цен. Если исходные показатели модели даны в ценностном выражении (как в приводимом примере), то v_j^r означают индексы необходимого изменения исходных цен (единых по стране). С помощью

этих индексов получаем такие новые цены, которые в рамках используемой модели правильно соизмеряют различные виды продукции¹.

Совокупность оценок тех видов продукции, которые используются на непроеизводственное потребление и накопление, удовлетворяет условию двойственной задачи:

$$\sum_{r,i} \alpha_i^r v_i^r = 1. \quad (II.27)$$

Если $\sum_{r,i} \alpha_i^r = 1$ (т. е. α_i^r — доля продукции i -й отрасли, используемой в r -м регионе, в общем фонде потребления страны), то средней величиной, вокруг которой колеблются оценки, является единица.

Типичным свойством ОМММ I-I является положительность оценок транспорта (v_τ^r). Особенность этих оценок состоит в том, что они линейно выражаются через оценки продукции других отраслей материального производства и труда:

$$v_\tau^r = \sum_i a_{i\tau}^r v_i^r + t_\tau^r w_i^r. \quad (II.28)$$

Поэтому в формулах (II.25) и (II.26) оценки транспорта могут быть исключены.

Оценки транспорта (v_τ^r) трактуются в рамках модели как оптимальные транспортные тарифы, дифференцированные по регионам. Если же продукция транспорта дана в ценностном выражении, то v_τ^r означают индексы, приводящие исходные ценностные измерители к оптимальным региональным транспортным тарифам.

Оценки продукции можно анализировать и с точки зрения транспортно-экономических связей между регионами. Из соотношений двойственной задачи следует, что если в оптимальный план входит поставка x_{ij}^{rs} , то между оценками региона-отправителя r и региона-потребителя s имеет место равенство:

$$v_j^s = v_j^r + (a_{ij}^{rs} - a_{ij}^{rr}) v_\tau^r + a_{ij}^{ss} v_\tau^s. \quad (II.29)$$

Таким образом, оптимальные оценки продукции одной отрасли, но в разных регионах потребления отличаются на величину

¹ Следует отметить, что вследствие упрощенности ОМММ 1-1 (специально не предназначавшейся для решения проблем ценообразования) в оценках v_j^r недостаточно полно и точно отражена роль трудовых и капитальных затрат. Если трудовые ресурсы в регионах недоиспользуются, то затраты труда совсем не влияют на оценки. Не учтены некоторые специфические затраты по использованию основных фондов (амортизация и т. д.). Зато дважды учитываются капитальные затраты на прирост продукции (годовые и за весь период). Эти обстоятельства затрудняют трактовку оценок v_j^r как региональных цен.

полных затрат, связанных с транспортировкой продукции¹. Поскольку всегда $v_{\tau}^r > 0$, то равенство оценок одноименной продукции в связанных между собой регионах возможно в двух случаях:

- 1) если $a_{\tau j}^{rs} < a_{\tau j}^{rr}$ и $(a_{\tau j}^{rr} - a_{\tau j}^{rs}) v_{\tau}^r = a_{\tau j}^{ss} v_{\tau}^s$,
- 2) если $a_{\tau j}^{rs} = a_{\tau j}^{rr}$ и $a_{\tau j}^{ss} = 0$.

Первый случай совершенно нереален. Второй случай осуществим, когда затраты на перевозку равны нулю.

Соотношение (II.29) имеет важное значение для теории ценообразования в пространственной экономике. Полученное свойство оценок оптимального плана можно, на наш взгляд, рассматривать как сильный аргумент в пользу политики территориальной дифференциации цен. Формула (II.29) разъясняет также, что территориальная дифференциация цен должна быть связана со схемами оптимальных межрайонных потоков. Независимо от прямых (видимых) затрат на производство продукции в районе, вывозящем продукцию, цена должна быть меньше, чем в районе, ввозящем эту продукцию.

Система ценообразования, удовлетворяющая требованиям

соизмерения всех видов общественных затрат, предполагает включение в региональные цены дифференциальной ренты, учитывающей не только устойчивые региональные различия производственных условий, но и различия транспортно-географического положения.

В табл. II.13 приводятся региональные оценки всех видов продукции и транспорта, соответствующие варианту В оптимизационной задачи на перспективный период. Дифференциация оценок по отраслям свидетельствует о необходимости изменения соотношения цен на продукцию этих отраслей (хотя бы для плановых расчетов по оптимизации развития и размещения производительных сил). Средние значения оценок по отраслям, интерпретируемые как средние индексы необходимого изменения

Таблица II.13

Оценки продукции и транспорта по варианту В оптимизационной задачи на 10-летний период

Районы	I	II	III
1	2,623	2,214	1,520
2	0,915	0,936	0,959
3	1,127	1,252	1,834
4	1,113	0,999	1,279

¹ Это свойство оценок оптимального плана было отмечено Л. В. Канторовичем: «Разность оценок одного и того же фактора в двух различных местах, если перемещение из одного места в другое возможно, не должна превосходить оценки потерь, связанных с таким перемещением» (Канторович Л. В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. Изд-во АН СССР, 1959, с. 145).

Таблица II.14

Структура полных затрат на производство сырья и готовой продукции в оптимальном варианте В

Виды затрат	Сырье					Готовая продукция промышленности				
	$\frac{\partial}{\partial x_1}$	$\frac{\partial^2}{\partial x_1^2}$	$\frac{\partial^2}{\partial x_1 \partial x_2}$	$\frac{\partial^3}{\partial x_1^3}$	$\frac{\partial^3}{\partial x_1^2 \partial x_2}$	$\frac{\partial}{\partial x_2}$	$\frac{\partial^2}{\partial x_2^2}$	$\frac{\partial^2}{\partial x_1 \partial x_2}$	$\frac{\partial^3}{\partial x_2^3}$	$\frac{\partial^3}{\partial x_2^2 \partial x_1}$
Материальные:										
1	0,146	0,187	0,168	0,191	0,163	0,656	0,595	0,554	0,465	0,380
2	0,089	0,080	0,080	0,154	0,154	0,229	0,210	0,234	0,225	0,240
Транспортные	—	—	—	—	—	0,011	0,010	0,010	0,010	0,013
Головные капитальные	0,470	—	0,414	—	0,454	—	0,062	—	0,086	—
Общие капитальные	0,086	0,163	0,564	0,544	0,423	—	0,094	—	0,117	—
Трудовые	2,302	1,784	0,108	0,631	0,326	0,019	0,013	0,065	0,033	0,326
Рента	—	—	0,880	—	—	—	—	0,073	—	—
Итого	2,623	2,214	2,214	1,520	1,520	0,915	0,915	0,936	0,936	0,959

исходных цен, составляют соответственно 1,918; 0,922; 1,356; 1,142 (при расчете на оптимальные объемы производства). Повышение уровня исходных цен объясняется главным образом включением рент за ограниченные ресурсы. Территориальные различия оценок наиболее существенны по сырью (что объясняется высокими транспортными затратами) и по продукции строительства (где региональные различия затрат на производство не могут быть выравнены межрегиональным обменом).

Из всех возможных способов производства в оптимальном варианте В не используется только способ производства готовой продукции на новых мощностях в районе III. Здесь полные (дифференциальные) затраты (1,018) превышают величину оценки продукции (0,959). По всем другим видам продукции полные затраты на производство равны оценкам оптимального плана. В табл. II.14 приведены данные, характеризующие структуру полных затрат на производство сырья и готовой промышленной продукции.

Оценки оптимального плана более правильно, нежели исходные цены, измеряют синтетические пропорции развития и размещения производительных сил. Вследствие того что оценки сырья примерно в два раза выше оценок продукции других отраслей, измерения в оценках оптимального плана дают преимущество районам, специализирующимся на производстве и вывозе сырья. Тер-

риториальная структура валового общественного продукта в новых измерителях выглядит следующим образом: район I — 42,7%, район II — 34,1, район III — 23,2%. Сальдо межрайонного обмена, измеренное по среднеотраслевым оценкам оптимального плана, составляет по району I плюс 1,56 млрд. руб., по району II — минус 13,55 млрд. руб., по району III — плюс 15,10 млрд. руб. Особо следует отметить результат по району III, вывозящему сырье и ввозящему готовую продукцию. Этот район интенсивного освоения природных ресурсов передает другим районам 6,3% своего валового общественного продукта.

Остановимся кратко на особенностях оценок ОМММ для текущего планирования (модель II.9—II.14). Пожалуй, главная ценность этой модели заключается в возможности исчисления оценок производственных мощностей (w_j^r).

Оценки производственных мощностей и продукции, соответствующие задаче оптимизации текущего плана из § 4, приводятся в табл. II.15.

Наиболее высокие оценки мощностей в отрасли, производящей готовую продукцию. Учитывая, что данная отрасль является наименее капиталоемкой, расширение мощностей по производству промышленной продукции является наиболее эффективным направлением улучшения текущего плана. Трудовые ресурсы в оптимальном варианте недоиспользуются в каждом районе и, следовательно, получают нулевые оценки. Таким образом, данная система оценок соответствует модели, включающей только один тип ограниченных ресурсов — производственные мощности.

Оценки продукции и транспорта этой упрощенной модели удовлетворяют следующим условиям:

$$v_j^r \leq \sum_i^0 a_{ij}^r v_i^r + a_{\tau j}^r v_{\tau}^r + w_j^r; \quad (II.30)$$

$$v_{\tau}^r = \sum_i^0 a_{i\tau}^r v_i^r; \quad (II.31)$$

Таблица II.15
Оценки производственных мощностей, продукции и транспорта задачи оптимизации текущего плана
(числитель — оценка мощности, знаменатель — оценка продукции)

Отрасли	Районы		
	I	II	III
1	0,454	0,241	0
	0,663	0,483	0,252
2	0,590	0,644	0,710
	1,014	1,025	1,036
3	0	0	0
	0,797	0,868	0,958
4	0,468	0,378	0,321

причем равенство (II.31) имеет место вследствие того, что всегда $x_r^r > 0$ ($r = 1, \dots, m$).

Подставив (II.31) в (II.30), получим систему соотношений для оценок продукции:

$$v_j \leq \sum_i \left(a_{ij}^0 + a_{it}^r a_{tj}^{rr} \right) v_i + \omega_j^0 \quad (\text{II.32})$$

или

$$v_j \leq \sum_i \bar{a}_{ij}^r v_i + \omega_j^0, \quad (\text{II.33})$$

где $\bar{a}_{ij}^r = a_{ij}^0 + a_{it}^r a_{tj}^{rr}$.

Новые коэффициенты \bar{a}_{ij}^r включают материальные затраты непосредственно на производство j -й продукции (a_{ij}^0) и на транспорт, обслуживающий производство j -й продукции ($a_{it}^r a_{tj}^{rr}$).

В типичном случае решение задачи оптимизации текущего плана при укрупненной классификации отраслей — продуктов производство осуществляется на всех мощностях (хотя не обязательно, чтобы эти мощности использовались полностью), т. е. $x_j^r > 0$ при $N_j^r > 0$. Тем более это типично хотя бы для одного региона. Поэтому можно полагать, что в некотором регионе r все $x_j^r > 0$. Тогда соотношения (II.33) выполняются как равенства и образуют систему линейных алгебраических уравнений.

В матричном виде эта система может быть записана так:

$$V^r = V \bar{A}^r + \omega, \quad (\text{II.34})$$

или

$$V^r = \bar{W}^r (E - \bar{A}^r)^{-1}, \quad (\text{II.35})$$

где V^r и \bar{W}^r — вектора-строки оценок v_j^r и ω_j^0 ;

\bar{A}^r — матрица коэффициентов \bar{a}_{ij}^r ;

E — единичная матрица.

Матрица $(E - \bar{A}^r)^{-1}$ является аналогом матрицы коэффициентов полных материальных затрат модели межотраслевого баланса, а формула (II.35) аналогична формуле коэффициентов полных затрат ресурсов. Поэтому оценка j -й продукции может интерпретироваться как интегрированная оценка дефицитности мощностей, используемых прямо или косвенно для производства единицы этой продукции.

Способ учета динамики развития регионов и капитальных затрат, принятый в исходной модели (II.1) — (II.8), имеет существенные недостатки.

Задание лимитов капиталовложений на плановый период затрудняет решение проблемы установления оптимального соотношения потребления и накопления в целом по стране. Хотя общие объемы капиталовложений могут обосновываться в рамках глобальной народнохозяйственной модели, в процессе оптимизации территориальных пропорций может возникать необходимость корректировки этих объемов. В принципе эту корректировку можно осуществлять путем расчета нескольких оптимальных вариантов на разные объемы капиталовложений (см., например, варианты А, Б, В в § 4). Однако методика вариантов расчетов слишком трудоемка.

Другой недостаток исходной модели связан с методикой расчета коэффициентов b_{ij}^r . В среднем эти коэффициенты в λ_i^r раз меньше коэффициентов h_{ij}^r , причем величины λ_i^r зависят от темпов роста капиталовложений по регионам (см. формулу на стр. 76). Таким образом, до решения оптимизационной задачи требуется иметь точные знания о динамике капиталовложений по каждому региону. Но гипотезы, используемые при расчете коэффициентов λ_i^r , почти никогда не оправдываются (в частности, в вариантах оптимального плана на 10-летний период, анализировавшихся в § 4, ни разу не подтверждалась даже приближенно гипотеза об одинаковых темпах роста капиталовложений по регионам). Поэтому после получения решения задачи в принципе необходимо изменять коэффициенты b_{ij}^r , пересчитать всю задачу снова и т. д.

Более общий подход к построению упрощенных динамических территориальных моделей заключается в том, что а priori задаются лишь математические законы роста капиталовложений по каждому региону (например, экспоненциальный, линейный, параболический и т. п.). Параметры же роста и абсолютные объемы капиталовложений определяются непосредственно в рамках модели. Этот подход реализован в модели ОМММ 1-2.

Пусть u_i^{tr} — расход капиталовложений i -го вида на прирост производства в r -м регионе в году t (плановый период по-прежнему включает T лет). В уравнения региональных балансов продукции последнего года (по отраслям, создающим материально-вещественные элементы капиталовложений) войдут величины u_i^{Tr} , а объемы производственных капиталовложений региона за весь плановый период $\sum_{t=1}^T u_i^{tr}$ войдут в региональные балансы капиталовложений.

Теперь в модифицированной модели вместо (II.1) и (II.2) имеем корреспондирующие друг с другом региональные балансы капиталовложений и продукции:

$$\sum_j h_{ij} \bar{x}_j - \sum_{t=1}^T u_i^{tr} \leq 0 \quad (i = k+1, \dots, n; r = 1, \dots, m); \quad (II.36)$$

$$\begin{aligned} & \sum_j (\delta_{ij} - a_{ij}^0) x_j^0 + \sum_j (\delta_{ij} - a_{ij}^r) \bar{x}_j - u_i^{Tr} - a_{ir}^r x_r^r - a_{iz}^r z - \\ & - \sum_s x_i^s + \sum_s x_i^{sr} \geq q_i^r \quad (i = 1, \dots, n; r = 1, \dots, m). \end{aligned} \quad (II.37)$$

Условия (I.3) — (I.8) ОМММ I-1 сохраняются.

Для завершения построения ОМММ I-2 необходимо связать друг с другом неизвестные u_i^{Tr} и $\sum_{t=1}^T u_i^{tr}$, выразив их в виде функций капиталовложений базисного года (u_i^{0r}) и неизвестных параметров ежегодного роста капиталовложений (ρ_i^r):

$$u_i^{Tr} = f_i^r(u_i^{0r}, \rho_i^r), \quad (II.38)$$

$$\sum_{t=1}^T u_i^{tr} = \Phi_i^r(u_i^{0r}, \rho_i^r). \quad (II.39)$$

Отметим некоторые свойства модифицированной модели, не зависящие от возможных уточнений зависимостей (II.38) и (II.39).

Для этой модели справедливы все доказательства типичных свойств оптимального плана и оценок оптимального плана, полученные для ОМММ I-1. Далее важно отметить, что в результате расчетов по модели определяются оптимальные значения параметров роста капиталовложений (ρ_i^r), любые отклонения от которых уменьшают максимизируемый уровень потребления. В частности, невыгодно, чтобы капиталовложения росли чрезмерно высокими темпами, так как отвлечение ресурсов на накопление в последнем году планового периода может уменьшить возможности роста производственного потребления.

Вследствие того что ОМММ I-2 включает региональные балансы капиталовложений, для каждого региона получается собственная оптимальная оценка капиталовложений. Значение оценки капиталовложений формально характеризует предельную эффективность увеличения капиталовложений в базисном году. При этом оценки капиталовложений находятся в определенной пропорциональной зависимости от региональных оценок продукции отраслей, создающих материальные элементы капиталовложений. Возможности более глубокой экономической интерпретации оценок капиталовложений (в частности, сопоставление их с нормативами эффективности капиталовложений, нор-

мами амортизационных отчислений и т. д.) требуют их дальнейшего изучения. На наш взгляд, особо важное значение имеет факт территориальной дифференциации оценок капиталовложений.

Оценки продукции в ОМММ 1-2 имеют более простую структуру, чем в ОМММ 1-1. При $\bar{x}_j^r > 0$ имеем

$$v_j^r = \sum_i a_{ij}^r v_i^r + a_{\tau j}^r v_{\tau}^r + t_j^r w_i^r + \sum_i h_{ij}^r w_i^r + \bar{w}_j^r - w_j^r. \quad (\text{II.40})$$

Перейдем к конкретизации условий (II.38) и (II.39).

Наиболее простой математический закон роста капиталовложений выражается линейной функцией от времени. При этом неизменным остается *ежегодный абсолютный прирост капиталовложений*:

$$u_i^{Tr} = u_i^{0r} + T \rho_i^r, \quad (\text{II.41})$$

$$\sum_{i=1}^T u_i^{Tr} = T u_i^{0r} + \frac{T(T+1)}{2} \rho_i^r. \quad (\text{II.42})$$

Подстановка этих выражений в (II.36) и (II.37) не нарушает линейности общей модели, что является важным преимуществом. Возможность получения отрицательных значений параметров $\bar{\rho}_i^r$ обеспечивается заменой неизвестных $\rho_i^r = \bar{\rho}_i^r - \underline{\rho}_i^r$, где $\bar{\rho}_i^r$, $\underline{\rho}_i^r$ — неотрицательные числа, характеризующие соответственно положительные или отрицательные изменения объемов капиталовложений базисного года.

Оценки продукции и капиталовложений при линейном законе роста связаны соотношением

$$w_i^r = \frac{2}{T+1} v_i^r. \quad (\text{II.43})$$

Подстановка этого соотношения в (II.40) еще более упрощает структуру оценки продукции при $\bar{x}_j^r > 0$:

$$v_j^r = \sum_i \left(a_{ij}^r + \frac{2}{T+1} h_{ij}^r \right) v_i^r + a_{\tau j}^r v_{\tau}^r + t_j^r w_i^r + \bar{w}_j^r - w_j^r. \quad (\text{II.44})$$

Рассмотрим пример оптимизационной задачи на 10-летний период с линейным законом роста капиталовложений (исходная информация представлена в § 4 и приложении).

В оптимальном плане (табл. II.16) фонд потребления достигает 292,98 млрд. руб., что на 5,6% больше, чем в оптимальном варианте В (со среднегодовым темпом прироста капиталовложений 8%). Но зато объем производственных капиталовложений за 10-летний период по сравнению с вариантом В увеличивается на 27,9%, т. е. относительная эффективность капиталовложений значительно снижается.

**Оптимальный план производства при линейном законе
роста капиталовложений**

Отрасли \ Районы	I		II		III		Итого
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	
1	12	8	32	28	24	56,93	160,93
2	—	330,1	—	188,7	—	—	518,8
3	28	20,69	—	55,71	—	37,82	142,22
4	—	10,73	—	32,27	—	38,67	81,67
Итого	449,52		368,68		181,42		903,62

Анализ полученного плана производства показывает, что значительная масса капиталовложений (131,8 млрд. руб.) расходуется на перевод производства со старых мощностей на новые мощности. В 10-м году на новых мощностях производится вся готовая продукция промышленности, а также вся продукция строительства (за исключением только района I) ¹.

По сравнению с вариантом В валовой общественный продукт по стране увеличился на 3,9%. Наиболее значительно возросло строительное производство, обеспечивающее капиталовложения (на 16,1%). Производство сырья увеличилось на 0,6%, готовой промышленной продукции — на 3,7, объем транспортной работы уменьшился на 3,1%. Усилилось территориальное разделение труда между районами по производству сырья и готовой продукции.

Наиболее узким местом в развитии народного хозяйства становятся трудовые ресурсы района III. Их оценка равна 10 051 руб./годового работника. Оценки капиталовложений по районам равны: I — 0,176, II — 208, III — 0,394.

Абсолютные годовые приросты капиталовложений сильно различаются по районам (табл. II.17). В результате за 10-летний период территориальная структура капиталовложений значительно изменяется в пользу районов с высокими абсолютными приростами (II и III). Одинаковые ежегодные приросты означают различные и монотонно снижающиеся темпы прироста. Но если в районе I снижение темпов не очень велико, то в районе II темп уменьшается с 24,6% в первом плановом году до 7,6%

¹ При введении условия обязательного использования всех старых мощностей значение функционала снижается до 262,69 млрд. руб.

в последнем году, а в районе III — с 34,6 до 8,4%. По-видимому, такая неравномерность темпов не может быть признана удовлетворительной. Она неизбежно ведет к неравномерности роста уровня потребления. Не исключено, что высокий темп роста капиталовложений в первом году (18,2%) вообще не позволяет увеличить уровень потребления. Выигрыш в фонде потребления в последнем году вряд ли может компенсировать уменьшение фонда потребления в течение всего планового периода. Проведенный анализ задачи приводит к выводу, что выбор линейного закона роста капиталовложений дает неудовлетворительные результаты, особенно по районам II и III.

Т а б л и ц а II.17

Капиталовложения в оптимальном варианте
с линейным законом роста

Районы	Ежегодный аб-солютный при-рост, млрд. руб.	Территориальная структура капиталовложений, %			Годовые темпы при-роста, %	
		в базисном году	в послед-нем году	за 10 лет	в первом году	в десятом году
I	0,811	46,2	27,4	31,6	6,8	4,2
II	2,213	34,6	42,5	40,7	24,6	7,6
III	1,711	19,2	30,1	27,7	34,2	8,4
И т о г о	4,735	100,0	100,0	100,0	18,2	6,9

Для развивающейся экономики более естественным законом роста капиталовложений является рост по степенной функ-ции, т. е. с неизменным ежегодным темпом прироста:

$$u_i^{Tr} = (1 + \rho_i^r)^T u_i^{0r}, \quad (II.45)$$

$$\sum_{t=1}^T u_i^{tr} = \frac{(1 + \rho_i^r) [(1 + \rho_i^r)^T - 1]}{\rho_i^r} u_i^{0r}. \quad (II.46)$$

Включение выражений (II.45) и (II.46) в (II.36) и (II.37) приводит к задаче нелинейного программирования. Поскольку для задач нелинейного программирования большой размерности пока еще не созданы хорошие машинные программы, то в случае принятия гипотезы равномерных темпов роста капиталовложе-ний возникает проблема линеаризации.

Таблица 11,18

Оптимальный план производства задачи с ростом капиталовложений по степенной функции

Отрасли	Объемы производства продукции в районах (млрд. руб.)										Рост производства (в % к базисному году)		
	I		II		III		итого		I	II	III	итого	
	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x					
1	12	8	32	28	24	52,53	156,53	100	150	273,3	177,8		
2	341,81	18,27	139,54	—	—	—	499,62	213,6	394,5	—	231,3		
3	28	21,58	19	29,23	11	26,47	134,92	198,3	267,9	371,1	254,6		
4	11,19	—	32,62	—	—	—	80,22	99,9	146,9	248,7	167,0		
Итого . . .	422,58	—	298,66	—	150,05	—	871,29	195,5	248,5	218,6	215,1		

В оптимальном плане задачи с ростом капиталовложений по степенной функции объем фонда потребления равен 276,3 млрд. руб., что на 1,1 млрд. руб. меньше, чем в варианте В задачи с фиксированным общим объемом капиталовложений. Этот факт нуждается в разъяснении, ибо теоретически модель 1-2 более полно учитывает возможности оптимизации народного хозяйства, нежели модель 1-1.

Анализ варианта В приводит к выводу, что применение гипотезы об одинаковых λ по всем трем районам, используемых при расчете коэффициентов b_{ij} , ведет к завышению фонда потребления. Примерную величину ошибки можно оценить следующим образом.

Среднегодовые темпы прироста капиталовложений в варианте В равны: в районе I — 5,4%; в районе II — 7,6; в районе III — 13,1%. Этим темпам соответствуют следующие значения λ : 0,125; 0,136; 0,164. При условии сохранения полученных в оптимальном плане объемов капиталовложений за плановый период необходимо в 10-м году капиталовложения районов I и II уменьшить соответственно на 1,92 и 0,27 млрд. руб., а капиталовложения района III увеличить на 3,21 млрд. руб. В итоге корректировки долей капиталовложений 10-го года общий расход капиталовложений в этом году, т. е. объем строительного производства, возрастет на 1,02 млрд. руб. Влияние изменения объемов строительства на величину фонда потребления приближен-

но можно определить с помощью районных оценок этой отрасли: $1,92 \cdot 1,127 + 0,27 \cdot 1,252 - 3,21 \cdot 1,834 = -3,39$ млрд. руб. Это с лихвой перекрывает разность функционалов варианта В по модели 1-1 и оптимального варианта по модели 1-2. Довольно большая погрешность в варианте В объясняется неудачным сочетанием свойств этого варианта. Капиталовложения растут наиболее быстро в районе с наиболее высокими удельными капиталовложениями и наиболее высокой оценкой продукции отрасли, создающей материальные элементы капиталовложений.

Рассмотрим пропорции плана задачи, предусматривающей рост капиталовложений по степенной функции (табл. II.18).

План задачи с ростом по степенной функции сравнительно мало отличается от плана задачи с линейным законом роста капиталовложений. Все производство готовой промышленной продукции концентрируется в районах I и II, причем на старых мощностях в районе II производится только 11,6% продукции, а в районе I старые мощности совершенно не используются. Вследствие более высокой дефицитности капиталовложений старые мощности в отраслях 1 и 3 используются почти полностью.

В 10-м году планового периода в районе I производится 48,5% всего валового общественного продукта, в районе II — 34,3, в районе III — 17,2%; по сравнению с базисным годом существенно увеличивается доля района II.

Оптимальные среднегодовые темпы прироста капиталовложений по районам равны: I — 6,24%, II — 10,60, III — 16,00%. Средний по стране темп составляет 10,21%. За 10-летний период в районе I расходуется 36,8% всех производственных капиталовложений, в районе II — 35,3 и в районе III — 27,9%.

Т а б л и ц а II.19
Оптимальный план межрайонных связей задачи
с ростом капиталовложений по степенной функции

Продукция	Межрайонные поставки				Сальдо вывоза-ввоза по районам		
	I—II	II—I	II—III	III—II	I	II	III
1	—	61,02	—	54,51	—61,02	+5,51	+54,51
2	129,16	—	106,00	—	+129,16	—23,16	—106,00
И т о г о	129,16	61,02	106,00	54,51	+68,14	—17,65	—51,49

Межрайонные связи по поставкам продукции, как и во всех предыдущих вариантах, отражают территориальное разделение

труда по обеспечению потребностей страны в сырье и готовой продукции (табл. II.19).

Оценки капиталовложений в оптимальном плане довольно высоки и существенно дифференцированы по районам: I — 0,216, II — 0,274, III — 0,530. Трудовые ресурсы в районе I недоиспользуются (на 1172 тыс. годовых работников). Оценки трудовых ресурсов в районах II и III составляют 796 и 7447 руб./годового работника. Они остаются неизменными в следующих интервалах изменения объемов трудовых ресурсов (в тыс. год. работников):

$$\begin{aligned} -1,172 &\leq \Delta L_1 \leq +\infty; \\ -0,863 &\leq \Delta L_2 \leq +0,261; \\ -0,251 &\leq \Delta L_3 \leq +0,042. \end{aligned}$$

Это означает, что при переливе трудовых ресурсов из районов I и II в район III их оценка в последнем районе сразу же уменьшится.

Оценки \bar{w}_j^0 и \bar{w}_j^- по-прежнему очень велики по сырью. Они характеризуют высокую экономическую эффективность тех возможных мероприятий по расширению сырьевой базы в районах I и II, которые не были учтены в плане (табл. II.20).

Таблица II.20

Оценки \bar{w}_j^0 и \bar{w}_j^- оптимального плана задачи с ростом капиталовложений по степенной функции

(числитель — оценка \bar{w}_j^0 ,
знаменатель — оценка \bar{w}_j^-)

Продукты	Районы		
	I	II	III
1	$\frac{2,793}{2,370}$	$\frac{2,191}{1,593}$	$\frac{0,628}{0}$
3	0,032	0,030	0

Таблица II.21

Оценки продукции и транспорта оптимального плана задачи с ростом капиталовложений по степенной функции

Продукты \ Районы	I	II	III
	1	3,039	2,587
2	0,917	0,941	0,967
3	0,997	1,145	2,088
4	1,229	1,103	1,555

В рассматриваемом варианте очень значительна территориальная дифференциация оценок продукции. По сырью оценка продукции района I в 1,7 раза выше, чем в районе III, а по продукции строительства, наоборот, оценка в районе III в 2 раза выше, чем в районе I. Усиление территориальных различий оценок продукции по сравнению с оптимальными вариантами мо-

дели 1-1 объясняется общим ростом оценок транспорта (табл. II.21).

С помощью оценок продукции можно определить народнохозяйственные потери при включении неиспользуемых в оптимальном плане способов производства готовой продукции (переменных $x_2^0, x_2^3, \bar{x}_2^3$). Получение каждой единицы продукции (в исходных ценах) на старых мощностях в районе I ведет к уменьшению фонда потребления на 0,08 руб. Еще большие потери имеют место в том случае, когда продукция производится в районе III (в расчете на 1 руб. продукции): 0,176 руб. на старых мощностях и 0,200 на новых мощностях. Неэффективность этих способов обусловлена: в районе I — повышенными нормами затрат сырья, а в районе III — дефицитностью трудовых ресурсов.

В заключение остановимся на возможностях использования в ОМММ 1-2 еще двух гипотез о характере роста капиталовложений в течение планового периода.

Б. М. Смехов предложил¹ (с целью сохранения линейности соотношений народнохозяйственной модели) использовать вместо степенной функции следующую формулу роста капиталовложений:

$$u_i^{tr} = u_i^{or} (1 + \Delta_i^{tr} \sigma_i^r), \quad (II.47)$$

где Δ_i^{tr} — относительная величина прироста капиталовложений в году t ;

σ_i^r — искомый параметр роста.

Иными словами, предполагается, что капиталовложения растут в соответствии с фиксированным заранее соотношением годовых приростов. Эти соотношения в свою очередь можно рассчитать на основе предварительных оценок ожидаемых темпов прироста.

Формула (II.47) была использована для расчета еще одного оптимального варианта по модели 1-2. Зная решение по варианту с постоянными темпами роста капиталовложений, устанавливаем:

$$u^{T1} = 12 (1 + 13,24\sigma^1);$$

$$u^{T2} = 9 (1 + 17,10\sigma^2);$$

$$u^{T3} = 5 (1 + 21,23\sigma^3);$$

$$\sum u^{t1} = 12 (10 + 66,4\sigma^1);$$

$$\sum u^{t2} = 9 (10 + 79,0\sigma^2);$$

$$\sum u^{t3} = 5 (10 + 91,8\sigma^3).$$

¹ Смехов Б. М. Перспективное народнохозяйственное планирование. М., «Экономика», 1968.

Решение задачи с этими условиями дает оптимальный план, несколько отличающийся от предыдущего оптимального плана: фонд потребления равен 277,54 млрд. руб.; $\sigma^1=0,625$; $\sigma^2=1,534$; $\sigma^3=1,009$. Все показатели плана изменяются в сторону приближения к показателям варианта с линейным законом роста капиталовложений. Таким образом, задание коэффициентов Δ_i^r исходя из оптимальных темпов роста капиталовложений не гарантирует получение оптимального плана с такими же темпами. Происходит отклонение в сторону варианта развития экономики с неизменными абсолютными приростами капиталовложений, который «выгоднее» с точки зрения максимизации потребления в последнем году планового периода.

Линейность всех соотношений ОМММ 1-2 удается сохранить при использовании гипотезы роста капиталовложений *по параболе второго порядка* (эта идея была предложена А. А. Конюсом)¹.

Пусть $u_i^{0r} - u_i^{-1r} = \Delta_i^r$ (известная величина прироста капиталовложений в базисном году по сравнению с предшествующим). Величины $\rho_i^r = u_i^{1r} - u_i^{0r}$ являются искомыми параметрами, характеризующими рост капиталовложений. В соответствии с формулой параболы второго порядка

$$u_i^{Tr} = u_i^{0r} + \frac{T(T+1)}{2} \rho_i^r - \frac{(T-1)T}{2} \Delta_i^r; \quad (\text{II.48})$$

$$\sum_{i=1}^T u_i^{Tr} = T u_i^{0r} + \frac{T(T+1)(T+2)}{6} \rho_i^r - \frac{(T-1)T(T+1)}{6} \Delta_i^r. \quad (\text{II.49})$$

Парабола второго порядка характеризует такую динамику капиталовложений, когда абсолютные приросты растут, а темпы прироста снижаются. Возможности использования формул (II.48) и (II.49) хотя бы для некоторых регионов выясняются в результате анализа статистических данных.

¹ Конюс А. А. Перспективное планирование при предположении равномерного роста капиталовложений.—Сб. «Планирование и экономико-математические методы». М., «Наука», 1964.