

МНОГООТРАСЛЕВАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА В ПЛАНОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ

А. Г. ГРАНБЕРГ

(Новосибирск)

Первые исследования по многоотраслевым и межрайонным оптимизационным моделям относятся к концу 50-х годов [1—3], более совершенные модификации таких моделей были предложены в [4—12]. Однако сколько-нибудь значительных прикладных работ до последнего времени не проводилось.

В 1967 г. Институт экономики и организации промышленного производства СО АН СССР впервые осуществил экспериментальные расчеты оптимального комплексного развития и размещения производства по крупным экономическим зонам СССР.

1. ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ

Используемая в первых экспериментальных расчетах многоотраслевая модель оптимального развития и размещения производства включала следующие основные условия: 1) районные межотраслевые балансы производства и распределения продукции последнего года планируемого периода, предусматривающие возможность выбора оптимальных вариантов взаимосвязей между отраслями и экономическими районами; 2) балансы наличия и использования трудовых ресурсов по каждому экономическому району (с учетом миграции) в последнем году планируемого периода; 3) ограничения по капитальным вложениям в целом по стране на весь планируемый период; 4) дополнительные ограничения по отдельным переменным, учитывающие лимитирующие природные условия, целесообразность использования имеющихся производственных мощностей, пропускные способности транспорта и т. п.

Задача состояла в том, чтобы найти план, обеспечивающий максимальный рост потребления населения по экономическим районам в заданном ассортименте.

Введем обозначения.

Модель охватывает n отраслей, не считая транспорта ($i, j = 1, \dots, n$), и m районов ($r, s = 1, \dots, m$). Основными переменными являются показатели последнего года планируемого периода: x_i^r — объем производства продукции i -й отрасли в r -м районе; x_q^r — объем продукции q -го вида транспорта в r -м районе; x_i^{rs} — объем поставки i -й продукции из района r в смежный район s ; z — общий объем непродовольственного потребления в планируемом году. Параметры модели: N_i^r — объем продукции i -й отрасли в r -м районе, который может быть получен в последнем году планового периода с производственных мощностей, действовавших на начало планового периода; H_k — лимит чистых капиталовложений k -го вида в целом по стране за весь плановый период; L^r — лимит трудовых ресурсов для производственной сферы в r -м районе; d_j^r — максимально до-

пустимый прирост производства продукции j -й отрасли в r -м районе; a_{ij}^r — коэффициент материальных затрат продукции i -й отрасли на производство продукции j -й отрасли в r -м районе; h_{kj}^r — удельные капиталовложения k -го вида на прирост продукции j -й отрасли в r -м районе; e_{ij}^r — коэффициент капитальных затрат продукции i -й отрасли в последнем планируемом году на прирост продукции j -й отрасли в r -м районе; t_j^r — коэффициент трудовых затрат на производство продукции j -й отрасли в r -м районе; a_{iq}^r — коэффициент материальных затрат продукции i -й отрасли на q -й вид транспорта в r -м районе; t_q^r — коэффициент трудовых затрат на q -й вид транспорта в r -м районе; a_{qj}^{rr} — коэффициент затрат q -го вида транспорта на внутрирайонные перевозки продукции j -й отрасли в r -м районе; a_{qj}^{rs} — коэффициент затрат q -го вида транспорта на перевозку продукции j -й отрасли из района r в район s ; α_i^r — доля общего фонда непроемленного потребления страны, приходящаяся на потребление продукции i -й отрасли в r -м районе*.

Отметим основные упрощающие предположения, используемые в модели.

1. Расчеты ведутся на последний год планового периода при ограничениях на расход капиталовложений в целом за плановый период. В последнем году используется определенная доля капиталовложений за весь плановый период.

2. В каждом районе для каждой отрасли заранее выбирается по одному способу производства (введение нескольких способов не усложняет в принципе структуру модели).

3. Капиталовложения в развитие транспорта известны (исходя из предварительно составленного плана развития транспортной сети). На величину намечаемых капиталовложений в транспорт корректируются объемы H_k .

4. Трудовые ресурсы закреплены по районам. Не предусматриваются условия перемещения трудовых ресурсов. Однако при обосновании лимитов по труду учитываются возможные и целесообразные потоки миграции населения.

5. Непосредственно учитываются связи только между смежными (граничащими) районами. По перевозкам продукции определенной отрасли для каждой пары смежных районов выбирается один маршрут. При этом затраты на перевозки между смежными районами относятся на район-отправитель.

Перейдем к формулировке основных условий модели.

Объем производства продукции заменяется алгебраическими суммами $x_j^r = N_j^r + V_j^r - W_j^r$, где V_j^r и W_j^r — неотрицательные величины. В том случае, когда V_j^r и W_j^r одновременно не принимают положительных значений, можно интерпретировать V_j^r как прирост производства за счет капитальных вложений, а W_j^r — как уменьшение производства на имеющихся мощностях. Доказывается, что в оптимальном плане из каждой пары переменных V_j^r и W_j^r положительной может быть не более чем одна (в противном случае непроизводительно расходуются капиталовложения и план можно улучшить). Поэтому потребности в капиталовложениях на расширение мощностей определяются только значениями переменных V_j^r . Условия неотрицательности объемов производства трансформируются в условия

$$V_j^r \geq 0, \quad 0 \leq W_j^r \leq N_j^r.$$

* Для упрощения обозначений и выкладок здесь и в дальнейшем не указываются переменные и параметры по экспорту и импорту продукции и передачам электроэнергии, которые учитывались в проводимых расчетах.

В балансах продукции в ресурсовую часть входят производство и ввоз из других районов, а в расходную часть — текущее производственное потребление, капиталовложения, затраты на транспорт, производственное потребление, вывоз продукции в другие районы

$$x_i^r + \sum_{s \neq r} x_i^{sr} = \sum_{j=1}^n a_{ij}^r x_j^r + \sum_j b_{ij}^r V_j^r + \sum_q a_{iq}^r x_q^r + a_i^r z + \sum_{s \neq r} x_i^{rs}. \quad (1)$$

Объем транспортной работы района складывается из внутрирайонных перевозок, обеспечивающих внутрирайонное потребление продукции (x_j^{rr}), и межрайонных перевозок, обеспечивающих вывоз продукции

$$x_q^r = \sum_j a_{qj}^{rr} x_j^{rr} + \sum_{s,j} a_{qj}^{rs} x_j^{rs}. \quad (2)$$

По экономическому содержанию внутрирайонное потребление i -й продукции

$$x_i^{rr} = x_i^r + \sum_{s \neq r} x_i^{sr} - \sum_{s \neq r} x_i^{rs}.$$

Поэтому вместо (2) можем принять

$$x_q^r = \sum_j a_{qj}^{rr} x_j^r + \sum_{j,s} a_{qj}^{rr} x_j^{sr} + \sum_{j,s} (a_{qj}^{rs} - a_{qj}^{rr}) x_j^{rs}.$$

Решению задачи должны удовлетворять только неотрицательные значения x_j^{rr} . Если рассмотреть внутрирайонное потребление не с точки зрения поступления ресурсов, а с точки зрения использования продукции, то

$$x_i^{rr} = \sum_j a_{ij}^r x_j^r + \sum_j b_{ij}^r V_j^r + \sum_q a_{iq}^r x_q^r + a_i^r z.$$

Очевидно, что условия $x_i^{rr} \geq 0$ выполняются автоматически при неотрицательности x_j^r, V_j^r, x_q^r, z . Поэтому, освободившись от переменных x_i^{rr} , можно не вводить особых условий, гарантирующих их неотрицательность.

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

$$\sum_j t_j^r x_j^r + \sum_q t_q^r x_q^r \leq L^r. \quad (3)$$

Ограничения по фонду капиталовложений в целом за плановый период выражаются

$$\sum_{r,j} h_{kj}^r V_j^r \leq H_k, \quad k = 1, 2, \dots, \quad (4)$$

а капитальные затраты в балансах продукции определяются как $\sum_j b_{ij}^r V_j^r = \lambda \sum_j h_{ij}^r V_j^r$, где λ — доля капиталовложений последнего года в общем объеме расходуемых капиталовложений в целом за плановый период.

В результате всех преобразований приходим к задаче

$$\begin{aligned} & \sum_j (\delta_{ij} - a_{ij}^r - b_{ij}^r) V_j^r - \sum_j (\delta_{ij} - a_{ij}^r) W_j^r - \\ & - \sum_q a_{iq}^r x_q^r - a_i^r z - \sum_{s \neq r} x_i^{rs} + \sum_{s \neq r} x_i^{sr} = \bar{y}_i^r; \\ & i = 1, \dots, n; \quad r = 1, \dots, m, \end{aligned} \quad (1a)$$

где

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

$$\begin{aligned} & - \sum_j a_{qj}^{rr} V_j^r + \sum_j a_{qj}^{rr} W_j^r + x_q^r - \\ & - \sum_{s,j} (a_{qj}^{rs} - a_{qj}^{rr}) x_j^{rs} - \sum_{s,j} a_{qj}^{rr} x_j^{sr} = \bar{y}_q^r; \quad q = 1, \dots, p; \\ & r = 1, \dots, m; \end{aligned} \quad (2a)$$

$$\sum_j t_j^r V_j^r - \sum_j t_j^r W_j^r + \sum_q t_q^r x_q^r \leq \bar{L}^r, \quad r = 1, \dots, m; \quad (3a)$$

$$\sum_{r,j} h_{kj}^r V_j^r \leq H_k, \quad k = 1, 2, \dots; \quad (4a)$$

$$0 \leq V_j^r \leq d_j^r; \quad (5)$$

$$0 \leq W_j^r \leq N_j^r; \quad (6)$$

$$x_q^r \geq 0; \quad (7)$$

$$x_j^{rs} \geq 0; \quad (8)$$

$$z \rightarrow \max. \quad (9)$$

При этом $\bar{y}_i^r = - \sum_j (\delta_{ij} - a_{ij}^r) N_j^r$, $\bar{y}_q^r = \sum_j a_{qj}^{rr} N_j^r$, $\bar{L}^r = L^r - \sum_j t_j^r N_j^r$.

Данная задача имеет специфическую структуру. Блоки районных производственных комплексов связаны между собой ограничениями по капитальным вложениям и условиями межрайонных транспортных связей (по смежным районам). При первых расчетах использовались программы решения общей задачи линейного программирования с дополнительными ограничениями на отдельные переменные. Однако структура задачи позволяет применить более эффективные алгоритмы блочного программирования и модификации метода последовательного улучшения плана, учитывающие способы транспортировки.

Расчеты оптимальных вариантов комплексного развития и размещения производства выполнялись по 16 отраслям народного хозяйства и 10 экономическим зонам СССР на 10 лет. При формировании исходных данных использовались расчеты по межотраслевой динамической модели (общесоюзные коэффициенты материалоемкости, трудоемкости, капиталоемкости, отраслевая структура непроемкого потребления, лимиты капиталовложений), статистические данные о валовой продукции отраслей по

районам за базисный год, перспективные районные балансы трудовых ресурсов, экспертные оценки районных различий коэффициентов затрат*.

По основному варианту оптимизационных расчетов наиболее быстро должна развиваться экономика восточных районов страны. Трудовые ресурсы полностью используются лишь в трех экономических районах: Западной Сибири, Восточной Сибири, Дальнем Востоке. Из двух видов капиталовложений полностью используются ресурсы по оборудованию, а недоиспользование лимита по строительно-монтажным работам составляет 4,1 млрд. руб.

В результате решения задачи оптимального развития и размещения производства по экономическим районам были исчислены оптимальные оценки продукции и ресурсов, несущие весьма ценную информацию для экономико-математического анализа.

Введем дополнительные обозначения: v_j^r — оценка j -й продукции в r -м районе; v_q^r — оценка q -го вида транспорта в r -м районе; w_t^r — оценка труда в r -м районе; w_k — оценка капиталовложений k -го вида; w_j^r — оценка ограниченной мощности по j -й продукции в r -м районе; \bar{w}_j^r — оценка предельного снижения производства j -й продукции в r -м районе.

При $V_j^r > 0$ оптимальная оценка продукции имеет структуру цены, включающей материальные, трудовые, капитальные затраты и ренту

$$v_j^r = \sum_i (a_{ij}^r + b_{ij}^r) v_i^r + \sum_q a_{qj} v_q^r + t_j^r w_t^r + \sum_k h_{kj}^r w_k + w_j^r. \quad (10)$$

При $W_j^r > 0$ формула упрощается (не включаются капитальные затраты)

$$v_j^r = \sum_i a_{ij}^r v_i^r + \sum_q a_{qj} v_q^r + t_j^r w_t^r - \bar{w}_j^r. \quad (11)$$

Все оценки продукции должны удовлетворять условию $\sum_{i,r} \alpha_i^r v_i^r = 1$.

Очевидно, если α_i^r — доли отраслей и районов в общесоюзном фонде потребления $\left(\sum_{i,r} \alpha_i^r = 1 \right)$, то оценки колеблются вокруг единицы.

Особенность оценок продукции транспорта состоит в том, что они линейно выражаются через оценки вещественных видов продукции и труда

$$v_q^r = \sum_i a_{iq}^r v_i^r + t_q^r w_t^r. \quad (12)$$

Поэтому в (10) и (11) транспортные оценки могут быть исключены.

Оценки продукции используются для вариации структуры непродовственного потребления, уточнения региональных цен, изучения влияния наличных мощностей и планов внешней торговли на величину непродовственного потребления.

Величина оценки v_j^r показывает уменьшение общего фонда непродовственного потребления в заданной структуре при дополнительном увеличении потребления j -й продукции в r -м районе (в расчете на единицу).

* Расчеты выполнялись на БЭСМ-4 (по программе модифицированного симплекс-метода, разработанной А. П. Меренковым и Н. Е. Байбородиныным) и М-20 (по программе модифицированного симплекс-метода с мультипликативным представлением обратной матрицы, разработанной М. М. Андреевой).

Соотношения этих оценок характеризуют эквивалентную взаимозаменяемость продуктов в фонде потребления с точки зрения производственных условий. Анализ их соотношений выявляет возможности целесообразных изменений отраслевой структуры потребления. Например, на Дальнем Востоке оценка сельскохозяйственной продукции — 2,27 руб., а оценка продукции легкой промышленности — 0,55 руб. Это означает, что для сохранения прежнего объема потребления при увеличении потребления сельскохозяйственной продукции на 1 руб. потребление продукции легкой промышленности должно сократиться на 4,1 руб. По-видимому, такая замена неравноценна; с точки зрения потребительского эффекта коэффициент заменяемости должен быть меньше. Из этого следует, что целесообразно в ассортиментном векторе увеличить значение легкой промышленности.

С теоретических позиций оценки продукции и транспорта в многоотраслевой модели оптимального развития и размещения производства могут интерпретироваться как оптимальные региональные цены и тарифы. В том случае, когда исходные показатели модели даны в ценностном выражении (единых неизменных ценах), получаемые оценки можно было бы рассматривать как индексы изменения единых по стране цен производителей, приводящие к оптимальным ценам потребления. Однако для выполненных экспериментальных расчетов такая интерпретация вряд ли правомерна по ряду причин.

Таблица

Оптимальные оценки продукции экономических зон СССР по отношению к Центру, %.

Отрасли	Юг	Урал	Западная Сибирь	Восточная Сибирь	Дальний Восток
Черная металлургия	93	89	99	111	98
Топливная промышленность	83	69	49	72	62
Электроэнергетика	94	75	72	89	93
Машиностроение	102	98	100	104	112
Лесная промышленность	105	91	86	76	57
Сельское хозяйство	89	100	100	126	132

Прежде всего, в модели, специально не предназначавшейся для решения проблем ценообразования, недостаточно отражена роль трудовых и капитальных затрат. Если трудовые ресурсы в районе недоиспользуются, то затраты труда совсем не влияют на оценки. Не учтено использование действующих основных фондов, а также важные моменты образования затрат, связанные с фактором времени. Все исходные показатели решенных задач пока исчислялись в средних ценах потребления, что искажает соотношения оценок разных отраслей как индексов изменения цен (главным образом из-за различной доли налога с оборота в отраслях). Наконец, использованию оценок в ценообразовании препятствует чрезмерное агрегирование отраслей в проводившихся расчетах.

В силу указанных обстоятельств больший практический интерес представляет сопоставление оценок не в межотраслевом, а в территориальном разрезе по одноименным отраслям (см. таблицу).

Сравнительный анализ оценок продукции по экономическим зонам СССР позволяет выработать рекомендации по изменению территориального распределения потребления, целесообразности изменения использования взаимозаменяемых ресурсов в районах, по наиболее выгодным пунктам внешнеторгового обмена.

Например, анализ оценок по электроэнергии и топливу показывает целесообразность ускоренного развития энерго- и топливеемких отраслей в восточных районах и более интенсивного роста сельского хозяйства в западных районах. Наиболее выгодными экспортными районами по лесной промышленности являются, по-видимому, Восточная Сибирь и Дальний Восток. Эти же районы являются наиболее выгодными импортерами продукции машиностроения и сельского хозяйства.

Оценки продукции можно анализировать и с точки зрения транспортно-экономических межрайонных связей. Если в оптимальный план входит поставка x_j^{rs} , то между оценками района-производителя r и района-потребителя s имеет место соотношение

$$v_j^s = v_j^r + \sum_q (a_{qj}^{rs} - a_{qj}^{rr}) v_q^r + \sum_q a_{qj}^{ss} v_q^s, \quad (13)$$

т. е. оптимальные оценки продукции одной отрасли, но в разных районах, отличаются на величину затрат, связанных с транспортировкой. Формула (13) — обобщение формулы потенциалов транспортной задачи линейного программирования.

Более ясную структуру имеет соотношение оценок при разложении затрат транспорта на материальные и трудовые затраты. Пусть a_{ij}^{rr} — затраты i -й продукции на транспортировку единицы j -й продукции внутри r -го района; a_{ij}^{rs} — затраты i -й продукции на транспортировку единицы j -й продукции из r в s ; t_j^{rr} — затраты труда на перевозку единицы j -й продукции внутри r -го района; t_j^{rs} — затраты труда на перевозку j -й продукции из r в s . Тогда при включении в оптимальный план поставки x_j^{rs} имеем

$$v_j^s = v_j^r + \sum_i (a_{ij}^{rs} - a_{ij}^{rr}) v_i^r + \sum_i a_{ij}^{ss} v_i^s + (t_j^{rs} - t_j^{rr}) w_i^r \quad (14)$$

или в упрощенном варианте (при исключении затрат на внутрирайонные перевозки)

$$v_j^s = v_j^r + \sum_i a_{ij}^{rs} v_i^r + t_j^{rs} w_i^r.$$

Широкое применение в экономико-математическом анализе имеют оценки ресурсов. В рассмотренной модели использование трудовых ресурсов ограничивается лимитами по каждому экономическому району. Разумеется, теоретически более правильно не ограничивать возможности наилучшего территориального перераспределения трудовых ресурсов. Однако это потребовало бы существенно дополнить модель: ввести показатели нормативных затрат по миграции населения, рассматривать объемы потребления и непроизводственного строительства в районах как функции численности населения в этих районах, отразить в математическом виде всю совокупность мотивов, оказывающих влияние на миграцию населения, и т. д.

Сложность проблемы отражения всех этих факторов в модели чрезвычайно, хотя до начала расчетов неизвестно, сколь практически важен каждый из этих факторов. Априорно известно, что для некоторых экономических районов наличные трудовые ресурсы не являются ограничивающим фактором развития производства, а в других районах, имеющих благоприятные условия для развития производства, трудовые ресурсы дефицитны. В предложенной модели эти знания учитываются на стадии подготовки исходных данных.

В результате решения задачи оптимального размещения производства определяются оценки дефицитности трудовых ресурсов по районам. По-

ложительные районные оценки характеризуют целесообразность привлечения в эти районы дополнительной рабочей силы из тех районов, которые имеют нулевые оценки. Абсолютная величина оценок показывает прирост общесоюзного фонда потребления при дополнительном увеличении трудовых ресурсов (в расчете на единицу).

С помощью оценок можно рассчитывать основные изменения в плане при перемещении трудовых ресурсов и сконцентрировать внимание на важнейших участках подготовки исходных данных по труду (обоснования роста производительности труда в трудодефицитных районах, определение затрат по наиболее перспективным потокам миграции и т. п.). По экспериментальным расчетам наибольшую оценку трудовые ресурсы имеют в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Эти оценки довольно высоки: достаточно сказать, что в Восточной Сибири народнохозяйственная эффективность труда (измеряемая объемом фонда потребления) каждого дополнительного трудящегося, привлекаемого в производство Восточной Сибири, почти вдвое превышает среднесоюзную народнохозяйственную эффективность труда.

При увеличении трудовых ресурсов в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке объемы производства большинства отраслей в других районах заметно сокращаются. Например, вследствие увеличения трудовых ресурсов Восточной Сибири или Дальнего Востока на 1000 чел. (в сфере производства) валовой общественный продукт в Западной Сибири сокращается соответственно на 14,9 и 11,7 млн. руб., а в зоне Юга — на 2,2 и 2,3 млн. руб. Интересные сдвиги происходят в хозяйстве самих трудонедостаточных районов. Можно заметить, что увеличение трудовых ресурсов в каком-либо одном районе (Восточной Сибири или Дальнего Востока) повышает темпы развития производства и в другом районе. Например, при дополнительном привлечении 1000 чел. в сферу производства Восточной Сибири прирост валового продукта составит в этом районе 9,9 млн. руб. и 0,1 млн. руб. на Дальнем Востоке. При таком же увеличении трудовых ресурсов Дальнего Востока валовой продукт этого района возрастает на 11,6 млн. руб., а в Восточной Сибири — на 12,6 млн. руб.

Условия решавшейся задачи включали лимиты капиталовложений по оборудованию (продукции машиностроения) и строительно-монтажным работам (продукции строительства). В результате расчетов оказалось, что в оптимальном плане полностью используются только капиталовложения в форме оборудования. Их оценка (0,58 руб.) намного превышает применяемые на практике коэффициенты эффективности капиталовложений.

При увеличении лимита капиталовложений по стране происходят существенные (и несколько неожиданные) сдвиги в размещении производства. В частности, увеличивается роль Юга, Центра, Западной Сибири и в целом уменьшается удельный вес Восточной Сибири и Дальнего Востока.

С целью определения эффективности развития производства в разных районах в условиях полного обеспечения природными ресурсами и для выявления роли ограниченных производственных возможностей на размещение производства был рассчитан вариант плана без условий $V_j^r \leq d_j^r$ по черной и цветной металлургии, топливной и лесной промышленности. В результате получилась совершенно иная схема размещения производства по стране.

Наиболее быстрыми темпами в условно-оптимальном плане развиваются Закавказье, Юг, Поволжье. Самые низкие темпы роста валового общественного продукта наблюдаются в Восточной Сибири, Центре, на Урале, Дальнем Востоке. Дефицитными по труду становятся теперь Юг, Закавказье, Поволжье, а в восточных районах трудовые ресурсы недоиспользуются. В районах Урала, Восточной Сибири, Дальнего Востока производ-

ство увеличивается лишь по небольшому числу отраслей (например, в Восточной Сибири развиваются только топливная, лесная промышленность, производство строительных материалов, прочие отрасли и сельское хозяйство). Европейская зона полностью обеспечивает свои потребности в топливе, энергии, металле. Довольно отчетливо проявляется тенденция к автаркии экономических районов. Это выражается, в частности, в сокращении продукции транспорта почти в два раза главным образом из-за уменьшения дальних межрайонных перевозок (особенно между районами Сибири и Урала).

2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Наиболее сложные методологические проблемы разработки исходных данных и применения модели оптимального развития и размещения производства по экономическим районам возникают в связи с агрегированием отраслей и районов.

Свойством оптимального плана рассмотренной выше модели является отсутствие двусторонних связей по поставкам продукции одной отрасли между смежными районами. Иными словами, в оптимальном плане из пары переменных x_i^{rs} и x_i^{sr} положительной может быть не более чем одна.

Исключение взаимного обмена продукцией предприятиями одной отрасли разумно в том случае, когда отрасль однородна по составу продукции. Однако такая однородность возможна лишь при очень значительной детализации отраслей и продукции. В тех же случаях, когда выделяется даже несколько десятков отраслей, отмеченное свойство оптимального плана находится в явном противоречии с экономической целесообразностью. Например, если классификация отраслей включает черную металлургию в целом, то исключение взаимного межрайонного обмена продукцией этой отрасли абсурдно: ведь в одном районе может добываться руда, а в другом выплавляться металл.

Таким образом, вследствие агрегирования отраслей возникают систематические ошибки оптимального плана: занижение целесообразных размеров межрайонного оборота. Детализация отраслевой классификации уменьшает эти ошибки, т. е. приводит к возрастанию межрайонного обмена. В первую очередь в классификации должны отделяться отрасли добывающей и обрабатывающей промышленности. Ввиду ограниченных возможностей вычислительной техники число отраслей в решаемых задачах пока практически возможно увеличить максимум на один порядок. Это, разумеется, дает ощутимый эффект, но не решает всех проблем агрегирования. Поэтому необходимо искать пути более правильного отражения межрайонных потоков в методике подготовки исходных данных и при усовершенствовании модели.

Полезным может оказаться подход, используемый при учете «неконкурирующего» импорта в межотраслевых народнохозяйственных балансах, когда устанавливаются коэффициенты затрат импортируемой продукции на производство отечественной.

Действительно, продукция, принадлежащая одной укрупненной отрасли, не является полностью взаимозаменяемой. Поэтому, принимая во внимание устойчивые районные различия отраслевого ассортимента, можно в ряде случаев вводить в модель коэффициенты a_{ij}^{sr} , характеризующие затраты продукции i -й отрасли, производимой в s -м районе, на единицу продукции j -й отрасли, производимой в r -м районе. Благодаря введению таких коэффициентов в оптимальном плане могут появляться двусторонние межрайонные потоки по продукции, формально относимой к одной отрасли.

Различия структуры агрегированных отраслей в разных районах создают значительные трудности при определении плановых районных коэффициентов затрат. Дело в том, что дифференциация этих коэффициентов обуславливается не столько районными различиями эффективности производства, сколько различиями в ассортименте продукции. Поэтому при определении районных коэффициентов для перспективных оптимизационных расчетов возникает противоречивая ситуация. Если учитывать в коэффициентах районные особенности отраслевого ассортимента, то решающую роль может сыграть «выгодность» или «невыгодность» ассортимента. Если же при дифференциации коэффициентов затрат принимать во внимание только различную эффективность районов в производстве усредненного отраслевого ассортимента, то могут неявно нарушаться балансы продукции и ресурсов (вследствие различий коэффициентов затрат из-за различий ассортимента).

К значительным погрешностям в расчетах приводит и укрупненность экономических районов. Смыслу сформулированной выше модели ближе всего соответствует представление о районе как географической точке сосредоточения производства и потребления. Чем обширнее территории районов, тем более расплывчатыми становятся результаты расчетов по модели, так как все большее значение приобретает решение вопросов о внутрирайонном размещении производства, внутрирайонных связях, центрах межрайонного обмена; менее устойчивыми становятся и районные коэффициенты затрат. При разбиении страны на небольшое число экономических зон сглаживаются территориальные различия эффективности производства, недостаточно учитываются специфические местные условия.

Агрегирование районов, как и агрегирование продукции, вносит систематические ошибки в расчеты. Отметим, в частности, что «незаслуженное» преимущество получают небольшие по территории районы, для которых радиусы внутрирайонных перевозок невелики (и, как следствие, невелики коэффициенты $a_{qj^{rr}}$).

Разукрупнение районов в модели улучшает качество расчетов, но сильно увеличивает размерность задачи. Поэтому решение проблемы агрегирования и в этой части наталкивается на значительные вычислительные и информационные трудности. Здесь, на наш взгляд, относительно большие возможности открывает иерархический подход к территориальному планированию, когда каждый укрупненный район рассматривается как система производственных комплексов более мелких районов и транспортно-экономических связей между ними.

Описанная в разделе 1 модель может быть усовершенствована в различных направлениях. Рассмотрим возможности включения в модель условий перемещения трудовых ресурсов между районами.

Пусть L_0^r — размер трудовых ресурсов в r -м районе (для производственной сферы) в последнем году планового периода без учета целенаправленной миграции населения в течение планового периода; x_t^{rs} — «вывоз» трудовых ресурсов из r -го района в район s в течение планового периода; x_t^{sr} — «ввоз» трудовых ресурсов из s -го района в район r в течение планового периода.

Вместо (За) модель будет теперь включать ограничения по труду

$$\sum_j t_j^r V_j^r - \sum_j t_j^r W_j^r + \sum_q t_q^r x_q^r + \sum_s x_t^{rs} - \sum_s x_t^{sr} \leq \bar{L}_0^r, \quad r = 1, \dots, m, \quad (15)$$

где $\bar{L}_0^r = L_0^r - \sum_j t_j^r N_j^r$.

Очевидно, по всем районам должно выполняться условие

$$\sum_r \left(\sum_j t_j^r V_j^r - \sum_j t_j^r W_j^r + \sum_q t_q^r x_q^r + \sum_s x_t^{rs} - \sum_s x_t^{sr} \right) \leq L_0, \quad (16)$$

где

$$L_0 = \sum_r L_0^r.$$

Затраты, связанные с миграцией населения (т. е. с переменными x_t^{rs} и x_t^{sr}), отражаются в балансах продукции, транспорта, капиталовложений.

Поскольку численность населения районов в последнем плановом году теперь становится неизвестной, несколько усложняется вопрос с критерием оптимальности. Теперь уже нельзя поставить в соответствие каждому району определенные доли общесоюзного фонда потребления (a_i^r).

Обозначим через x_t^r объем используемых в r -м районе трудовых ресурсов

$$x_t^r = \sum_j t_j^r V_j^r - \sum_j t_j^r W_j^r + \sum_j t_j^r N_j^r + \sum_q t_q^r x_q^r. \quad (17)$$

Будем исходить из предположения, что потребление района прямо пропорционально связано с занятостью в производственной сфере (в разных районах могут быть разные коэффициенты пропорциональности). Пусть \bar{z} — уровень душевого потребления в стране на одного трудящегося; \bar{a}_i^r — ассортиментный коэффициент душевого потребления i -й продукции в r -м районе (с учетом соотношения населения и трудящихся в сфере производства района).

Душевое потребление i -й продукции в r -м районе составит $\bar{a}_i^r \bar{z}$. Наборы продуктов душевого потребления при определенном \bar{z} обеспечивают равный уровень удовлетворения потребностей населения в различных экономических районах. Объемы непродуцированного потребления (y_i^r), включаемые в балансы продукции, выражаются квадратичными функциями

$$y_i^r = \bar{a}_i^r \bar{z} x_t^r. \quad (18)$$

При максимизации уровня душевого потребления \bar{z} следует исходить (во избежание значительного недоиспользования трудовых ресурсов) из определенной гипотезы относительно минимальной занятости населения в сфере производства

$$\sum_r x_t^r \geq \hat{L}. \quad (19)$$

Вместо решения задачи на максимизацию уровня душевого потребления \bar{z} проще перейти к решению взаимной задачи, в которой условия (18) и (19) заменяются следующими

$$y_i^r = \bar{a}_i^r \bar{z}^* x_t^r, \quad i = 1, \dots, n; \quad r = 1, \dots, m, \\ x_t^r \geq 0,$$

$$\sum_r x_t^r \rightarrow \min. \quad (20)$$

Иными словами, решается задача на минимум затрат труда в народном хозяйстве для достижения заданного уровня душевого потребления (па-

раметра \bar{z}^*). Для решения этой задачи удобно применить линейное параметрическое программирование. При монотонном увеличении параметра \bar{z}^* последний из допустимых планов будет оптимальным планом сопряженной задачи на максимум душевого уровня потребления.

Размеры статьи не позволяют остановиться на других модификациях многоотраслевой модели развития и размещения производительных сил. Отметим лишь, что важными направлениями совершенствования модели являются: 1) включение условий развития транспортной сети страны и привязка центров производства и потребления к определенным узлам транспортной сети; 2) уточнение гипотез равномерного использования капиталовложений по районам и разбиение всего планового периода на несколько отрезков; 3) введение различных способов производства продукции (в первую очередь, способов развития производства за счет расширения и реконструкции действующих предприятий и строительства новых); 4) учет зависимостей потребления и доходов населения в территориальном разрезе, а также применение более совершенных критериев оптимальности, в частности, целевых функций районного благосостояния.

3. МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Успешное практическое применение многоотраслевой модели оптимального развития и размещения производства по экономическим районам возможно лишь в системе экономико-математических моделей. Даже при значительном прогрессе вычислительной техники детализация рассматриваемой модели имеет некоторые разумные пределы и поэтому она не должна заменять специальные народнохозяйственные модели, модели отраслей и районов. В процессе оптимального планирования и функционирования социалистической экономики между этими моделями должен происходить обмен информацией, а результаты моделирования согласовываться.

Исходными данными модели комплексного размещения являются лимиты капиталовложений и оптимальная структура непроизводственного потребления, получающиеся при решении динамической народнохозяйственной задачи на оптимум. В свою очередь, в динамической народнохозяйственной модели в качестве исходных данных используются следующие результаты модели размещения: структура производства по районам (используемая для расчета средневзвешенных общесоюзных коэффициентов производственных затрат), показатели затрат ресурсов на транспорт и транспорта на производство, размещение ресурсов и населения по районам с разными условиями жизни (для расчета параметров критериев оптимальности). В настоящее время в Институте экономики и организации промышленного производства начаты работы по взаимоувязке расчетов по модели оптимального развития и размещения производства с расчетами по межотраслевой динамической модели.

Взаимоувязка многоотраслевой модели оптимального развития и размещения производства с отраслевыми моделями осуществляется по следующим направлениям.

Для решения отраслевых задач используются расчеты потребностей районов в различных видах продукции и оптимальные оценки продукции и ресурсов для построения локальных критериев оптимальности. Информация, поступающая из отраслевых задач, более разнообразна по своему составу. Отраслевые задачи решаются, как правило, по дробной номенклатуре продуктов, недоступной для народнохозяйственной задачи комплексного размещения производства. Поэтому решение отраслевых задач целесооб-

разно использовать при расчете районных показателей затрат в укрупненном ассортименте. Информация об ассортименте продукции отраслей важна для решения многих вопросов моделирования комплексного размещения производства (в частности, о целесообразности взаимного межрайонного обмена продукцией одной и той же отрасли).

На уровне отраслевых проектировок значительно сужается область выбора вариантов развития и размещения производства. Обнаруживается явная неэффективность значительной части вариантов при колебаниях различных условий. Такие варианты не должны включаться в исходные данные модели оптимального размещения. Безусловно, эффективные решения, выявленные в процессе отраслевых проработок (а также устойчивые по отношению к изменяющимся условиям), могут прямо включаться в решение задачи комплексного размещения производства. Таким образом, решение задач оптимального отраслевого планирования в значительной мере «разгружает» задачу комплексного размещения производства.

Структура изучаемой модели позволяет построить механизм взаимодействия территориально-производственных звеньев в процессе оптимального планирования и функционирования народного хозяйства. Если распределить капиталовложения между районами (хотя бы в предварительном порядке), то блоки районных межотраслевых балансов связываются в единую систему через межрайонные связи по перемещению продукции (ресурсов). В работе [13] рассматривается соответствующая двойственная задача (задача нахождения оптимальных оценок продукции и ресурсов), которая распадается на m районных подзадач производственных оценок, связанных общими условиями по межрайонным перемещениям продукции. Для задач такой структуры разработаны эффективные алгоритмы, дающие возможность решать задачи по блокам с последовательной их увязкой. На каждом шаге решения центральной задачи определяются допустимый план межрайонных связей и оценки общей эффективности производства по районам; эти результаты сообщаются органам районного планирования и управления. В каждом районе решается задача нахождения оптимальных оценок, максимизирующих «физический» объем производимого в районе конечного продукта.

С вычислительной точки зрения применение блочного программирования для исчисления оптимальных оценок представляет значительные трудности из-за большого числа переменных межрайонных связей. Поэтому необходимо искать пути уменьшения числа переменных межрайонных связей, включаемых в общую задачу.

Практический интерес представляет схема оптимальных расчетов с разбиением всей территории СССР на две зоны: Запад и Восток. Благодаря тому, что потоки грузов между Западом и Востоком проходят в основном только через два района (Урал и Западная Сибирь), число переменных, связывающих эти зоны, невелико и решение задачи исчисления оптимальных оценок продукции методами блочного программирования оказывается весьма эффективным.

Решение задачи «Запад — Восток» может осуществляться и другим способом, основанным на перераспределении ресурсов между двумя зонами с помощью оптимальных оценок. На каждом этапе расчетов отдельно находятся оптимальные планы производства и внутрizonальных перевозок по двум зонам, а затем предпринимается попытка улучшить общий народнохозяйственный результат (фонд потребления) путем перераспределения ресурсов (капиталовложений, труда, вывоза и ввоза). Данная схема характеризует один из возможных методов сочетания районного и централизованного планирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. B. Stevens. An Interregional Linear Programming Model. J. Regional Science, 1958, v. 1.
2. L. Moses. General Equilibrium Model of Production, International Trade and Location of Industry. Rev. Econ. Stat., 1960, v. 42, № 4.
3. У. Изард. Методы регионального анализа: введение в науку о регионах. М., «Прогресс», 1966.
4. А. Г. Аганбегян. Экономико-математические модели перспективного планирования. Докт. дис., Новосибирск, 1963.
5. В. В. Коссов. Экономико-математическая модель территориального планирования. В сб. Математические методы и проблемы размещения производства, М., Экономиздат, 1963.
6. В. В. Коссов. Об одной схеме оптимального планирования развития районов. Вопросы экономики, 1967, № 2.
7. В. А. Маш. Оптимальное размещение производительных сил в народном хозяйстве. В сб. Математические методы и проблемы размещения производства. М., Экономиздат, 1963.
8. В. А. Маш. О задаче оптимального развития народного хозяйства на перспективу в отраслевом и территориальном разрезе. Экономика и матем. методы, 1965, т. 1, вып. 6.
9. В. С. Дадаян. Модель межрайонных связей в единой системе оптимального планирования. Вопросы экономики, 1965, № 2.
10. Я. Тинбэрхэн, Х. Бос. Математические модели экономического роста. М., «Прогресс», 1967.
11. А. Г. Гранберг. Межотраслевые модели оптимального размещения производительных сил СССР. Науч. труды (Новосиб. ин-т). Сер. экон., вып. 3, 1965.
12. А. Г. Гранберг. Экспериментальные расчеты по многоотраслевой модели оптимального развития и размещения производства по экономическим зонам СССР. Изв. Сиб. отд. АН СССР, 1968, № 11. Сер. обществ. наук, вып. 3.
13. А. Г. Гранберг. Модели размещения производства в системе оптимального планирования. Изв. Сиб. отд., АН СССР, 1967, № 6, Сер. обществ. наук, вып. 2.

Поступила в редакцию
25 II 1969