

В. М. Глушков

**МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ
МОДЕЛИ И ПРИНЦИПЫ
ПОСТРОЕНИЯ ОГАС**

методы
опти-
мальных
решений

$Cx = Z \rightarrow \max$

* МЕТОДЫ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ *

В. М. Глушков

**МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ
МОДЕЛИ И ПРИНЦИПЫ
ПОСТРОЕНИЯ ОГАС**



Москва «Статистика» 1975

Книга одобрена Комитетом ВСНТО по прикладным методам математики и вычислительной технике

Редакционная коллегия серии «Методы оптимальных решений»:
А. С. Барсов, А. А. Ильин, В. Ф. Пугачев, М. И. Ромакин

Глушков В. М.

Г55 Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. М., «Статистика», 1975.

160 с. с ил. (Методы оптим. решений).

В работе изложены методы прогнозирования и управления дискретными процессами, представлены макроэкономические модели для предплановых ориентировок, модели планирования и оперативного управления. Рассматриваются проблемы управления трудовыми ресурсами и заработной платой. Показана структура ОГАС, этапы создания ОГАС и ГСВЦ.

Книга рассчитана на экономистов, статистиков, инженерно-технических работников.

33С3

Г $\frac{10805-157}{008(01)-75}$ 23-75

Виктор Михайлович Глушков

МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ОГАС

Редактор *Л. И. Ларина*

Техн. редактор *Г. А. Полякова*

Корректор *Т. М. Васильева*

Худ. редактор *Т. В. Стихно*. Обложка художника *Л. С. Эрмана*

Сдано в набор 28/III 1975 г. Подписано к печати 29/X 1975 г. Формат бумаги 84 × 108^{1/32}. Бумага № 3. Объем 5 печ. л. Усл. печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 8,65. Тираж 16 000 экз. А 03231 (Тематич. план 1975 г. № 23). Заказ № 442. Цена 52 коп.

Издательство «Статистика», Москва, ул. Кирова, 39.
Типография им. Котлякова издательства «Финансы» Государственного комитета Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 191023, Ленинград, Д-23, Садовая, 21.

Г $\frac{10805-157}{008(01)-75}$ 23-75

© Издательство «Статистика», 1975

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава I. Общая постановка задач управления экономикой	9
§ 1. Основные понятия	9
§ 2. Задачи постановки и непрерывной корректировки целей развития экономики	15
§ 3. Планирование и управление средствами достижения целей	21
Глава II. Методы прогнозирования и управления дискретными процессами	28
§ 1. Сетевые графики и программное управление	28
§ 2. Методы прогнозирования и управления научно-техническим прогрессом	35
§ 3. Прогнозирование социальных процессов и управление	45
Глава III. Макроэкономические модели для предплановых ориентировок	52
§ 1. Статические линейные модели типа затраты — выпуск	52
§ 2. Динамические макроэкономические модели	61
Глава IV. Планирование и оперативное управление на макроэкономическом уровне	70
§ 1. Система непрерывного слежения за нормативами	70
§ 2. Методы последовательной оптимизации межотраслевого баланса	79
§ 3. Основные принципы использования последовательного метода оптимизации в различных видах планирования	92
Глава V. Проблемы ценообразования и заработной платы	111
§ 1. Управление трудом и заработной платой	111
§ 2. Задачи ценообразования	116
Глава VI. Задачи размещения, распределения и синхронизации производства	123
§ 1. Проблемы оптимального размещения производства	123
§ 2. Распределительные задачи	132
§ 3. Устойчивость планов, оперативное управление и задачи синхронизации работы предприятий	138
Глава VII. Техническая база и пути построения ОГАС	146
§ 1. Государственная сеть вычислительных центров	146
§ 2. Общегосударственная система передачи данных	152
§ 3. Этапы создания ОГАС	157
Литература	160

ВВЕДЕНИЕ

Директивами XXIV съезда КПСС поставлена задача создания Общегосударственной системы сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством (ОГАС). Для выполнения решений съезда в нашей стране развернута большая работа по созданию отдельных функциональных звеньев ОГАС (Автоматизированная система плановых расчетов, Отраслевые автоматизированные системы управления и др.). Применительно к этим звеньям разработаны различные варианты экономико-математических моделей, часть из которых описана в литературе. Однако в литературе пока не предпринималась попытка описания достаточно полной системы моделей, охватывающих все основные звенья ОГАС.

В настоящей книге автором предпринята попытка написать своеобразное «введение в ОГАС», которое дало бы первую ориентировку в возможных путях стыковки различных подсистем этой сложнейшей системы.

Книга предназначена для разработчиков ОГАС, а также для широкого круга математиков, программистов, системотехников и специалистов в области вычислительной техники, мало знакомых с экономикой, но желающих получить представление о проблемах, встающих при автоматизации управления экономикой в ее верхних звеньях. Она будет полезна экономистам, мало знакомым с новыми математическими методами, системным подходом, возможностями в управлении, которые предоставляются современными ЭВМ и сетями ЭВМ.

Автоматизация управления ставит в свою очередь новые задачи перед организацией и развитием экономических механизмов управления. Так что создание действительно эффективной системы управления экономикой возможно лишь на основе правильного сочетания всех трех компонент — организации, экономических механизмов и автоматизации обработки информации.

Оценки, выполненные на конец 60-х годов, показали, что для эффективного управления экономикой Советского Союза уже в то время требовалась непрерывно действующая вычислительная мощность не менее 300 млн. арифметических операций в секунду. Это соответствует мощности нескольких десятков современных крупных ЭВМ или мощности одной ЭВМ ближайшего будущего¹. Было бы, однако, большой ошибкой думать о том, что одна машина или комплекс машин, даже выполняя не сотни миллионов, а сотни миллиардов операций в секунду, способны решить все задачи управления экономикой. Дело заключается в том, что эффективная система управления экономикой возможна сегодня лишь на основе диалога в системах человек—машина. При этом на долю человека на любом уровне развития автоматизации управления должны оставаться формулировка целей и задач управления, а также оценка подготавливаемых решений и придание им окончательной юридической силы.

Решение задач управления экономикой на всех уровнях требует вовлечения в диалог многих сотен тысяч специалистов. Поскольку основная часть этих специалистов приходится на низовые звенья (предприятия, КБ и т. п.), распределенные по всей территории страны, наиболее целесообразным техническим решением при построении технической базы системы управления является разумное сочетание принципов централизации и децентрализации вычислительной техники. Иными словами, задача автоматизации управления в национальном масштабе требует создания Государственной сети вычислительных центров (ГСВЦ), охватывающей всю территорию страны. Лишь на основе такой сети вычислительных центров, соединенных системой автоматической связи, может быть построена Общегосударственная автоматизированная система сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством (ОГАС), являющаяся в современных условиях необходимой составной частью совершенствования системы управления экономикой.

¹ Без автоматизации выполнение такой работы заняло бы постоянно около десяти миллиардов человек.

Общегосударственная автоматизированная система управления не сводится лишь к автоматизированному сбору и обработке информации и соответствующей системе математических моделей. Важнейшее значение здесь приобретают вопросы организации человеческого звена в системе управления и разработки системы **человеко-машинных** моделей управления. Одна из возможных систем моделей такого рода описана в настоящей книге. В отличие от классических макроэкономических постановок задач планирования и управления в книге уделяется значительное внимание не только математико-экономическому, но и человеческому аспекту управления, рассматриваемому в неразрывном единстве в рамках системного подхода.

Понятно, что сколько-нибудь полное описание такой сложной системы, как ОГАС, потребовало бы многотомного издания и работы большой группы авторов. Поэтому в настоящей книге очерчены лишь основные контуры системы. Не преследуется, да и не может преследоваться задача полностью раскрыть содержание всех описываемых методов. В основном мы ограничиваемся здесь постановкой задач и описанием основных идей, необходимых для понимания методов их решения.

Как известно, существовавшая в середине 60-х годов вера во всемогущество экономико-математических методов давно сменилась более реалистическим системным подходом, делящим бремя задач управления экономикой между ЭВМ и людьми. Поэтому в книге систематически проводится принцип использования «чистых» экономико-математических моделей лишь для предплановых ориентировок. Что же касается реального планирования и управления, то они опираются на систему человеко-машинных моделей, строящихся по принципу использования лучших качеств человека и ЭВМ.

В эпоху научно-технической революции быстрыми темпами растет сложность задач управления экономикой. Этот рост обуславливается четырьмя основными причинами: 1) быстрым увеличением ассортимента изделий; 2) значительным возрастанием средней сложности изделий и технологии их производства; 3) резким ускорением процесса совершенствования сменяемости изделий; 4) возникновением новых задач управления, среди которых прежде всего должна быть названа задача

управления научно-техническим прогрессом в неразрывной связи с экономикой. Следует также иметь в виду, что по мере оптимизации системы управления экономикой каждый следующий шаг на пути к оптимуму оказывается труднее предыдущего.

Для количественной характеристики сложности задач управления заметим прежде всего, что в экономике можно выделить класс задач управления, которые зависят не от организационной структуры управления, а от объективных материальных потоков. К числу таких задач (которые мы будем называть **объективно необходимыми**) относятся задачи определения того, что, где, когда и в каких количествах производить, какое оборудование и технологию использовать, от кого, когда, в каком ассортименте и количестве получить необходимое материально-техническое обеспечение планируемого производства и т. п. Сложность решения указанных задач зависит от точности, с которой мы желаем приблизиться к оптимуму. Задавшись некоторой разумной точностью такого приближения (скажем, 1%), мы получаем возможность характеризовать общую сложность всех объективно необходимых задач управления количественно (например, числом арифметических операций над числами определенной разрядности, необходимых для решения задачи).

Если характеризовать экономику такими показателями, как стоимость всех основных фондов или величина валового продукта, то нетрудно прийти к выводу, что сложность задач управления экономикой растет быстрее, чем сама экономика. Действительно, если бы экономика развивалась лишь чисто экстенсивным путем, за счет простого увеличения числа предприятий (без всяких связей между ними), то, как нетрудно понять, имела бы место прямо пропорциональная зависимость $P = aQ$ между суммарной сложностью объективно необходимых задач управления и валовым продуктом Q .

Поскольку при развитии экономики возникают и быстро растут связи между предприятиями, то сложность P задач управления экономикой **растет быстрее**, чем валовой продукт Q .

В то же время при интенсивном пути развития экономики (за счет роста производительности труда) суммарное число работающих N **растет медленнее**, чем Q .

Таким образом, становится ясно, что во все времена сложность задач управления экономикой росла быстрее, чем число занятых в ней людей. Экспериментальные исследования показывают, что в эпоху научно-технической революции сложность задач управления экономикой растет быстрее, чем квадрат (N^2) общего числа занятых в экономике людей. Но квадратичная функция bN^2 при любом $b > 0$ обладает тем свойством, что с ростом N она превзойдет любую линейную функцию cN ($c > 0$). Иными словами, в развитии экономики должен наступить момент, когда суммарная сложность объективно необходимых задач управления превзойдет суммарную способность всех активных членов общества к переработке информации, поскольку эта способность растет не быстрее, чем N .

Этот момент естественно назвать **вторым информационным барьером** с учетом того обстоятельства, что ранее был еще один информационный барьер, когда суммарная сложность задач управления замкнутой экономической системой превысила возможности **одного** человека. Переход через первый информационный барьер вызвал необходимость увеличивать число людей в управлении экономикой либо непосредственно, либо косвенным путем — через товарно-денежные отношения и рынок. Рыночный механизм, как известно, дает возможность каждому покупателю формировать (через посредство выбора того или иного товара на рынке) некоторое управляющее воздействие на производителей товаров.

Однако, как легко понять, даже самый идеальный экономический и организационный механизм не может помочь решать все объективно необходимые задачи управления после перехода через второй информационный барьер. А обработка данных, полученных при проектировании первых АСУ, со всей убедительностью показывает, что экономика промышленно развитых стран, в том числе и наша экономика, перешагнула второй информационный барьер не менее чем два десятилетия тому назад. Ясно, что в таком случае одними лишь мерами организационного и экономического характера все проблемы управления решить невозможно. Их необходимо дополнить **мерами по увеличению производительности труда в системе управления**, что возможно лишь при условии автоматизации управленческих процессов.

Глава I

ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Любая экономическая система, будь-то цех, предприятие или все народное хозяйство в целом, имеет в качестве своей основной задачи выпуск той или иной **продукции**, состоящей из определенной номенклатуры **продуктов**. В качестве продуктов могут выступать любые материалы, изделия и сооружения (хлеб, сталь, машины, дома, заводы и т. п.).

Любой **производственный процесс**, выпускающий один или несколько определенных видов продуктов, должен быть обеспечен соответствующими **ресурсами**, под которыми мы будем понимать **основные и оборотные фонды**, а также **трудовые ресурсы**.

К числу основных фондов относятся сооружения и оборудование, необходимые для нормального течения производственного процесса. Основные фонды расходуются производственным процессом лишь в той мере, в которой происходит их износ и старение. Восполнение износа до определенной поры может осуществляться с помощью процессов профилактики и ремонта. Эти процессы (вместе с необходимыми для них ресурсами) включаются в общий производственный процесс в качестве средств, обеспечивающих основное производство.

После достижения определенного порога износа основных фондов дальнейшее восполнение их с помощью ремонтов может оказаться либо невозможным, либо невыгодным по сравнению с их полной заменой новыми фондами. В этом случае говорят о том, что основные фонды **физически устарели**. Необходимость замены ос-

новых фондов может возникнуть и при их относительно удовлетворительном состоянии. Это происходит за счет появления новых видов сооружений и оборудования, применение которых оказывается в данных условиях настолько выгодным, что полностью оправдывает затраты, связанные с их приобретением, монтажом и строительством. Всякий раз, когда возникает подобная ситуация, говорят, что основные фонды **морально устарели**.

В эпоху научно-технической революции все более часто возникает ситуация, когда морально устаревает не отдельный образец оборудования, а весь производственный процесс. Это приводит к необходимости коренного изменения **технологии** выпуска определенных продуктов, т. е. всего комплекса оборудования и правил его использования.

Для обеспечения возможности ремонтов и замены основных фондов используется так называемая **амортизация**, которая представляет собой условный прием, позволяющий считать, что в каждой единице продукта, выпускаемого некоторым производственным процессом, заключена какая-то часть использованных в этом процессе основных фондов. Это условное соглашение получает свое реальное овеществление в определенной прибавке к **цене** выпускаемых продуктов.

В отличие от основных фондов, расходуемых в данном производственном процессе частями (да и то до известной степени условно), оборотные фонды, обеспечивающие процесс, являются элементами, непосредственно расходуемыми в этом процессе. К их числу относятся запасы материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий, продуктов, находящихся на разных уровнях готовности (так называемое **незавершенное производство**), которые необходимы для нормального протекания производственного процесса.

По мере расходования оборотные фонды должны пополняться за счет процесса **материально-технического снабжения**, в задачу которого входит также и обеспечение соответствующего восполнения основных фондов. Существуют и такие продукты, как электроэнергия, газ и т. п., по которым никаких запасов не создается. Поскольку они расходуются в производстве как оборотные фонды, их тоже удобно относить к числу последних.

Если при рассмотрении экономической системы ограничиться только материальными потоками, то с абстрактно-кибернетической точки зрения материально-техническое снабжение можно рассматривать как вход системы, выпускаемую продукцию — как выход, а наличные ресурсы, объединенные в производственные процессы с помощью определенной технологии, — как внутреннее состояние системы (см. рис. 1).

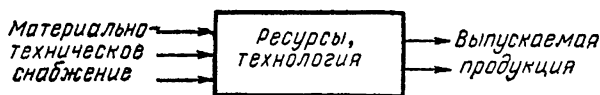


Рис. 1

При рассмотрении математических моделей экономических систем важнейшую роль играют различного рода **нормативы**, называемые иногда также **технологическими коэффициентами**. Для определения нормативов прежде всего необходимо фиксировать какие-либо единицы измерения для каждого из выпускаемого системой продуктов, а также для каждого продукта, потребляемого системой через ее материально-техническое снабжение.

Нормативами материальных затрат для какого-либо продукта, выпускаемого системой, называются количества продуктов (из числа оборотных фондов), которые необходимо затратить для получения одной единицы данного продукта. **Нормативы трудовых затрат** определяют количество труда (измеряемого в человеко-часах, человеко-днях и т. п.) специалистов различных профессий, которое необходимо затратить в рассматриваемой системе для обеспечения выпуска одной единицы данного продукта. Аналогичным образом определяются **нормативы затрат времени работы основных фондов**, необходимых для производства одной единицы данного продукта.

Рассмотренные нормативы определяют затраты только в пределах данной экономической системы и поэтому носят название **нормативов прямых затрат**. Как правило, помимо затрат какого-либо продукта (например, электроэнергии) непосредственно в рассматриваемой системе этот продукт затрачивается в определенных количествах при производстве других продуктов, поступающих в си-

стему через материально-техническое снабжение. Если учесть, таким образом, все **косвенные затраты** данного продукта и сложить их с прямыми затратами, то получатся **полные затраты**.

Как правило, в экономических моделях в качестве первичных нормативов фигурируют нормативы прямых затрат, а нормативы полных затрат получаются из них с помощью вычислений.

Для дальнейших рассмотрений важно установить, что считать отдельными продуктами? Нетривиальность этого вопроса состоит в том, что понятие продукта зависит от вида экономической системы. Например, шасси автомобиля не является продуктом, а лишь полуфабрикатом с точки зрения автомобильного завода, и в то же время для цеха, изготавливающего шасси, это основной выходной продукт. Таким образом, понятие продукта зависит от того, что считать первичными элементами рассматриваемых экономических систем. Принято рассматривать два уровня экономических систем: **макроэкономический** уровень, на котором первичными элементами считаются отдельные предприятия и группы предприятий, и **микроэкономический** уровень, который имеет дело с процессами, происходящими внутри предприятий.

В настоящей книге мы будем иметь дело лишь с макроэкономическим уровнем. Поэтому в качестве отдельных продуктов для нас будут выступать лишь те продукты, которые фигурируют на входах и выходах отдельных предприятий. Разумеется, при таком определении понятие **первичного** (неагрегированного) продукта будет зависеть от организационной структуры управления экономикой. При укрупнении предприятий за счет присоединения к ним других предприятий в качестве цехов отдельные продукты будут превращаться в полуфабрикаты. При выделении же цехов в отдельные предприятия номенклатура продуктов может возрастать за счет превращения некоторых полуфабрикатов в продукты.

Для уменьшения степени субъективности в определении понятия продукта можно принять, что первичными продуктами на макроэкономическом уровне будут считаться те продукты, для доставки которых от поставщика к потребителю используются общегосударственные транспортные средства (включая линии электропередач, газопроводы и т. п.). При таком определении формаль-

ное объединение в одно предприятие нескольких территориально удаленных друг от друга предприятий, как правило, не приведет к изменению номенклатуры продуктов на макроэкономическом уровне¹.

При любом из двух приведенных определений первичная номенклатура продуктов в масштабах всего народного хозяйства огромна: она насчитывает сегодня заведомо около двадцати миллионов различных продуктов. Только один прокат черных металлов (с учетом всех применяемых типоразмеров и марок стали) имеет в настоящее время около двух миллионов модификаций, заказываемых потребителями как различные продукты.

Для облегчения решения ряда задач на макроэкономическом уровне прибегают к искусственному уменьшению номенклатуры продуктов за счет процесса их **агрегации**. С этой целью родственные продукты (например, все типы легковых автомобилей) объединяются в один **агрегированный продукт**, а нормативы на его производство получаются в результате соответствующего усреднения нормативов на производство составляющих его первичных продуктов. Усреднение производится с учетом относительных долей, которые каждый первичный продукт занимает в общем производстве агрегированного продукта.

В ряде случаев при макроэкономических рассмотрениях оказывается удобным вводить **условные отрасли** так, чтобы каждый агрегированный продукт производился только одной отраслью. Разумеется, реальные отрасли, существующие в народном хозяйстве, не обязательно должны совпадать с условными отраслями.

Основная задача социалистической экономики состоит в том, чтобы обеспечить максимальное удовлетворение потребностей как всего общества в целом, так и всех его членов. Продукты, предназначенные для удовлетворения этих потребностей, называются **конечными**. Совокупный конечный продукт (потребляемый вне экономики) представляет собой экономическое выражение цели социалистического производства. В этом заключается коренное отличие социалистической экономики от экономики капиталистической, направляемой стрем-

¹ На этом пути можно получить уточнение понятия предприятия для более четкого различия между предприятием и объединением предприятий.

лением к получению максимальных прибылей. Управление социалистической экономикой строится по **программно-целевому принципу**: прежде всего определяются цели, которые надо достичь, а затем составляются программы и планы достижения этих целей, на основе которых и осуществляется управление экономикой.

Под **программой** достижения цели мы будем понимать перечень упорядоченных и взаимосвязанных между собой мероприятий (строительство, реконструкция, разработка и освоение производства новых изделий и т. п.), которые необходимо выполнить, чтобы достигнуть этой цели. При этом как сами мероприятия, так и достигаемые с их помощью подцели в программе не обязательно привязываются к точным календарным срокам. **План**, в отличие от программы, привязывает строительство, разработки, объемы выпусков тех или иных продуктов и т. д. к определенным календарным срокам. Различают **краткосрочное (или текущее) планирование** на срок от одного года и менее, **долгосрочное планирование** на срок порядка пяти-семи лет и **перспективное планирование** на более длительные сроки.

При долгосрочном и особенно при перспективном планировании решающее влияние как на сами планы, так и на их выполнение оказывает научно-технический прогресс. Поскольку в научно-техническом прогрессе никогда нельзя полностью исключить моменты неожиданности, долгосрочное и особенно перспективное планирование должно опираться на постоянно обновляющийся **прогноз** развития науки и техники. В случае появления новых, непредвиденных ранее возможностей происходит соответствующая **корректировка** планов и программ. Корректировки планов могут производиться также и в ряде других случаев (стихийные бедствия, неожиданные изменения международной обстановки, мировой экономической конъюнктуры и т. д.).

Обоснованные и сбалансированные (т. е. сохраняющие взаимную согласованность отдельных элементов плана) корректировки планов (как текущих, так и долгосрочных) составляют суть **оперативного управления экономикой**.

Следует заметить, что на относительно коротких плановых периодах вложения, которые делаются в **расширение** производства (в том числе в капитальное строи-

тельство новых заводов), как правило, не успевают сразу проявиться в экономике. В таких случаях иногда оказывается удобным эти вложения также относить к конечному продукту (на данный плановый период).

§ 2. ЗАДАЧИ ПОСТАНОВКИ И НЕПРЕРЫВНОЙ КОРРЕКТИРОВКИ ЦЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ

Как уже отмечалось в предыдущем параграфе, целью развития социалистической экономики является максимальное удовлетворение потребностей как всего общества в целом, так и отдельных его членов. Таким образом, цели развития социалистической экономики лежат **вне экономики**, задачей же экономики является развитие **средств** для достижения этих целей. Поэтому исходным пунктом для управления социалистической экономикой должна являться система четко сформулированных заданий по **конечному продукту**, т. е. такому общественному продукту, который потребляется вне экономики.

Конечный продукт предназначен прежде всего для удовлетворения **прямых потребностей населения** как личного, так и общественного характера. К личным потребностям относятся потребности в еде, одежде, жилье, мебели, культурно-бытовых товарах, личном транспорте и других продуктах, поступающих в личное пользование (хотя и необязательно в личную собственность) отдельных граждан. Общественные потребности населения обслуживаются различного рода **системами коллективного пользования**. Сюда относятся торговля, общественное питание, коммунально-бытовое хозяйство, общественный транспорт, здравоохранение, общее образование, система культурно-просветительных учреждений, печать, кино, радиовещание и телевидение, физкультура и спорт, благоустройство городов и сел, развитие курортно-санаторных зон и т. п.

К конечному продукту относится также материальное обеспечение различного рода систем, предназначенных для удовлетворения интересов всего общества в целом. Это оборона, система общественно-политического управления (включая внешнюю политику), помощь другим государствам, государственная безопасность, охрана общественного порядка, фундаментальная наука, государственные резервы и т. п.

Конечный продукт является **конечной целью** социалистического производства. Все же остальные продукты, такие, как сталь, нефть, станки и т. п., относятся к **средствам достижения целей** и потому должны в системе управления экономикой рассматриваться с других позиций. Важно подчеркнуть, что внешняя торговля, специальное образование и прикладная наука (в отличие от помощи другим государствам, общего образования и фундаментальной науки) должны быть отнесены к средствам, а не к целям.

Цели должны формироваться таким образом, чтобы обеспечить максимальный **материальный и психологический** комфорт всех членов общества. Понятие материального комфорта (как за счет продуктов, поступающих в личное пользование, так и за счет систем коллективного пользования) вряд ли нуждается в дополнительных пояснениях. Понятие психологического комфорта несколько сложнее. Оно не сводится лишь к возможности приобщения каждого члена общества ко всем духовным богатствам, созданным человечеством. В него включаются и такие элементы, как степень удовлетворенности уровнем общественного сервиса, общий моральный настрой, обеспечиваемый чувством уверенности в будущем, личной и общественной безопасности, способом доведения решений различных общественных и экономических институтов до отдельных членов общества и т. п.

Важность задачи обеспечения психологического комфорта не вызывает сомнения. Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что ее решение не дается даром: как правило, оно требует соответствующего материально-технического обеспечения, что приводит к необходимости жертвовать какой-то долей материального комфорта. В самом деле, улучшение уровня общественного сервиса, например, в торговле связано с расширением торговой сети и строительством новых магазинов. В случае же использования соответствующих капитальных вложений в легкой и пищевой промышленности можно было бы увеличить выпуск потребительских товаров и тем самым повысить уровень материального комфорта. Аналогично обстоит дело и с другими элементами, обеспечивающими психологический комфорт.

Постановка и непрерывная корректировка целей раз-

вития социалистической экономики должны опираться прежде всего на три постоянно действующие системы прогнозирования. Во-первых, это демографический прогноз, оценивающий на два-три десятилетия вперед изменения численности населения страны и его состава по полу, возрасту, национальной принадлежности и т. п.

Методы демографического прогнозирования в настоящее время достаточно хорошо разработаны, и мы не будем на них специально останавливаться. Заметим лишь, что все эти методы основаны на тех или иных гипотезах об уровнях рождаемости и смертности, основанных большей частью на идеях экстраполяции тенденций, выявившихся за последние годы (или даже десятилетия). Вместе с тем хорошо известно, что уровнем рождаемости можно в определенной мере управлять с помощью различного рода мер социального характера (законодательные акты, система пропаганды и т. п.). Уровень же смертности в принципе может подвергаться скачкообразным изменениям в результате, с одной стороны, успехов науки, и а с другой — войн, стихийных бедствий и других катаклизмов. Поэтому для улучшения качества демографического прогноза и внесения в него элементов управления следует комбинировать традиционные методы с методами прогнозирования, излагаемыми в следующей главе.

Второй вид прогноза — прогнозирование тенденций развития международной обстановки и военно-политических ситуаций. На его основе должны формулироваться требования к той части конечного продукта, который обеспечивает безопасность страны (оборона, внешняя политика, помощь другим государствам и т. п.). В основу подобного рода прогнозов могут быть положены методы, излагаемые в следующей главе.

Третий вид прогноза — это прогноз научно-технических возможностей обеспечения общественных потребностей. Он необходим для того, чтобы в заданиях по конечному продукту своевременно предусматривать принципиально новые продукты и новые формы обслуживания населения (например, объемное телевидение или возможность автоматического индивидуального доступа к национальным банкам данных). Это необходимо также и для того, чтобы обеспечить правильное

формирование заданий по конечному продукту не только в чисто количественном, но и в качественном плане. Например, не ограничиваться лишь заданием на количество квадратных метров жилья, приходящихся на одного человека, а выставить определенные качественные условия, которым должны удовлетворять будущие квартиры с учетом возможностей, предоставляемых научно-техническим прогрессом.

Прогноз научно-технических возможностей обеспечивается тремя специальными подсистемами. Первая подсистема — это национальный **банк идей**, расширяющий функции современного комитета по делам изобретений и открытий. Расширение функций состоит в том, что в банке идей регистрируются не только традиционные изобретения и открытия, а и различного рода идеи по улучшению общественного сервиса, законодательства и т. п.

Вторая подсистема — это **системное обобщение идей** и формирование первичных предложений по **комплексным** целям. Комплексность цели понимается здесь в том смысле, что каждая такая цель должна полностью обеспечить ту или иную общественную потребность. Например, комплексная цель «питание» должна предусматривать не только ассортимент и количество продуктов питания, которые должны выпускать промышленность и сельское хозяйство, но и различные формы обслуживания населения (торговля, доставка продуктов на дом, общественное питание и т. п.). Комплекс «квартира» в современных условиях, когда появляются возможности широко использовать встроенную мебель, должен быть объединен с комплексом «мебель». Комплекс «транспорт» (для прямого обслуживания населения) должен предусматривать не только развитие общественно-го и личного транспорта, но и различных форм сервиса (в том числе сервиса для личного транспорта) и т. д.

Для решения проблем системной проработки комплексов целей должна быть создана система институтов и лиц (главных конструкторов) со строгой системой ответственности за предлагаемые решения.

Следует подчеркнуть, что единая система для комплексов целей никоим образом не означает полной унификации и стандартизации решений во всех случаях. В

таких комплексах, как «квартира», «одежда» и другие, должны учитываться особенности различных климатических зон, национальные особенности и т. п.

Третья подсистема — это **собственно прогноз**. Смысл его состоит в том, чтобы оценить, к какому времени станет возможна реализация тех новых научно-технических и организационных идей, которые закладываются в комплексные цели. Такой прогноз должен проводиться непрерывно на основе методов, излагаемых в следующей главе.

В результате работы всех трех перечисленных подсистем появляется система комплексных целей с ориентировочными оценками возможного времени их реализации. Следует подчеркнуть, что эти оценки основаны лишь на научно-технических возможностях и не учитывают пока ограничений, вытекающих из реальных возможностей экономики. Эти ограничения выявляются на других этапах, описываемых в следующем параграфе.

Очень важным элементом в системе постановки и непрерывной корректировки целей является подсистема **ранжирования целей** по их относительной важности. Выходом этой подсистемы должны являться относительные доли национального дохода, которые должны выделяться на каждую из комплексных целей с разбивкой по пятилеткам вплоть до окончательной реализации всех поставленных целей.

Ранжировка тех целей, которые обслуживают интересы всего общества в целом, должна, естественно, проводиться высшими органами государственного управления. При такой ранжировке используются результаты прогнозов развития международной обстановки и научно-технических возможностей. При наличии нескольких комплексных целей по конечному продукту, принадлежащих одной группе (например, к обороне), их ранжировка (внутри утвержденной квоты) производится соответствующим министерством или ведомством для обеспечения внеэкономических целей, ставящихся высшими органами государственного управления.

Для целей, обеспечивающих непосредственно нужды населения, должна быть построена продуманная непрерывно действующая система массовых опросов. Выходом этой системы должна быть ориентировочная струк-

тура будущих семейных и личных бюджетов при различных возможных ценах на продукты и услуги, входящие в состав разрабатываемых комплексных целей. Эта информация возвращается в подсистемы прогноза научно-технических возможностей и системного обобщения комплексных целей с тем, чтобы по возможности добиться примерной балансировки спроса и предложения.

Балансировка делается следующим образом: во-первых, из выходных данных системы опросов и системы демографического прогноза определяются ориентировочные цены, при которых структура будущего спроса на продукты и услуги будет примерно соответствовать структуре продуктов и услуг, составляющих комплексные цели. В подсистеме прогнозирования научно-технических возможностей появление ориентировочных цен может привести (при новом туре расчетов) к изменению оценок сроков реализации целей. Речь идет о ситуациях примерно такого типа: объемное телевидение будет технически возможным, скажем, в 1980 г., но **дешевое** объемное телевидение появится не ранее 1990 г. При наличии подобной информации можно пересмотреть структуру комплексных целей для того, чтобы достичь примерной балансировки будущего спроса и предложения или же направлять научно-техническую мысль на удешевление предлагаемых продуктов и услуг.

Могут, разумеется, встречаться и такие ситуации, когда нельзя снижать доли предлагаемого продукта в каком-либо целевом комплексе, несмотря на то, что его предполагаемая стоимость слишком высока, чтобы обеспечить необходимый спрос. Подобная ситуация может возникнуть, например, в отношении новых лекарств или новых методов лечения болезней. В этом случае на помощь приходит одна важная черта, присущая социалистическому способу производства и распределения: можно искусственно уменьшить цену любого продукта или услуги (или даже сделать их вообще бесплатными) за счет соответствующего перераспределения цен на другие продукты и услуги.

Должным образом скорректированные и увязанные между собой целевые комплексы в виде заданий по конечному продукту поступают в систему предплановых ориентировок (описываемую в третьей главе), в результате чего подсчитываются ориентировочные сроки

достижения поставленных целей и намечаются пути возможного уменьшения этих сроков. На этом этапе может выясниться, что при некоторой корректировке целей без существенного изменения их потребительской (внеэкономической) силы можно достичь заметного сокращения сроков их реализации. Соответствующая информация поступает в систему постановки целей для их возможной корректировки.

После нескольких циклов подобных обменов информацией система целей в основном стабилизируется и поступает на утверждение. Однако и после утверждения неожиданные события (в науке и технике, международном положении и т. п.) могут приводить к необходимости корректировки целей. Поэтому все описанные системы и подсистемы должны все время функционировать, обеспечивая возможность быстрого принятия обоснованных решений при любых неожиданностях.

§ 3. ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ СРЕДСТВАМИ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ

После определения комплексной системы целей развития экономики основная задача управления ее заключается в том, чтобы обеспечить наиболее быстрое достижение этих целей. Предполагается, что система целей такова, что ее полное достижение предопределяет развитие экономики на достаточно длительный период (порядка 15—20 лет). В рамках такого периода основным ограничивающим ресурсом является труд (а не основные фонды, которые при наличии достаточных трудовых ресурсов можно за это время создать). Поэтому в условиях ограниченности людских ресурсов критерий наиболее быстрого достижения поставленных целей фактически соответствует критерию наиболее быстрого роста производительности труда, притом не абстрактной производительности, а именно той, которая нужна для осуществления целей, стоящих перед обществом.

Для правильного применения сформулированного критерия необходимо отметить еще одно обстоятельство. Дело в том, что капитальное строительство, научно-технические разработки и другие элементы программ достижения целей требуют для своего осуществления некоторого времени. Поэтому необходимо в момент,

когда цели будут достигнуты, иметь определенный задел в достижении следующих, более высоких и трудных целей. Для обеспечения создания указанного задела необходимо, чтобы за одну-две пятилетки до достижения заданных целей была разработана следующая система целей, включающая ранее заданные цели в качестве своих подцелей.

После такой разработки и утверждения новой системы целей управление экономикой переключается на критерий скорейшего достижения новых целей с обязательным достижением на пути к новым целям ранее поставленных целей.

Для каждой комплексной цели составляется **программа** ее достижения. Программы наиболее удобно представлять в виде **сетевых графиков** (описываемых в следующей главе). Однако в отличие от обычных сетевых графиков, в которых учитываются только технологические ограничения на последовательность предстоящих работ (типа ограничения, что проектирование должно предшествовать строительству и т. п.), в программах должна соблюдаться, как правило, **комплексность** в достижении подцелей. Для пояснения сказанного заметим, что при выполнении, скажем, программы жилищного строительства из чисто технологических соображений возможна такая последовательность работ, при которой сначала закладываются фундаменты **всех** будущих жилых домов, затем у всех возводятся стены и т. д. Однако ясно, что такая программа строительства совершенно неприемлема с практической точки зрения, поскольку до самого конца ее выполнения мы не будем иметь ни одного квадратного метра готового жилья, а затем сразу получим все.

Поэтому при разработке программы всегда предусматриваются и **промежуточные подцели**, каждая из которых способна удовлетворить какую-то часть потребностей, на удовлетворение которых направлена основная цель. Более того, комплексирование промежуточных подцелей должно распространяться не только на отдельные программы, но и на группы родственных программ. Например, при окончании строительства жилого района должен быть решен весь комплекс вопросов, связанных с коммунально-бытовым хозяйством, торговлей, транспортом и т. п.

Одна из основных задач плановых органов состоит в том, чтобы во взаимодействии с институтами, разрабатывающими целевые программы, скомпоновать законченные комплексные системы подцелей, а также определить (в агрегированной номенклатуре) трудовые затраты и материально-техническое снабжение работ, необходимых для достижения каждой такой комплексной подцели. Соответствующие (ориентировочные) нормативы получаются из системы научно-технического прогнозирования, а для ближних целей — из имеющихся проектов.

Имея задания по конечному продукту, с помощью динамических макроэкономических моделей (в системе предплановых ориентировок) определяются ориентировочный срок достижения поставленных целей, задания по производству всех (не обязательно конечных) агрегированных продуктов на конец этого срока и ориентировочные объемы капитального строительства для обеспечения этого производства. Нормативы для указанных моделей исчисляются путем простейших методов, например метода экстраполяции.

Таким образом возникают первые (пока еще весьма ориентировочные) цели для различного рода программ, обеспечивающих достижение основных целей по конечному продукту. Это — цели по соответствующим объемам производства черных и цветных металлов, топлива, электроэнергии, зерна и т. п. Как и для основных целей, для таких **обеспечивающих** целей создается система головных институтов и главных конструкторов, опирающихся на непрерывно ведущийся прогноз научно-технических возможностей и соответствующий банк идей.

Совместно с плановыми органами эти институты разрабатывают первые варианты **обеспечивающих** программ, предусматривающих те или иные комплексные подцели. Примером такой комплексной подцели может служить, скажем, строительство нового металлургического комбината **совместно** с проектами, обеспечивающими для него необходимые поставки сырья. Для правильной ориентировки подобных проектов необходим еще один непрерывно ведущийся прогноз, а именно прогноз изменения разведанных запасов различных полезных ископаемых и других природных ресурсов (вода, земля, лес и т. п.) в целом по миру и (более подробно) по своей стране. Данные этого прогноза используются

для другого непрерывно ведущегося прогноза, а именно прогноза цен на различные продукты (в том числе на ископаемое сырье) на мировом рынке. Данные этого последнего прогноза учитываются при разработке программ (как обеспечивающих, так и основных) с целью возможного использования внешней торговли или других форм международного экономического сотрудничества.

Далее начинается этап комплексной **логической** увязки всех программ (как основных, так и обеспечивающих). Сущность логической увязки состоит в том, что выявляются все логико-временные зависимости между подцелями одних и тех же или различных программ, которые нельзя нарушать или, наоборот, которые могут увеличить свободу выбора. Пример первой зависимости: «Нельзя начинать строить завод в пункте А, не построив железной дороги из пункта В в пункт А». Пример второй зависимости: «Данной подцели можно достичь, либо построив новый завод А, либо реконструировав завод В».

На следующем этапе строится первый вариант плана (достаточно подробного на первое пятилетие и более ориентировочного на последующие годы), в котором, во-первых, все основные цели достигаются за срок, полученный ранее в системе предплановых ориентировок, а во-вторых, соблюдаются все логико-временные зависимости, обеспечивающие необходимую комплексность и взаимоувязку всех подцелей, предусматриваемых в плане. При этом план может оказаться несбалансированным с точки зрения ресурсов, необходимых для его выполнения, и прежде всего трудовых.

Балансировка плана по критическим ресурсам последовательным методом, описываемым в гл. IV, представляет собой, по существу, его последовательную целенаправленную **оптимизацию**. При этом используется более совершенная нормативная база по сравнению с системой предплановых ориентировок. Методы формирования такой базы также описаны в гл. IV.

Если в результате процесса оптимизации не удается полностью сбалансировать план (ликвидировать нехватку критического ресурса), то окончательная балансировка может быть достигнута за счет уменьшения заданий на конец планового периода. Иными словами, приходится отодвинуть сроки достижения поставленных целей.

Наоборот, эти сроки можно приблизить, если в результате оптимизации вместо дефицита критического ресурса получится его избыток.

Методы, описанные в гл. IV, пригодны также для оперативной корректировки планов и их постепенного пролонгирования, чем обеспечивается **непрерывность** планирования. По окончании первого года текущей пятилетки пятилетний план пролонгируется на год, по окончании второго года — на два года и т. д. Аналогичная непрерывность вводится и в краткосрочные (годовые, квартальные и месячные) планы. Эти методы позволяют также формулировать требования к разработчикам новых конструкций и технологии, обеспечивающие в максимально возможной степени дальнейшую оптимизацию планов и, следовательно, сокращение сроков достижения основных целей. Тем самым осуществляется целенаправленное управление прикладной наукой и научно-техническим прогрессом.

Поскольку в конечном счете основным критическим ресурсом является труд, то важнейшим предварительным условием проведения описанных выше процедур оптимизации является определение общего объема трудовых ресурсов (выраженных в человеко-часах), которым общество будет располагать в течение рассматриваемого планового периода. Этот объем подсчитывается на основании демографического прогноза и принятой на данный плановый период политики в отношении уменьшения длины рабочей недели, увеличения продолжительности отпусков, снижения пенсионного возраста и т. п. Подобная политика также закладывается в комплекс основных целей развития общества.

Для правильного функционирования экономики недостаточно провести балансировку лишь по общему объему трудовых затрат. Необходимо еще, чтобы имелись точно в нужном количестве трудовые ресурсы по различным специальностям и профессиям и чтобы эти ресурсы использовались по их прямому назначению. Что касается планирования необходимого количества различных специалистов, то эта задача должна решаться во время составления (и последующей корректировки) программ (как основных, так и обеспечивающих). Вопрос же об использовании кадров по их прямому назначению есть вопрос балансировки спроса и предложения

на труд различных профессий и квалификации. Методы такого балансирования рассматриваются в гл. V. Там же рассматривается и вопрос о балансировании потребительского спроса и предложения, что в конечном счете сводится к выработке правильной системы цен и управлению рекламой. Это же самое относится и к общей балансировке бюджета в связи с необходимостью покрытия расходов на потребности всего общества в целом.

После балансировки и оптимизации планов в агрегированных показателях начинается процесс их дальнейшей детализации. Важное место здесь занимают задачи правильного территориального размещения строительства новых производственных объектов и оптимального распределения плана между действующими предприятиями. При этом приходится решать задачи балансировки планов в масштабе тех или иных территорий с учетом возможностей существующей транспортной сети и перспектив ее расширения. Программы развития грузового и отчасти пассажирского транспорта дорабатываются именно после такой территориальной балансировки. Возникает и проблема **устойчивости** плана по отношению к случайным изменениям, не учтенным полностью в момент его составления. Ее решение связано с проблемой создания резервов мощностей и запасов тех или иных продуктов, выступающих в качестве буферов по отношению к возможным случайным отклонениям от первоначальных плановых наметок.

Важнейшее значение имеет задача **синхронизации** работы поставщиков и потребителей (с учетом возможности наличия буферных запасов), полное решение которой должно полностью исключить потери, возникающие за счет недостатков материально-технического снабжения. В ряде отраслей народного хозяйства (в первую очередь в строительстве и машиностроении) по этой причине теряется до половины ресурсов рабочего времени и времени использования основных фондов, не говоря уже о потерях в связи с неизбежными при этом штурмовщиной и ухудшением качества готовой продукции. Все перечисленные вопросы, связанные с детализацией планов, разобраны более подробно в гл. VI.

Следует подчеркнуть, что задачи детализации планов, особенно задача синхронизации работы поставщиков и потребителей, весьма трудоемки. С нужной для

сегодняшнего дня точною их можно решать только с помощью электронных вычислительных машин. Особую трудность представляет тот факт, что эти задачи носят ярко выраженный **межведомственный** характер и могут решаться лишь при условии **непосредственного взаимодействия** между собой ЭВМ и ВЦ различных ведомств. Для автоматизации подобного рода **горизонтальных связей** необходимо связать все ведомственные ВЦ в единую систему — Государственную сеть вычислительных центров (ГСВЦ). Будучи начинена процедурами решения межведомственных задач различного уровня, ГСВЦ составит основу Общегосударственной автоматизированной системы сбора и обработки экономической информации для нужд учета, планирования и управления (ОГАС). Принципы построения ОГАС и ГСВЦ рассматриваются в гл. VII.

Глава II

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

§ 1. СЕТЕВЫЕ ГРАФИКИ И ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Сетевые графики представляют собой инструмент для управления сложными комплексами взаимосвязанных работ, направленных на достижение одной или нескольких целей. В соответствии с этим различают **одноцелевые** и **многоцелевые** сетевые графики. Пример простейшего одноцелевого сетевого графика приведен на рис. 2.

Сетевой график состоит из объектов двух видов: **событий** (или **подцелей**), обозначенных на рисунке кружками, и **работ**, изображенных на рисунке в виде стрелок. Кружок, обозначенный цифрой I, соответствует **начальному событию**, а кружок с цифрой VI — **конечному событию**, или, что то же самое, **основной цели**. Кружки II, III, IV, V соответствуют определенным промежуточным подцелям.

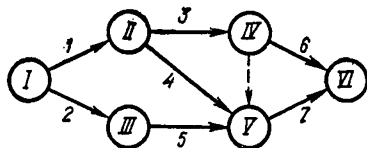


Рис. 2

Сетевой график дает наглядное представление для **ограничений** в последовательности выполнения

различных работ и достижения промежуточных подцелей. Работы, исходящие из какого-либо события (например, работы 3 и 4, исходящие из события II), не могут начаться, пока это событие не наступило. Если же работы входят в то или иное событие (как, например, работы 4, 5 по отношению к событию V), то это означает, что событие наступает лишь после полного завершения со-

ответствующих работ. Пунктирная стрелка, соединяющая события IV и V, соответствует так называемой **фиктивной работе**. Она означает, что событие V не может наступить прежде, чем наступит событие IV, однако никакой работы для этого выполнять не нужно: подцель IV просто входит как составная часть в подцель V.

Для каждой работы i указывается минимальное время t_i , необходимое для ее выполнения. Это время определяется чисто технологическими соображениями (например, временем твердения бетона или максимально возможным количеством рабочих мест) и либо вообще не может быть уменьшено при увеличении количества одновременно используемых ресурсов (людей, механизмов и т. п.), либо его уменьшение за этот счет заведомо невыгодно. В ряде случаев вместо точного значения времени t_i приводятся две его граничные оценки — так называемые **оптимистическая** и **пессимистическая** оценки.

Кроме того, для каждой работы задается необходимое материально-техническое снабжение, а также суммарное количество ресурсо-часов (по различным видам ресурсов), которое требуется для полного окончания работы. При недостаточном количестве одновременно используемых ресурсов время выполнения работы будет увеличиваться. Мы будем ограничиваться простейшим предположением о том, что ресурсы можно использовать независимо друг от друга и что время окончания работы определяется лишь тем, когда будет использовано положенное количество ресурсо-часов по всем видам ресурсов¹.

Как уже отмечалось в предыдущей главе, понятие **программы** достижения той или иной комплексной цели с чисто абстрактной точки зрения ничем не отличается от понятия одноцелевого сетевого графика. На практике термин «программа» употребляется обычно по отношению к крупномасштабным задачам (например, к задаче создания новой отрасли промышленности, замены большей части тепловых электростанций атомными и т. п.).

Понятие же «сетевой график» используется в задачах более локального характера (строительство завода,

¹ В случае, когда те или иные ресурсы не могут быть использованы независимо, они объединяются в один комплексный ресурс.

проведение опытно-конструкторских работ и т. п.). Кроме того, формирование подцелей в программах происходит обычно таким образом, что каждая подцель решает какой-то достаточно законченный комплекс проблем независимо от того, достигнута ли основная цель или нет. В задачах же локального характера подцели чаще всего не имеют самостоятельного значения и начинают приносить пользу лишь после достижения основной цели (так обстоит, например, дело в том случае, когда цель есть строительство здания, а подцель — закладка его фундамента).

Еще одна особенность программ состоит в том, что отдельные комплексные подцели относительно мало зависят друг от друга. В случае их полной независимости программа превращается в многоцелевой сетевой график или даже вообще может распадаться в множество не связанных друг с другом сетевых графиков¹. Поэтому задачи оптимизации программ довольно существенно отличаются от задач оптимизации сетевых графиков.

В случае сетевых графиков важнейшее значение для целей оптимизации имеет определение времени наступления каждого события и возможностей варьирования времени начала и окончания каждой работы. При этом предполагается возможность такой концентрации ресурсов, при которой все работы оканчиваются за минимально допустимые технологические сроки t_i (или их математические ожидания в случае наличия двух оценок — пессимистической и оптимистической).

Алгоритм решения этой задачи весьма прост: двигаясь по сетевому графику от события к событию по направлению стрелок, мы приносим в каждое событие самое раннее время окончания каждой из входящих в него работ. Максимальное из этих времен будет, очевидно, самым ранним возможным сроком наступления этого события, и, значит, и самым ранним возможным временем начала всех исходящих из него работ.

Минимальные сроки T_i наступления каждого события находятся рекуррентно, начиная со срока наступления начального события T_1 , принимаемого равным нулю.

¹ Однако даже и в этом последнем случае между различными элементами программы имеется взаимосвязь по используемым ресурсам.

Если для сетевого графика на рис. 2 уже определены минимальные сроки T_2 и T_3 наступления событий II и III соответственно, то минимальный срок T_4 наступления события IV найдется по формуле $T_4 = T_2 + t_3$, а для события V — по формуле $T_5 = \max (T_4, T_2 + t_4, T_3 + t_5)$. Продолжая подобным образом, найдем минимальный возможный срок наступления конечного события (в данном случае $T_6 = \max (T_4 + t_6, T_5 + t_7)$).

Получив минимальный срок T_6 наступления конечного события, мы можем, двигаясь от него в направлении, обратном стрелкам, вычислить максимальные возможные сроки \bar{T}_i наступления всех событий исходя из того, чтобы закончить все работы в вычисленный срок. По определению для конечного события оба срока совпадают: $\bar{T}_6 = T_6$.

Если работа i начинается в событии p , а кончается в событии q , то максимальное время \bar{t}_i , в течение которого эта работа может быть выполнена без задержки срока наступления конечного события, равно разности $\bar{T}_q - T_p$, т. е. $\bar{t}_i = \bar{T}_q - T_p$.

Разность $\tau_i = \bar{t}_i - t_i$ называется **резервом времени** для работы i . Работы с резервом времени, равным нулю, составляют так называемый **критический путь**. Любая задержка в выполнении этих работ обязательно приводит к задержке в достижении основной цели (конечного события). Для каждой из остальных работ возможны вариации длительности ее выполнения в пределах от t_i до \bar{t}_i (где i — номер рассматриваемой работы). Заметим, что речь идет о вариации длительности какой-либо одной из работ. Одновременные вариации продолжительностей нескольких работ в указанных пределах, вообще говоря, недопустимы. Удлинение сроков выполнения одних работ, как правило, уменьшает возможности вариации продолжительностей других работ.

Мы будем предполагать, что объем R_j каждого из ресурсов, который может использоваться для выполнения работ сетевого графика (программы) меняется в дискретные моменты времени $l_{1j}, l_{2j}, \dots, l_{hij}$. Перевод графика в план означает принятие всех необходимых изменений в количестве одновременно используемых ресурсов по каждой из работ. Каждое такое изменение

характеризуется, во-первых, величиной ΔR_{ij} , на которую изменяется количество ресурса j на работе i , а во-вторых, моментом времени T_{ij} , когда происходит такое изменение. Принимаемые решения должны удовлетворять ограничениям трех видов. Во-первых, это ограничения на последовательность, в которой могут выполняться работы, в соответствии с заданным сетевым графиком. Во-вторых, это ограничения по количеству одновременно используемых ресурсов: в любой момент времени t сумма $\sum_i R_{ij}(t)$ количеств ресурса j , используемого на каждой из работ, не должна превышать общего объема $R_j(t)$ этого ресурса, имеющегося в нашем распоряжении¹. Третий вид ограничений — это ограничения, обуславливающие полное завершение всех работ графика. Иными словами, суммарное количество ресурсо-часов $\int_0^T R_{ij}(t) dt$, израсходованное на каждую из работ, должно равняться норме A_{ij} ресурсо-часов, необходимой для выполнения этой работы.

Оптимальный план реализации целевого сетевого графика означает такой набор решений, который, удовлетворяя всем приведенным ограничениям, обеспечивает выполнение всех работ (и, следовательно, достижение цели) за кратчайшее время. В случае программ и многоцелевых сетевых графиков задача оптимизации плана состоит в минимизации суммы $\sum \alpha_k T_k$, где T_k — время достижения цели k (или подцели), а α_k — положительный коэффициент, определяющий относительную важность цели k (подцели). Эти коэффициенты могут изменяться в процессе выполнения программы.

Если ограничить сверху как число принимаемых решений, так и число моментов, когда происходит изменение общего объема ресурсов, то поставленную задачу оптимизации можно свести к задаче квадратичного программирования, в которой одна часть переменных представляет собой непрерывные величины, а другая — целочисленные (точнее с двумя возможными значениями: 0 и 1). Однако размерность такой задачи даже для весьма простых сетевых графиков настолько велика,

¹ Сюда нужно добавить, разумеется, технологические ограничения на максимально возможный уровень концентрации ресурсов на одной и той же работе.

что этот путь решения задачи практически неприемлем.

На практике часто приходится встречаться с двумя частными случаями решения оптимизационных задач для сетевых графиков. Первый случай встречается тогда, когда в нашем распоряжении имеется достаточное количество ресурсов, так что продолжительность работ ограничивается лишь технологическими причинами, а не наличными ресурсами. В этом случае оптимальный план строится весьма простым образом: в соответствии с описанным выше алгоритмом для всех событий графика находят минимальные и максимальные возможные сроки T_i и \bar{T}_i наступления каждого из событий графика. Для любой работы, находящейся на критическом пути, однозначно определяется как время ее начала, так и время ее конца. При этом на каждой из таких работ обеспечивается максимальная технологически допустимая концентрация ресурсов. По остальным работам возможны колебания их начала и конца (без нарушения оптимальности плана) в соответствии с вычисляемыми резервами времени. Это позволяет, в частности, не обязательно использовать максимально допустимую концентрацию ресурсов на таких работах.

Часто здесь вводится дополнительный критерий оптимизации: оставляя план оптимальным по времени, за счет вариации продолжительности работ, не лежащих на критическом пути, добиться максимально возможного уменьшения максимального количества одновременно используемого ресурса.

Второй случай (часто встречающийся в крупномасштабных программах) состоит в том, что время выполнения работ ограничивается не технологическими факторами, а лишь наличным количеством ресурсов. Здесь появляется понятие **критического ресурса**. Суть его состоит в следующем. Для каждого ресурса j ($j = 1, 2, \dots, k$) определяется суммарное количество ресурсо-часов β_j , необходимое для выполнения всех работ данной программы. Деля эту величину на имеющийся объем R_j ресурса j , получаем время $T_j = \frac{\beta_j}{R_j}$, в течение которого должен использоваться этот ресурс¹. Ресурс, для кото-

¹ Мы предполагаем для простоты, что количество наличных ресурсов неизменно в течение всего времени выполнения программы.

рого это время максимально, называется критическим. Общее время выполнения программы T не может быть, очевидно, меньше времени использования критического ресурса:

$$T \geq \max T_j.$$

Последнее неравенство может обращаться в равенство, если удастся построить такой план, при котором не происходит **потерь** критического ресурса, иными словами, когда критический ресурс используется полностью, без каких-либо простоев. Оптимизация плана в этом случае означает минимизацию потерь критического ресурса.

Отсутствие ограничений технологического характера позволяет в этом случае упростить принятие плановых решений: каждое изменение в использовании того или иного ресурса означает его **полное переключение** на какую-нибудь **одну** работу. Решение задачи оптимизации плана в таком случае может быть получено методами **динамического программирования**: начиная с начального события последовательно определяются моменты переключения ресурсов с одной работы на другую так, чтобы удовлетворялись ограничения на последовательность работ и по каждой работе полностью (за один непрерывный промежуток времени) отрабатывались все необходимые для ее завершения ресурсо-часы по любому из ресурсов. При этом стремятся минимизировать потери критического ресурса последовательно: сначала на начальном участке работ, затем на следующих участках и т. д.

В общем случае наиболее удобно решать задачу оптимизации в режиме диалога человек — ЭВМ. Первоначальный план составляется ЭВМ с учетом простых эвристических правил. Это прежде всего правило пропорциональной максимальной концентрации ресурсов на работах, которые могут в данный момент выполняться. Пропорциональность здесь понимается в том смысле, что количества различных ресурсов, которые выделяются на работу, должны обеспечить одинаковую продолжительность их использования до полного окончания работы. Максимальность означает такое насыщение работы ресурсами, при котором она выполняется за минимально возможное (в силу технологических ограничений) время.

После применения этого правила к определенному числу работ (которое может быть и нулем) остаток ресурсов распределяют на следующие выполнимые работы, стараясь выполнить либо требование пропорциональности, либо требование максимальности концентрации возможно большего числа ресурсов на одной работе. Следующее правило состоит в том, чтобы осуществлять немедленное переключение освободившегося ресурса на те из выполнимых работ, которые требуют относительно большей доли этого ресурса по сравнению с его долей в общем количестве ресурсов.

После составления первоначального плана его дальнейшее улучшение (если таковое возможно) делается с помощью так называемых **элементарных преобразований** плана, которое состоит в перемещении какого-то количества определенного ресурса с одной работы на другую. По требованию оператора ЭВМ оценивает **полезность** преобразования, в качестве которой принимается уменьшение времени достижения цели, подцели или системы целей (в последнем случае используется критерий $k = \alpha_1 T_1 + \alpha_2 T_2 + \dots + \alpha_n T_n$, рассмотренный выше).

Оператор, кроме того, может вызывать на те или иные выходные устройства (например, на алфавитно-цифровой дисплей) различные элементы плана, а также оценки потерь ресурсов на любых отрезках времени. Для вызова подобной информации, равно как и для задания элементарных преобразований плана, целесообразно использовать простой диалоговый язык.

После определенного числа шагов по оптимизации плана оператор может остановить процесс, не обязательно достигая при этом наилучшего из всех возможных вариантов плана. Подобная **последовательная оптимизация** плана выполнения целевой программы хорошо согласуется с методами, развиваемыми в гл. IV, и позволяет удачно скомбинировать традиционные методы планирования с методами программного управления.

§ 2. МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ПРОГРЕССОМ

В настоящее время имеются различные методы прогнозирования научно-технического прогресса. Простейшими из них являются **методы экстраполяции**, позво-

ляющие оценивать технические характеристики (например, максимальную скорость самолетов) или технологические нормативы (например, затраты металла на один легковой автомобиль) более или менее **традиционных** конструкций и технологий. Иными словами, речь идет о том или ином техническом средстве, параметры которого непрерывно улучшаются за счет большого **числа** относительно мелких усовершенствований.

В таких процессах **эволюционного** характера зависимость параметров от времени, полученная за все время совершенствования данного средства вплоть до настоящего момента, дает обычно достаточно хороший прогноз изменения этих параметров в **ближайшем** будущем. Для дальних прогнозов (10—15 лет и более) подобный метод дает существенно худшие результаты. Особенно опасно доверяться этому методу в условиях научно-технической революции, для которой характерны крупные изменения качественного характера, приводящие к скачкообразным изменениям технических и технологических параметров.

Поскольку источником возникновения идей и действий, вызывающих научно-технический прогресс, являются люди, естественно при прогнозировании научно-технического прогресса обратиться к людям, обладающим необходимыми знаниями, — экспертам. Однако особенности психологии людей, относительная ограниченность кругозора каждого отдельного эксперта и сложный комплексный характер современных научно-технических проблем приводят к тому, что правильное извлечение и использование информации, имеющейся в умах экспертов, представляет собой далеко не простую задачу.

К настоящему времени предложено и испытано немало различных методов экспертных оценок. Один из простейших методов такого рода — так называемый метод **Делфи**. Сущность его состоит в том, что группе независимых (не общающихся друг с другом) экспертов предлагается оценить время достижения той или иной научно-технической цели (например, возможности создания промышленной термоядерной электростанции с определенными параметрами). После дополнительной процедуры пересмотра оценок тех экспертов, которые наиболее далеко отошли от средних оценок, строится

экспериментальная кривая $P = f(t)$ распределения вероятности того, что рассматриваемая цель будет достигнута за время от 0 до t .

Вычисляются также некоторые статистические параметры, характеризующие эту кривую: медиана t_M , для которой $f(t_M) = \frac{1}{2}$, и квартили t_1, t_2 , для которых соответственно $f(t_1) = \frac{1}{4}$, $f(t_2) = \frac{3}{4}$. Эти величины дают известное представление о том, когда следует ожидать достижения рассматриваемой цели.

Недостатком метода Делфи является то, что оценка срока достижения целей обычно делается экспертами на основании общих соображений, а не реального просмотра различных путей достижения цели. Работа такого рода ввиду большой комплексности цели, как правило, не под силу одному человеку. Второй недостаток состоит в том, что попытка уточнить прогноз за счет увеличения числа экспертов наталкивается на противоречие с тем очевидным обстоятельством, что по любому конкретному вопросу число по-настоящему квалифицированных экспертов достаточно ограничено. Неоправданное увеличение числа экспертов может привести к тому, что мнения истинных специалистов растворятся в массе мнений людей, имеющих лишь весьма общее представление о рассматриваемом вопросе.

Преодоление указанных недостатков возможно лишь на пути специализации экспертов и создания **комплексной непрерывно действующей системы** научно-технического прогнозирования — своеобразного «коллективного мозга» страны. Метод решения такой задачи, предложенный автором, основан на соединении идей метода Делфи с техникой сетевых графиков.

Исходным пунктом для применения метода является некоторая система **ранжированных научно-технических целей**. Имеются два основных источника таких целей. Первым источником являются основные целевые программы. При их разработке, как уже указывалось в гл. I, предусматривается не только простой количественный рост продуктов и услуг, но и принципиальные качественные изменения, в том числе появление новых продуктов и услуг, обеспечиваемое успехами науки и техники. Ранжирование целей подобного рода производится в си-

стеме постановки целей (см. § 2 гл. I). К этому источнику непосредственно примыкает система целей, вырабатываемая фундаментальной наукой и ранжируемая органами, ответственными за развитие фундаментальной науки.

Второй основной источник научно-технических целей — обеспечивающие целевые программы (например, программа развития черной металлургии). Здесь, как и в случае основных программ, с помощью банка идей и системы головных институтов определяются те или иные комплексные цели научно-технического характера (например, создание промышленной технологии непрерывного прямого предела руды в сталь с определенными нормативными показателями).

Как постановка, так и ранжирование этого рода целей производится в тесной увязке с системой предплановых ориентировок. Делается это следующим образом: имеющиеся крупные комплексные предложения по коренному усовершенствованию или полному обновлению применяемых конструкций и технологий с оценками необходимых нормативных показателей и ориентировочных сроков их реализации вводятся одно за одним в динамическую макроэкономическую модель. В результате просчета на модели определяется полезность предложения, количественной оценкой которой является уменьшение сроков достижения основных целей при реализации предложения в заданный срок (первоначально этот срок, как и нормативы, определяются грубой оценкой, проводимой головным институтом).

Вычисленные значения полезности предложений служат основанием для двух видов решений: либо (после соответствующей корректировки) предложение вносится в систему научно-технических целей, либо предложение отбрасывается как малополезное. Полученные цели ранжируются в соответствии с их полезностью. После определения более точных оценок в результате работы описываемой ниже системы прогнозирования производится уточнение списка целей, их ранжировки, а также, если необходимо, и нормативных показателей.

Выходом этой начальной части системы является система точно описанных научно-технических целей S_1, S_2, \dots, S_m и положительные коэффициенты $\lambda_1, \lambda_2, \dots$

λ_m , характеризующие относительную важность соответствующих целей¹. Следующий этап работы состоит в том, что построенная система **конечных** научно-технических целей дополняется новыми (**промежуточными**) целями $S_{m+1}, S_{m+2}, \dots, S_{m+n}$, достижение которых может оказаться необходимым или полезным для достижения конечных целей. Такая работа выполняется силами головных институтов.

Для каждой из целей S_i (представляющей собой ту или иную научно-техническую проблему) привлекается группа экспертов. В их число должны входить лишь лучшие специалисты, способные (при возникновении надлежащих условий) сами взяться за решение этой проблемы в качестве руководителей проектов. Число таких специалистов обычно невелико и колеблется от 3—5 человек до 15—20. Важным условием является то, что в число отобранных экспертов должны входить специалисты, выражающие все существующие точки зрения на пути достижения рассматриваемой цели.

Каждый из отобранных экспертов дает оценку времени t_{ij} достижения цели S_i либо **безусловную**, либо **условную** в зависимости от того, достигнута ли предварительно некоторая фиксируемая им система промежуточных целей $S_{ij_1}, S_{ij_2}, \dots, S_{ij_{k_j}}$ (j — номер эксперта в группе). Условные оценки указываемого вида приводят к следующей формуле для вычисления вероятности достижения цели S_i к моменту времени t :

$$P_i(t) = \frac{1}{r_i} \sum_{j=1}^l r_{ij} P_{ij_1}(t - t_{ij}) P_{ij_2}(t - t_{ij}) \dots P_{ij_{k_j}}(t - t_{ij}), \quad (\text{II. 1})$$

где l — число экспертов в группе;

r_{ij} — весовой коэффициент, характеризующий относительный вес оценки эксперта j по цели i ;

r_i — сумма весовых коэффициентов, равная:

$$r_i = \sum_{j=1}^l r_{ij}. \quad (\text{II. 2})$$

¹ Ввиду трудности взаимной ранжировки целей, возникающих из основных и обеспечивающих программ, можно использовать две независимые системы целей.

Чтобы по равенствам (II.1) можно было бы найти функции распределения $P_i(t)$, необходимо выполнить некоторые дополнительные условия. Наиболее просто вопрос решается в том случае, когда множество M всех целей (как конечных, так и промежуточных) распадается на непересекающиеся непустые подмножества M_0, M_1, \dots, M_p . При этом множество M_0 состоит из целей, имеющих лишь безусловные оценки времени своего достижения. Для целей же любого множества $M_i (i=1, 2, \dots, p)$ в качестве условий могут выступать лишь цели из множеств M_0, M_1, \dots, M_{i-1} .

Приведенные простейшие условия разрешимости уравнений (II.1) можно обобщить, допуская наличие циклов в прогнозном графе. Иными словами, допускается возможность, когда по оценкам одних экспертов достижение цели S_j должно предшествовать достижению цели S_k , а по оценкам других экспертов — наоборот.

Зная функции распределения вероятности времени достижения целей $P_i(t)$, как и в методе Делфи, находят их медианы и пары квартилей (верхний и нижний). Разность между верхним и нижним квартилем принимается в качестве **меры неопределенности** прогноза.

Весовые коэффициенты r_{ij} получаются в результате перемножения трех коэффициентов. Первый из них представляет самооценку экспертом меры своей компетентности в вопросе, второй — оценку степени его собственной уверенности в правильности даваемого предложения, третий — результат взаимооценки экспертов, т. е. каждому эксперту предлагается назвать некоторое число лучших, по его мнению, экспертов как по предложенной ему для рассмотрения цели, так и в целях, выставляемых им в качестве условий. Далее эксперты ранжируются по сумме полученных ими в оценках других экспертов мест, а эта ранжировка по определенным правилам (требующим дополнительных уточнений) переводится в весовые коэффициенты.

Необходимо подчеркнуть, что, хотя для прогноза весьма удобно, когда эксперты используют в качестве условий заранее сформулированную систему промежуточных целей, ничто им не препятствует формулировать любые новые промежуточные цели, которые они сочтут нужными. **Прогнозный центр** производит обработку по-

ступающей от экспертов информации и во взаимодействии с ними оперативно корректирует систему промежуточных целей.

В задачу центра входит слияние (с согласия экспертов) близких друг другу целей в одну, уточнение формулировок целей, особенно в части нормативных показателей, устранение циклов в прогнозном графе и т. п.

Важно отметить, что работа описываемой прогнозной системы, раз начавшись, производится далее непрерывно. В обязанности экспертов входит оперативная корректировка сделанных ими оценок в тот момент, когда в силу тех или иных причин их мнение изменится. В обязанности прогнозного центра входит оперативное снабжение экспертов **целенаправленной информацией** о новых публикациях, патентах и т. п., как в связи с оцениваемой им целью, так и с выдвинутыми им условиями ее достижения.

Непрерывность прогноза позволяет устранить недостатки, которые имеют разовые прогнозы. Во-первых, при этом прогноз все время отражает новейший уровень знаний, тогда как разовый прогноз может устареть буквально на следующий день после его составления. Во-вторых, непрерывность прогноза позволяет экспертам наращивать свою квалификацию как прогнозистов. А эта квалификация, как показывает опыт, вовсе не равносильна просто квалификации ученого, поэтому ей надо учиться. В-третьих, знание того, что в любой момент неверная оценка может быть исправлена, ставит экспертов в более комфортные условия по сравнению с разовым прогнозом и способствует большей информативности их высказываний.

Далее, хотя экспертные оценки и составляют основу прогнозной системы, в ней не только не исключается, но, наоборот, подразумевается самое широкое использование всех других методов. Методы экстраполяции, например, могут быть с успехом использованы во взаимодействии с экспертами. Если оценка эксперта сильно отличается от результатов экстраполяции, прогнозный центр, сообщив ему эти результаты, может рассчитывать либо на исправление первоначальной опрометчивой оценки эксперта им самим, либо (что особенно важно) — на получение от него дополнительной информации, объясняющей **причины** расхождения оценок.

Непрерывность прогноза требует специального математического обеспечения для ЭВМ, ведущих его обработку. Необходимо прежде всего иметь возможность оперативно (с помощью специальной диалоговой языковой системы) вносить изменения в любой элемент прогноза (оценки времени, набор условий, веса экспертов и т. д.). Специальное математическое обеспечение требуется также для превращения прогноза в инструмент **управления** научно-техническим прогрессом. Решение этой задачи обеспечивается прежде всего программами для определения **относительной важности** промежуточных целей.

Для определения **количественной меры** (коэффициента) важности Z_i цели i производится искусственное смещение вправо на какой-то фиксированный интервал времени Δt (например, на год) распределения вероятности $P_i(t)$ времени достижения цели i . Иными словами, функция $P_i(t)$ заменяется функцией $P_i(t - \Delta t)$. После этого производится пересчет распределений $P_j(t)$ для всех конечных целей ($j = 1, 2, \dots, m$) и вычисляются смещения медиан ΔN_j этих распределений. Средневзвешенная сумма смещений ΔN_j и представляет собой искомую количественную меру важности цели i :

$$Z_i = \frac{\sum_{j=1}^m \lambda_j \Delta N_j}{\sum_{j=1}^m \lambda_j}. \quad (\text{II. 3})$$

Нетрудно понять, что цели с большими коэффициентами важности являются наиболее полезными для достижения конечных целей. Поэтому, когда прогноз по конечным целям еще недостаточно определен для возможности выбора конкретных путей их достижения, можно начинать управление процессом их достижения, внося **в план** научно-технических разработок промежуточные цели с большими коэффициентами важности при условии, что медианы их распределений попадают в данный плановый период.

Следует подчеркнуть, что прогноз в предлагаемом методе по форме своего представления напоминает программу работ и отличается от настоящей программы прежде всего наличием **альтернативных путей** дости-

жения целей. Не все из этих путей будут на самом деле впоследствии пройдены. Поэтому основная задача **управления научно-техническим прогрессом** на основе описываемой прогнозной системы состоит в **сужении круга альтернатив** и **непрерывном переводе** малоальтернативных участков прогнозного графа в **программы и планы** достижения конкретных научно-технических целей.

В состав математического обеспечения прогнозной системы должны быть поэтому введены программы для выделения различных альтернативных путей в достижении любой заданной цели (как конечной, так и промежуточной) и сравнительной оценки этих альтернатив. Важным показателем для такой оценки является **степень неопределенности**, вносимая альтернативой в прогноз. Ее численным выражением является уменьшение меры неопределенности (разности между квантилями) функции распределения вероятности $P_i(t)$ для рассматриваемой цели **при исключении** данной альтернативы из прогноза¹. Альтернативы, вносящие наибольшую неопределенность в прогноз, должны подвергаться дополнительному изучению с помощью специально планируемых для этой цели исследований.

Аналогичным образом может быть оценена степень неопределенности, вносимая в весь прогноз в целом, любой промежуточной целью S_i . Заменяя распределение $P_i(t)$ распределением $P_i'(t)$ с той же медианой N_i и с **нулевой неопределенностью** ($P_i'(t) = 0$ при $t < N_i$, $P_i'(t) = 1$ при $t \geq N_i$), вычисляют изменения неопределенности d_j по каждой из основных целей ($j = 1, 2, \dots, m$). Взвешенная сумма этих изменений и представляет как раз искомую меру y_i неопределенности, вносимую целью S_i в прогноз:

$$y_i = \frac{\sum_{j=1}^m \lambda_j d_j}{\sum_{j=1}^m d_j}. \quad (\text{II. 4})$$

Цели с большой мерой y_i также должны быть объектом специальных исследований.

¹ Указанное исключение может быть сделано с помощью приравнивания нулю соответствующих весовых коэффициентов r_{ij} .

Для принятия решений об исключении тех или иных альтернатив (с целью перевода того или иного участка прогноза в план) могут использоваться данные о **продолжительности** и **стоимости** разработок по различным альтернативам, а также мера неопределенности в сроках достижения цели и стоимостях разработок по данным альтернативам (при условии исключения из прогноза всех других альтернатив). Ясно, что альтернативы, более продолжительные по срокам, более дорогие и вместе с тем более неопределенные, можно без большого риска исключать из плана (но не из прогноза!).

Для оценок стоимости альтернатив служат первичные оценки экспертами стоимости опытно-конструкторских разработок предлагаемого ими варианта достижения цели **без учета** стоимости достижения выдвигаемых ими условий (эти оценки будут сделаны другими экспертами). Точно таким же путем, как и выше (начиная с целей, имеющих лишь безусловные оценки), вычисляются функции распределения вероятности $R_i(S)$ стоимости достижения каждой цели, а также соответствующие медианы и квантили.

При разработке и внедрении новой технологии и конструкций одним из наиболее трудных, а во многих случаях и наиболее дорогих этапов является этап опытно-промышленной проверки и внедрения проекта на головном предприятии. При этом, как правило, всегда имеется известный элемент риска, заключающийся в том, что опытно-промышленная проверка закончится неудачей. Кроме того, для головного предприятия проведение подобных работ зачастую приводит к потерям в рамках выполнения основной программы. Для восполнения этих потерь целесообразно иметь специальный общегосударственный фонд страхования риска. В случае успеха работы выплаты из этого фонда, произведенные на этапе опытно-промышленной проверки, восполняются (и притом с избытком) за счет преимуществ, которые как головной завод, так и другие аналогичные заводы получают за счет новой технологии. При неудаче работы происходит невозвратимая потеря средств.

Для того чтобы даже с учетом этих потерь фонд страхования риска не уменьшался, а возрастал, необходимо оценивать степень риска того, что работа не даст ожидаемых результатов, а также размер эффекта, кото-

рый будет получен при удачном завершении работы. Что касается эффекта, то он может быть подсчитан на основе той нормативной информации, которая предполагается заложенной в цели каждой работы. Что же касается степени риска, то ее оценка может быть также поручена экспертам для последующего учета и обработки в описываемой прогнозной системе.

§ 3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Социальные процессы в целом и отдельные составляющие их элементы характеризуются прежде всего тем, что для их описания и изучения обычные числовые параметры имеют весьма ограниченное значение. На первый план здесь выступают параметры, имеющие конечные области определения. Мы будем называть их **качественными** параметрами. С их помощью по той или иной шкале оценок (например, «хорошо», «удовлетворительно», «плохо» и т. п.) можно охарактеризовать такие элементы социальных процессов, как уровень психологического комфорта, различные варианты законов, отношения людей или государств друг к другу и т. д.

Вторая характерная черта социальных процессов в общем случае (в отличие от частного случая научно-технического прогресса) состоит в том, что параметры могут меняться в любом направлении: они могут, например, меняться со значения «хорошо» на значение «плохо», а затем наоборот. В то же время в научно-техническом прогрессе раз сделанное научное открытие в современной обстановке уже не может быть закрыто. Поэтому методы прогнозирования научно-технического прогресса лишь в относительно небольшой мере могут быть применены при прогнозировании социальных процессов более общего вида. Эти процессы нуждаются в качественно новых методах.

Мы опишем один из таких методов, предложенный автором. Он так же, как и метод, рассмотренный в предыдущем параграфе, в первую очередь основан на экспертных оценках, в нем реализована в новом виде все та же идея «коллективного мозга».

Первым шагом в построении описываемой системы прогнозирования является определение границ изучаемого социального процесса. Речь идет прежде всего о разграничении изучаемого процесса и **внешней среды**. Критерием для такого разграничения служит прежде всего пренебрежимо малая величина воздействия процесса на среду, так что обратное воздействие среды на процесс, будучи само достаточно велико, почти не зависит от процесса и развивается по своим собственным законам.

В качестве примера можно взять внешнеторговую политику какой-либо страны. Если речь идет о малой стране, внешняя торговля которой почти не оказывает влияния на мировую экономическую конъюнктуру, последняя может рассматриваться как среда. Для большой страны в рамки изучаемого процесса следует включать внешнеторговую политику других стран (в первую очередь крупных), что может привести к возникновению задач **игрового характера** (в смысле математической теории игр).

После выделения среды следует прежде всего организовать прогноз развития как ее самой, так и тех воздействий, которые она оказывает на процесс, являющийся основным объектом изучения. Эти воздействия характеризуются некоторым множеством параметров (как обычных числовых, так и качественных), значения которых могут меняться во времени.

Вторую группу внешних воздействий на изучаемый процесс составляют так называемые **управляющие воздействия**. Они также характеризуются теми или иными параметрами, значения которых могут определяться и изменяться **любым образом** органами, которым поручено руководство соответствующим процессом. Поэтому нельзя, скажем, в качестве управляющего параметра (с двумя значениями: «да», «нет») выбирать условие «торговый договор со страной А заключен», а лишь условия: «предложение о заключении торгового договора со страной А нами сделано» или «предложение страны А о заключении торгового договора нами принято». Аналогично нельзя считать управляющими воздействиями снижение уровня тех или иных правонарушений, а лишь принятие или непринятие определенных законов, проведение профилактических мер и т. д.

Третью группу параметров составляют параметры, определяющие внутреннее состояние системы. Их значения меняются в соответствии с определенными закономерностями вероятностного характера в зависимости от их текущих значений, а также внешних воздействий (в том числе управляющих).

Правильная параметризация изучаемого процесса составляет одну из задач системного анализа процесса, решение которой сегодня не может быть выполнено на основе строго определенных процедур и во многом определяется опытом и интуицией исследователей. Вопросы, которые при этом приходится решать, имеют такой характер: «Окажет или не окажет существенное влияние на развитие ближневосточного кризиса возможность построения танкеров с грузоподъемностью более миллиона тонн или открытия новых месторождений нефти в Западном полушарии?». Все явления, факторы, события, которые могут иметь значение для ответа на те вопросы (т. е. прогноза значений определенных параметров), которые интересуют нас в изучаемом процессе, должны быть выделены, описаны и параметризованы.

Ввиду сложности и многофакторности большинства социальных процессов число параметров, которые следует вводить в прогноз, как правило, весьма велико и исчисляется зачастую многими тысячами и десятками тысяч. Необходимо также иметь в виду, что параметризация есть процесс непрерывный. По мере развития процесса одни параметры теряют свое значение, а другие выходят на сцену. Так что список параметров должен непрерывно уточняться и пополняться.

Следующим шагом является закрепление за каждым внутренним параметром небольшой группы высококвалифицированных экспертов. Не исключено, что один и тот же эксперт может участвовать в нескольких группах для оценки различных параметров. Оценка, даваемая каждым экспертом, должна предусматривать описание всех ситуаций (т. е. значений внешних и внутренних параметров), при которых возможны изменения закрепленных за ним параметров, и характер этих изменений. Кроме того, как и в методе, описанном в предыдущем параграфе, определяется весовой коэффициент r_{ijk} для каждой оценки (i — номер параметра, j — номер эксперта, k — номер оценки), составляемый из самооценки

эксперта, взаимной оценки его другими экспертами и степени уверенности самого эксперта в данной им оценке.

В оценке должно присутствовать время, в течение которого может произойти предсказуемое изменение. Так что оценки экспертов выглядят следующим образом: «При ситуации A (следует список значений параметров) в момент времени t , в момент времени $t + \tau$ параметр a с вероятностью p примет значение α ». Разумеется, никто не препятствует экспертам в случае, когда им известны те или иные объективные зависимости между параметрами, использовать для своих оценок не просто личный опыт и интуицию, а эти закономерности. Таким образом, на описываемую модель могут быть наложены любые другие существующие модели, которые могут способствовать уточнению прогноза.

Для проведения прогноза вводится информация четырех видов. Во-первых, это прогноз внешних воздействий среды. Во-вторых, так называемое **управление**, т. е. значения управляющих параметров как функций времени (для первого тура прогноза их можно считать постоянными). Третий вид информации — текущие значения внутренних параметров. При этом в случае, когда эти значения достоверно неизвестны, вместо точных значений используются вероятности различных их возможных значений, оцениваемые специальными экспертами. Наконец, четвертый вид информации — оценки зависимостей между параметрами, полученные от основных экспертов. Центр, управляющий процессом прогнозирования, обеспечивает (во взаимодействии с экспертами) кратность оценок времени некоторому постоянному временному интервалу δ (для одних процессов это может быть год, а других — неделя и даже день).

Процесс обработки информации состоит в последовательном вычислении вероятностей значений внутренних параметров в моменты времени $\delta, 2\delta, 3\delta, \dots, n\delta \approx T$, где T — срок, на который производится прогнозирование. Вычисления, хотя и громоздкие, вряд ли нуждаются в специальных пояснениях. Заметим лишь, что при наличии противоречащих друг другу оценок (при изучении специальных процессов это случается достаточно часто) значениям, которые эти оценки приписывают данному параметру, присваиваются вероятности, пропорциональные весам r_{ijk} соответствующих оценок.

Точность прогнозирования по различным параметрам может быть различна. Полная неопределенность наступает тогда, когда распределение вероятностей равномерно, т. е. когда все значения данного параметра равновероятны. Полная определенность прогноза, наоборот, предполагает, что в каждый момент времени одно и только одно значение данного параметра имеет вероятность, равную единице, все же остальные значения имеют вероятности, равные нулю.

Как и в задаче прогнозирования научно-технического прогресса, в описываемой системе прогнозирования решаются два класса задач управления. Первый класс составляют задачи управления самим прогнозом. Сюда включается снабжение экспертов целенаправленной информацией, постоянное обновление даваемых ими оценок, выявление элементов прогноза, вносящих в него наибольшую неопределенность, и, наконец, принятие мер по устранению или уменьшению этой неопределенности.

С этой целью прежде всего выделяются главные параметры $x_1, x_2 \dots, x_m$, во имя которых и делается прогноз. Их число обычно относительно невелико. Каждому из параметров x_i приписывается определенный вес λ_i в соответствии со степенью важности этого параметра. Для каждого из **вспомогательных** (не главных) параметров x_j вычисляется мера a_j его **информационной важности**. Эта мера определяется как средневзвешенная сумма уменьшений энтропий распределений основных параметров на конец прогнозного срока при условии полной определенности значений параметра x_j в течение всего прогнозного срока $[0, T]$. Поскольку эта определенность может быть достигнута разными способами, нужно фиксировать какой-либо один из них (например, сохранение начального значения параметра в течение всего прогнозного срока).

Аналогичным образом (по уменьшению средневзвешенной суммы энтропий распределений главных параметров) можно оценить влияние устранения из прогноза той или иной оценки. Тем самым определяются параметры и оценки, в наибольшей мере влияющие на неопределенность прогноза. А это позволяет в свою очередь направлять усилия общественных наук на изучение соответствующих элементов процесса (параметров или зависимостей) в целях непрерывного повышения точ-

ности прогноза. В ряде случаев большую помощь при установлении или проверке предполагаемых зависимостей между параметрами может оказать **ретроспективный анализ** рассматриваемого процесса. Иными словами, пытаются эмпирическим путем установить зависимости между параметрами, которые имели место в развитии процесса до настоящего момента с тем, чтобы использовать их для описания будущего. Это, по существу, перенос метода экстраполяции на произвольные (не обязательно непрерывные) параметры со всеми сильными и слабыми сторонами этого метода.

Второй класс задач управления составляют задачи управления самим рассматриваемым социальным процессом. Для решения таких задач прежде всего описывают **ситуации** (области значений главных параметров), которые можно считать благоприятными. Задача же приведения процесса к благоприятной ситуации (за счет нахождения подходящего управления) сегодня может решаться в основном лишь методом подбора в человеко-машинной системе. Получив результат первого прогноза (при постоянном управлении), группа особо квалифицированных экспертов¹ предлагает на основании своего опыта и интуиции, с одной стороны, и анализа результатов прогноза, с другой стороны, различные варианты управления, а ЭВМ пересчитывает прогноз для каждого из предлагаемых вариантов.

Следует особо подчеркнуть, что описываемая система требует огромной работы по переработке информации и для сколько-нибудь сложных процессов находится на грани возможностей наиболее мощных современных ЭВМ.

В ряде случаев приходится иметь дело с процессами конфликтного (или, как иногда принято говорить, игрового) характера. Так обстоит, например, дело во внешне-торговой политике при наличии сильной конкуренции на мировом рынке. Для конфликтных процессов характерно наличие двух видов управляющих воздействий: со своей стороны и со стороны противника. Изучение подобных процессов (с точки зрения прогнозирования и подбора правильного управления) в принципе ничем

¹ Как правило, они являются ответственными работниками соответствующего органа управления.

не отличается от описанных выше процессов. Единственное отличие состоит в том, что помимо группы экспертов, осуществляющих подбор управления с нашей стороны, одновременно с ней должна работать такая же группа со стороны противника, ответственная за подбор наиболее вероятных вариантов управления.

Довольно часто приходится иметь дело с процессами конфликтного характера, для которых значения многих параметров, характеризующих процесс, могут находиться не путем экспертных оценок, а прямыми вычислительными процедурами. Примерами таких параметров во внешнеторговых операциях могут служить ожидаемая прибыль, время готовности товаров для поставок, количество транспортных средств и время, необходимое для перевозки товаров, и т. п. Система для прогнозирования и управления подобными процессами должна быть снабжена соответствующими расчетными программами.

Кроме того, необходимо специальное математическое обеспечение для осуществления непрерывного диалога ЭВМ с двумя группами экспертов, подбирающими управление за себя и за противника. ЭВМ при этом выступает в роли беспристрастного судьи, оценивающего с помощью соответствующих программ качество тех решений по управлению процессом, которые подбираются экспертами. Возможен, разумеется, и смешанный вариант, когда часть параметров, характеризующих процесс, обслуживается вычислительными процедурами, а часть — экспертными оценками. При этом экспертные оценки могут быть, как было описано выше, сделаны заблаговременно и введены в ЭВМ для осуществления прогноза развития системы при задании двух управлений. Возможно и непосредственное участие третьей группы экспертов, оценивающих (вместе с ЭВМ) качество управленческих решений, вырабатываемых упомянутыми уже двумя группами экспертов.

Глава III

МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРЕДПЛАНОВЫХ ОРИЕНТИРОВОК

§ 1. СТАТИЧЕСКИЕ ЛИНЕЙНЫЕ МОДЕЛИ ТИПА ЗАТРАТЫ — ВЫПУСК

Простейшая модель типа затраты—выпуск рассматривает n технологических процессов (условных отраслей), каждый из которых выпускает по одному (агрегированному) продукту. Все продукты предполагаются различными, так что их общее число также равно n . Через a_{ij} будем обозначать **нормативы прямых затрат** для продукта j . Составленная из них $(n \times n)$ матрица $A = \|a_{ij}\|$ носит название **матрицы прямых затрат**. Напомним, что норматив a_{ij} прямых затрат (называемый также технологическим коэффициентом) выражает собой количество продукта i , которое необходимо затратить в процессе j для получения одной единицы продукта j .

Любой (например, j -й) столбец матрицы A состоит из нормативов, характеризующих соответствующий (в данном случае j -й) технологический процесс. Поэтому при рассмотрении описываемого класса моделей принято отождествлять столбцы матрицы A с **технологиями** соответствующих процессов. Каждая строка (например, i -я) матрицы A состоит из затрат соответствующего (в данном случае i -го) продукта, обеспечивающих для каждого из n имеющихся процессов выпуск одной единицы производимой им продукции.

Матрица A называется **вполне продуктивной**, если (векторное) уравнение $x = Ax + c$ имеет неотрицательное решение при любом неотрицательном векторе c . Это условие эквивалентно **существованию и неотрицательности** матрицы $A^* = (E - A)^{-1}$, где E — единичная мат-

рица. Матрица A^* носит название **матрицы полных затрат**. Все реальные макроэкономические системы обладают вполне продуктивными матрицами прямых затрат.

Можно показать, что при условии полной продуктивности матрицы A ряд $E + A + A^2 + A^3 + \dots + A^m + \dots$ сходится к матрице A^* . Элементы матрицы A , как уже отмечалось выше, выражают прямые затраты в соответствующих отраслях. Для матрицы A^2 элементами служат суммы $a_{ij} = \sum_{k=1}^n a_{ik}a_{kj}$, которые, как нетрудно видеть,

представляют косвенные затраты соответствующих продуктов в отраслях, непосредственно обеспечивающих данную отрасль. Их можно назвать затратами второго порядка. Аналогично элементы матрицы A^3 представляют собой затраты третьего порядка и т. д. Элементы матрицы $A^* - E = A + A^2 + \dots + A^m + \dots$ будут в таком случае выражать суммы прямых и всех косвенных затрат, т. е. полные затраты.

Иными словами, все недиагональные элементы a_{ij} ($i \neq j$) матрицы A^* представляют собой нормативы полных затрат (в данном случае полных затрат продукта i на производство одной единицы продукта j). Именно по этой причине матрице A^* присвоено название матрицы полных затрат¹.

Описываемая модель применяется к какому-то фиксированному плановому периоду T . В таком случае, обозначая через c^* вектор полного выпуска продуктов за этот период, легко получим, что затраты на обеспечение этого выпуска выразятся через Ac^* . Разность $c^* - Ac^* = (E - A)c^* = c$ представляет собой так называемый вектор конечного выпуска, или конечного продукта.

В статической модели предполагается, что ресурсы (основные и оборотные фонды, а также рабочая сила) в течение планового периода T не изменяются. Таким образом, в рассматриваемом классе моделей ресурсы являются чем-то внешним по отношению к изучаемой системе. Чтобы подчеркнуть это обстоятельство, по отношению к ним часто употребляют термин **внешние ресурсы**.

¹ Было бы, разумеется, естественнее называть матрицей полных затрат матрицу $A^* - E$, однако в таком случае пришлось бы вводить еще одно название для матрицы A^* , которой приходится пользоваться гораздо чаще, чем $A^* - E$.

Затраты на восстановление основных фондов в моделях рассматриваемого класса включаются в нормативы прямых затрат. Таким образом, в условиях неизменности основных фондов весь конечный выпуск c должен потребляться вне экономики в соответствии с изложенным в гл. I. Имеется возможность использовать статические модели и в условиях роста основных фондов. Дело заключается в том, что приращение основных фондов (т. е. введение в эксплуатацию новых предприятий и производственных линий) является процессом существенно более дискретным по сравнению с процессами выпуска большинства видов продукции. На многих современных крупных заводах даже такие сложные изделия, как автомобили, сходят с конвейера с темпом в одну минуту и менее. Строительство же и запуск новой производственной линии и тем более нового завода — процесс существенно более длительный.

Приращение основных фондов (равно как и выпуск более или менее квалифицированных кадров) производится, таким образом, скачками. В промежутке же между двумя очередными скачками развитие экономики происходит в условиях (временного) постоянства основных фондов и трудовых ресурсов. К этим периодам с успехом могут быть применены статические модели, правда, с одним существенным добавлением. Добавление состоит в том, что наряду с внеэкономическим потреблением в состав конечного продукта должны быть включены все затраты на **производственное** строительство и реконструкцию в пределах рассматриваемого периода. Чтобы отличать это расширенное понимание конечного продукта от определенного ранее чисто внеэкономического потребления, мы будем иногда употреблять для него термин **финишный продукт**, или чистый выпуск.

Основное уравнение модели: затраты — выпуск

$$x = Ax + c, \quad (\text{III. 1})$$

будучи векторным, эквивалентно системе линейных алгебраических уравнений¹. Эта система уравнений известна также под другим названием — уравнений

¹ Этим и определяется термин «линейный» по отношению к рассматриваемому классу моделей.

межотраслевого баланса. В результате ее решения мы получаем **сбалансированный план** производства $x = c^*$ на текущий период, **полностью и без излишков** удовлетворяющий как потребности в финишном продукте c , так и все затраты в процессе производства Ax . При этом предполагается, что задание на финишный продукт учитывает внешнюю торговлю. Так что чистый выпуск экспортируемых продуктов превышает внутренние потребности страны, а для импортируемых продуктов их чистый выпуск меньше внутренних потребностей.

В уравнении (III.1) каждый продукт может иметь свою собственную единицу измерения (штуки, тонны, квадратные метры и т. д.). Существует одна универсальная единица измерения, в которой могут быть выражены любые продукты. Такой мерой является денежная единица (рубль, тысяча рублей и т. п.). Ее использование предполагает наличие некоторой фиксированной **цены** p_i на каждый продукт x_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Если продукт x_i агрегированный, то цена p_i есть усредненная цена составляющих его первичных продуктов в соответствии с относительными долями этих продуктов в общем выпуске x_i продукта i .

Если нормативы прямых затрат в матрице A выразить в денежном исчислении, то сумма элементов любого столбца будет представлять собой стоимость материальных затрат в соответствующей условной отрасли на один рубль выпускаемой продукции. Для того чтобы производство не было убыточным, необходимо, чтобы эта сумма была меньше единицы.

Обозначим через P ($n \times n$) матрицу, у которой по главной диагонали стоят цены продуктов ($P_{ij} = p_i$), а остальные элементы равны нулю ($P_{ij} = 0$ при $i \neq j$). Нетрудно показать, что матрица A_p нормативов прямых затрат в денежном исчислении получается из матрицы A нормативов прямых затрат в натуральном исчислении по формуле

$$A_p = P^{-1}AP. \quad (\text{III. 2})$$

Если для неотрицательной квадратной матрицы A удастся подобрать диагональную матрицу P с положительными диагональными элементами так, чтобы в матрице $P^{-1}AP$ сумма элементов любого столбца была бы

меньше единицы, то матрица A оказывается вполне продуктивной.

Если бы какая-то из этих сумм была больше или равна единице, то это означало бы, очевидно, что при заданных ценах соответствующий процесс был бы убыточным, поскольку кроме материальных затрат в каждом процессе имеются еще и трудовые затраты, которые также нужно оплачивать. В реальных экономических системах убыточные процессы, как правило, не используются. Тем самым в соответствии со сделанным ранее замечанием можно считать, что в реальных макроэкономических моделях матрицы прямых затрат можно всегда считать вполне продуктивными¹.

Число внешних ресурсов, используемых в моделях рассматриваемого нами класса, может быть произвольным и не обязательно совпадать с числом продуктов. Мы будем обозначать это число через m . Через $B = \|b_{ij}\|$ ($i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$) обозначим $(m \times n)$ матрицу прямых затрат ресурсов. Коэффициент b_{ij} представляет собой количество ресурсо-часов по ресурсу i , которое надо затратить в процессе j для получения одной единицы продукта j .

Если обозначить через \bar{b} вектор ресурсо-часов по каждому из ресурсов на рассматриваемый плановый период T , то условие обеспеченности полного выпуска c^* необходимыми ресурсами выразится векторным неравенством:

$$Bc^* \leq \bar{b}. \quad (\text{III.3})$$

Неравенство векторов понимается, как обычно, в том смысле, что соответствующее неравенство имеет место для всех их компонент. Таким образом, (III.3) представляет собой систему из обычных (скалярных) неравенств, по одному для каждого из ресурсов. Мы будем называть эти неравенства **условиями сбалансированности плана по ресурсам**. Рассматриваемые вместе с уравнениями межотраслевого баланса (III.1), они представляют собой условия **полной сбалансированности плана**.

¹ Вместо термина «вполне продуктивная матрица» часто употребляется термин «вполне продуктивная экономика» или «вполне продуктивная экономическая модель».

Оптимизация в статических моделях делается обычно по двум критериям. Это либо критерий максимума стоимости чистого выпуска, либо критерий минимума расхода одного из внешних ресурсов (обычно трудовых затрат) для обеспечения заданного чистого выпуска. В обоих случаях мы приходим к задачам **линейного программирования**.

В результате оптимизации могут быть решены две задачи (порознь или обе вместе). Первая задача — это определение **оптимального состава финишного продукта** и направления специализации национальной экономики в рамках международного разделения труда. Вторая задача возникает в том случае, когда для каждого продукта имеется не одна, а несколько возможных технологий его производства. Вопрос состоит в том, чтобы выбрать из имеющегося набора технологий **оптимальный набор технологий** и тем самым получить ориентировку о путях научно-технического прогресса во всех отраслях экономики.

Для решения первой задачи используются возможности внешней торговли и других форм международного экономического сотрудничества. За счет **экспорта** можно увеличивать (по сравнению с внутренними потребностями) задания по чистому выпуску одних продуктов, а за счет **импорта** уменьшать задания по чистому выпуску других продуктов. Если y — вектор экспорта, z — вектор импорта, а v — их разность ($v = y - z$), то вместо вектора c внутренних потребностей страны в финишном продукте в уравнениях межотраслевого баланса (III.1) должен фигурировать вектор чистого выпуска c' (с учетом внешней торговли), являющийся суммой c и v :

$$c' = c + v. \quad (\text{III. 4})$$

Если импорт перекрывает не только внутренние потребности страны в каких-то финишных продуктах, но и часть материальных затрат в других отраслях промышленности, то задания по **чистому** выпуску этих продуктов могут быть не только нулевыми, но и отрицательными. Однако в силу **необратимости** экономических процессов задания по **полному** выпуску не могут быть отрицательными. Ведь отрицательный выпуск означал бы, что отрасль работает не на производство, а на уничтожение

соответствующего продукта. Такая «отрасль», хотя абстрактно и возможная, представляла бы совсем другой процесс, технологические коэффициенты которого не могут быть получены простой переменной знаков у технологических коэффициентов исходного процесса по выпуску соответствующего продукта.

Учитывая, что в стандартной форме задач линейного программирования предполагается неотрицательность значений переменных, в качестве искомым величин в задаче оптимизации состава финишного продукта целесообразно выбирать компоненты вектора x **полного** (а не чистого) выпуска.

Если p — вектор цен, A — матрица нормативов прямых затрат, то цена всего финишного продукта будет представляться скалярным произведением $p \cdot (E - A)x$, поскольку в силу уравнения (III-1) $(E - A)x = x - Ax$, есть не что иное, как финишный продукт при полном выпуске x . Обозначая через q вектор $p \cdot (E - A) = p - pA$, мы сведем искомую задачу оптимизации к классической задаче линейного программирования: $\max q \cdot x$ при $Bx \leq \bar{b}$, $x \geq 0$.

Поскольку речь идет об ориентировке в области международного экономического сотрудничества, то в качестве цен здесь должны использоваться не внутренние цены, а цены, принятые в соответствующих международных расчетах (например, существующие или ожидаемые цены на мировом рынке).

Как известно из теории линейного программирования, решение описываемой задачи получается на границе области $x \geq 0$, $Bx \leq \bar{b}$. Ориентировка, о которой идет речь, состоит в том, что продукты, для которых задания на полный выпуск обратятся в нуль, **невыгодны** для производства в условиях данной экономической системы, и, следовательно, их необходимо импортировать. Для всех же остальных продуктов должны быть предусмотрены максимальные планы полного выпуска, ограничиваемые только имеющимися ресурсами.

При этом речь идет именно о **плановой ориентировке**, а не о реальном плане, поскольку резкое изменение пропорций ввоза и вывоза различных продуктов невозможно по крайней мере по двум причинам. Во-первых, в силу инерционности, присущей производственным про-

цессам, а во-вторых, в силу того, что резкое изменение структуры внешней торговли даже одной страной (особенно большой) может заметно изменить цены на мировом рынке и тем самым подорвать основу, на которой строилось решение оптимизационной задачи. Реальное же планирование, учитывая полученные ориентировки, следует выполнять последовательными методами, рассмотренными в гл. IV.

Для постановки второй оптимизационной задачи необходимо иметь большее, чем число продуктов, число различных технологических процессов. Итак, пусть имеется $N > n$ различных технологических процессов, таких, что каждый продукт может быть произведен не менее (как правило, более) чем одним процессом.

Введем еще одно обобщение, касающееся возможности **совместного выпуска** нескольких продуктов одним производственным процессом. Такие процессы встречаются на практике довольно часто. В качестве примера можно привести производство соды из поваренной соли, где в качестве **побочного** продукта получается хлор. В машиностроении, помимо основной продукции, получают отходы металла, являющиеся важным сырьем для металлургической промышленности. Можно привести и другие примеры.

Для каждого процесса вводится некоторая скалярная переменная y_i , характеризующая **интенсивность** соответствующего (в данном случае i -го) процесса. В качестве единицы для измерения интенсивности удобно выбирать интенсивность, при которой за рассматриваемый плановый период T производится одна единица какого-нибудь из выпускаемых процессом продуктов (обычно главного, а не побочных), но это не является обязательным.

Далее вводится специальная, так называемая **технологическая матрица \bar{A}** , имеющая n строк и N столбцов. Элемент a_{ij} , стоящий на пересечении строки i и столбца j матрицы, имеет следующее значение. Если продукт i выпускается процессом j , то a_{ij} равняется объему этого выпуска за плановый период при единичной интенсивности y_j этого процесса. Если же продукт i потребляется процессом j , то a_{ij} равняется **взятому со знаком минус** объему затрат за плановый период при единичной интенсивности процесса. Если продукт i не по-

требуется и не выпускается процессом j , то $a_{ij} = 0$. Легко видеть, что в рассмотренном нами выше частном случае (без возможности совместного выпуска) технологической матрице \bar{A} соответствует матрица $E - A$.

Нетрудно проверить, что произведение матрицы \bar{A} на вектор y интенсивностей процессов представляет собой чистый выпуск c :

$$\bar{A} \cdot y = c \quad (y \geq 0). \quad (\text{III. 5})$$

Оптимизационная задача состоит в том, чтобы при заданных ресурсах \bar{b} обеспечить максимальную суммарную цену финишного продукта (чистого выпуска) либо при заданном чистом выпуске c обеспечить минимизацию какого-либо из ресурсов. Для точной формулировки задачи нам необходимо, как и выше, рассматривать матрицу B нормативов прямых затрат ресурсов при **единичных интенсивностях** процессов.

У нее, как и прежде, будет m строк (по числу ресурсов), но не n , а N столбцов (по числу процессов).

Если через p обозначить вектор цен, а через q — вектор $p\bar{A}$, то первая постановка оптимизационной задачи выразится следующим образом: $\max qy$ при $B_y \leq \bar{b}$, $y \geq 0$. Оптимизация здесь производится сразу и по составу используемых процессов (уровней их интенсивностей) и по составу финишного продукта (с учетом возможности международного сотрудничества).

Вторая постановка требует выделения какой-либо строки, например b_1 , матрицы B и обозначения (например, через B_1) матрицы, составленной из оставшихся строк. После чего искомая формулировка представится в виде:

$$\min b_1 \cdot y \quad \text{при} \quad \bar{A}y = c; \quad B_1y \leq \bar{b}_1; \quad y \geq 0,$$

где \bar{b}_1 — вектор наличных запасов ресурсов, полученный из вектора \bar{b} путем исключения выделенного для оптимизации ресурса.

Можно показать, что в результате решения задачи как в первой, так и во второй постановке не более чем n процессов получают ненулевые значения интенсивностей. Значение этого результата состоит в том, что в **данный**

момент времени наиболее вероятной прогрессивной технической политикой является политика перестройки экономики именно на этот набор технологий.

Ясно, почему здесь говорится именно о **данном** моменте времени. Дело в том, что если даже данные об уровне мировых цен и перспективных технологиях берутся из соответствующих прогнозов, то при различного рода неожиданностях эти прогнозы (как отмечалось в предыдущей главе) могут измениться. Может, например, быть неожиданно открыта принципиально новая технология, не учтенная в прогнозе.

Условный характер результата (не наиболее прогрессивная, а наиболее **вероятная** прогрессивная техническая политика) обуславливается тем, что в приведенной постановке не учитываются затраты для перехода на новую технологию. При реальном планировании всегда необходимо учитывать нахождение разумного компромисса между **наиболее прогрессивными и наиболее просто достижимыми** технологиями. О возможных путях решения этой задачи говорится в следующей главе и частично в следующем параграфе настоящей главы.

§ 2. ДИНАМИЧЕСКИЕ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Для рассмотрения экономики в динамике необходимо принимать во внимание, во-первых, изменение наличных запасов ресурсов, а во-вторых, возможность изменения технологий и соответствующих технологических коэффициентов. Простейший подход к учету изменений ресурсов состоит в том, что все ресурсы (кроме трудовых) отождествляются с какими-то продуктами, выпускаемыми данной экономической системой. Это всегда можно сделать, поскольку среди рассматриваемых нами отраслей могут быть строительные отрасли, производящие в качестве продуктов новые цеха и предприятия.

В таком случае явные и оборотные фонды, необходимые для производства рассматриваемого ассортимента продуктов, могут быть представлены в виде вектора $s(t)$ **запасов** соответствующих продуктов. Исключим пока для простоты возможность совместного выпуска продуктов и сделаем предположение, что уровень запаса каждого продукта (в целом во всей экономике) пропорционален его суммарным затратам во всех отраслях.

Обозначим соответствующий коэффициент пропорциональности для продукта i через k_i и построим диагональную матрицу $K = \|k_{ij}\|$ с $k_{ii} = k_i$; $k_{ij} = 0$ при $i \neq j$ ($i, j = 1, 2, \dots, n$).

В силу сделанных предположений потребность рассматриваемой экономической системы в запасах может быть выражена произведением $K \cdot Ax$, где A — матрица нормативов прямых затрат, а x — полный (валовой) выпуск продуктов. Для нормального функционирования экономической системы необходимо, таким образом, чтобы в любой момент времени t выполнялось (векторное) неравенство:

$$KAx(t) \leq s(t). \quad (III. 6)$$

Здесь через $x(t)$ обозначен валовой выпуск за единицу времени (т. е. интенсивность производства) в момент времени t .

Другая форма записи этого неравенства получится, если полный выпуск $x(t)$, в соответствии с результатами предыдущего параграфа, выразить через чистый выпуск $c(t)$ по формуле

$$x(t) = A^*c(t), \text{ где } A^* = (E - A)^{-1};$$

$$KAA^*c(t) \leq s(t). \quad (III. 7)$$

Это неравенство представляет собой основное ограничение в рассматриваемой динамической модели типа затраты — выпуск с запасами¹.

Чистый выпуск $c(t)$ разбивается на два слагаемых: $c(t) = c'(t) + \Delta s(t)$. Здесь через $c'(t)$ обозначен уровень непродовольственного потребления (в единицу времени) на момент времени t , а $\Delta s(t)$ — темп приращения запасов (за единицу времени) на тот же самый момент времени. (Внешнюю торговлю мы пока учитывать не будем.)

Таким образом, к основному неравенству (III.7) добавляются еще два равенства:

$$c(t) = c'(t) + \Delta s(t); \quad (III. 8)$$

$$s(t+1) = s(t) + \Delta s(t). \quad (III. 9)$$

¹ Эта модель принадлежит к числу моделей так называемого Леонтьевского типа.

Задаваясь на каждый момент времени $t = 0, 1, 2, \dots$ той или иной пропорцией деления чистого выпуска (или, что то же самое, национального дохода) $c(t)$ между потреблением $c'(t)$ и накоплением $\Delta s(t)$, можно с помощью уравнений (III.8) и (III.9) последовательно, шаг за шагом, определить чистый выпуск и уровень запасов для моментов времени $t = 0, 1, 2, \dots$. При этом на каждом шаге необходимо проверять выполнение неравенства (III.7).

Простейшим является предположение, что пропорция деления чистого выпуска между потреблением и накоплением остается неизменной. Обозначим через e_i долю потребления продукта i в полном объеме его чистого выпуска (это так называемая склонность к потреблению продукта i).

Пусть $L = \|e_{ij}\|$ — матрица, у которой $e_{ij} = e_i$, $e_{ij} = 0$ при $i \neq j$ ($i, j = 1, 2, \dots, n$). Тогда

$$c'(t) = Lc(t); \quad \Delta s(t) = (E - L)c(t). \quad (\text{III. 10})$$

При принятых нами предположениях (отсутствие влияния внешней торговли) векторы $c(t)$, $c'(t)$ и $\Delta s(t)$ будут неотрицательными.

Любой линейный критерий на векторах потребления $c'(t)$ и накопления $\Delta s(t)$ в силу соотношений (III.10) сводится к линейному критерию для вектора чистого выпуска $c(t)$. Задавая такой критерий (в соответствии с относительной предпочтительностью в росте потребления или накопления различных продуктов), мы для каждого очередного планового промежутка $(t, t + 1)$ получаем возможность определить чистый выпуск $c(t)$ из задачи линейного программирования:

$$\begin{aligned} & \max f c(t) \text{ (или } \min f c(t)) \\ & \text{при } H \cdot c(t) \leq s(t); \quad c(t) \geq 0, \end{aligned} \quad (\text{III. 11})$$

где H — матрица КАА*,

f — вектор, задающий упомянутый выше критерий.

Для такого определения необходимо знание вектора запасов $s(t)$ на начало планового периода. Зная $s(0)$, из (III.11) определяем $c(0)$, из (III.10) — $\Delta s(0)$, а из (III.9) — $s(1)$, после чего цикл вычислений можно повторить для очередного планового периода.

Можно внести дальнейшие усовершенствования в модель с целью учета влияния технического прогресса. Для этого нормативы принятых затрат a_{ij} нужно считать не постоянными, а переменными величинами, зависящими от времени. В макроэкономических моделях для предплановых ориентировок значения нормативов для последующих плановых периодов определяются обычно путем экстраполяции последовательности их значений в прошлом. Этот метод имеет один существенный недостаток. Дело в том, что тенденции изменения нормативов, необходимые для экстраполяции, должны выявляться в течение достаточно длинного периода, не меньшего во всяком случае, чем длина периода, на который производится экстраполяция. Выявление же тенденций на макроэкономическом (и притом сильно агрегированном уровне) требует немного времени для более или менее массового внедрения технических новшеств, вызывающих изменения нормативов. Если учесть и время, необходимое на разработку соответствующих проектов, то выходит, что экстраполяция нормативов на одну пятилетку вперед исходит из научно-технических идей, имевшихся две, а то и три пятилетки тому назад.

При большой степени агрегации, которая применяется для предплановых ориентировок, указанный недостаток в какой-то мере компенсируется за счет усреднения. Но в эпоху научно-технической революции, когда в течение одного десятилетия создаются новые отрасли промышленности, подобной компенсации все чаще становится недостаточно. Поэтому все более часто приходится прибегать к внесению различного рода поправок в нормативы, чтобы учитывать, хотя бы ориентировочно, качественные сдвиги, происходящие в экономике. Однако, будучи оправданным и разумным в случае предплановых ориентировок, этот метод совершенно неудовлетворителен для реального планирования, которое должно быть основано на специально созданной системе слежения и прогнозирования нормативов, о которой идет речь в следующей главе.

Иногда при предплановых ориентировках можно ограничиться еще более упрощенным методом исследования динамики роста экономики. Речь идет о предположении, что отношение $\frac{\Delta s_i(t)}{s_i(t)} = \mu > 0$ постоянно для

всех продуктов на протяжении всего рассматриваемого планового промежутка времени T . Подобный рост носит название **равновесного сбалансированного** роста.

Из соотношений (III.7) и (III.10), обозначая через R матрицу $КАА^*(E - L)$, получаем: $R \Delta s(t) \leq s(t)$. С учетом сделанного предположения последнее соотношение можно переписать в виде

$$R \Delta s(t) \leq \frac{1}{\mu} \Delta s(t). \quad (\text{III. 12})$$

Матрица R является неотрицательной; более того, в большинстве случаев она будет **полуположительной** и **неразложимой**¹. Тогда, как следует из теории таких матриц, матрица R будет обладать мажорирующим (наибольшим по модулю) **положительным** характеристическим корнем λ , которому соответствует собственный вектор x , **все компоненты которого положительны**. При этих условиях неравенство (III.11) может удовлетворяться лишь в случае, когда $\frac{1}{\mu} = \lambda$, $\Delta s(t) = x$, превращаясь при этом в равенство.

Предплановая ориентировка, использующая этот метод, состоит в следующем. Прежде всего вычисляется матрица $R = КАА^*(E - L)$. При этом для ее вычисления используются какие-то **средние нормативы**, ожидаемые на рассматриваемый плановый период T , например нормативы, ожидаемые к середине этого периода. Аналогичным образом усредняют коэффициенты k_i и l_i . После проверки на полуположительность и неразложимость в случае, если матрица R выдержала эту проверку, находят ее наибольший характеристический корень λ и соответствующий ему собственный вектор x_0 . Если вектор начальных запасов $s(0)$ может быть с помощью разумных экономических мер (например, путем устранения части запасов устаревших продуктов или приобретением новых продуктов на внешнем рынке) сделан (хотя бы приблизительно) пропорциональным вектору x , то воз-

¹ Матрица называется полуположительной, если ее произведение на любой вектор, у которого все компоненты строго положительны, дает вектор со строго положительными компонентами. Матрица R называется неразложимой, если никакой одновременной перенумерацией ее строк и столбцов ее нельзя привести к виду

$$\begin{vmatrix} R_1 & R_2 \\ 0 & R_3 \end{vmatrix}.$$

можно равновесное сбалансированное развитие экономики. Величина $\frac{1}{\lambda}$, обратная характеристическому корню, определяет темп такого развития. В самом деле, из проведенных рассмотрений следует, что для любого момента времени t ($t = 0, 1, 2, \dots, T-1$) имеют место соотношения: $s(t+1) = \left(1 + \frac{1}{\lambda}\right) s(t)$; $\Delta s(t+1) = \left(1 + \frac{1}{\lambda}\right) \Delta s(t)$. Кроме того, при неразложимости матрицы R все диагональные коэффициенты матрицы $E - Z$ должны быть отличными от нуля. Тогда из (III.10) легко выводится, что $\Delta c(t+1) = \left(1 + \frac{1}{\lambda}\right) \Delta c(t)$.

Таким образом, в рассматриваемом случае за единицу времени (т. е. элементарного промежутка, на которые мы разбиваем плановый период) происходит увеличение на $\frac{1}{\lambda}$ -ю долю основных и оборотных фондов $s(t)$, темпов их прироста $\Delta s(t)$ и чистого выпуска (или, что то же самое, национального дохода). За весь плановый период произойдет увеличение всех этих величин в $\left(1 + \frac{1}{\lambda}\right)^T$ раз.

Следует подчеркнуть, что не только в последней упрощенной модели, но и во всех динамических моделях Леонтьевского типа трудовые затраты прямо не учитываются. Это обстоятельство не имеет существенного значения для слабо развитых стран, где главным ограничивающим фактором экономического роста являются основные и оборотные фонды, а резервы трудовых ресурсов практически неограничены. Для развитых стран приведенные рассуждения необходимо дополнить исследованием необходимых темпов роста **производительности труда**.

В течение каждого элементарного планового перехода ($t, t+1$) происходит изменение наличных трудовых ресурсов за счет различных причин. Здесь оказывается и естественный прирост населения и привлечение в сферу производства новых контингентов населения, а также изменения в пенсионном возрасте, продолжительности рабочей недели и т. п. Если обозначить через $\alpha(t)$ относительную долю прироста (или убытка) трудовых ресурсов по всем причинам в течение периода

$(t, t + 1)$ по уравнению с периодом $(t - 1, t)$, то при темпе $\mu(t)$ экономического роста за этот период должно соблюдаться соотношение:

$$(1 + \alpha(t))(1 + \beta(t)) = 1 + \mu(t). \quad (\text{III. 13})$$

Здесь через $\beta(t)$ обозначен относительный рост средней производительности труда за период $(t, t + 1)$ по сравнению с периодом $(t - s, t)$.

В случае, если вычисления делаются с помощью упрощенной модели равновесного сбалансированного роста, величина $\alpha(t)$ для любого t заменяется своим средним значением для рассматриваемого периода T и потому не зависит от времени. Поскольку величина

$\mu(t) = \frac{1}{\lambda}$ в этой модели также постоянна, темп роста производительности труда $\beta(t) = \frac{1 + \mu(t)}{1 + \alpha(t)} - 1 = \frac{\mu(t) - \alpha(t)}{1 + \alpha(t)}$ будет также постоянным.

В случае, когда темп роста производительности труда, необходимый для обеспечения темпа роста национального дохода, в темпе $\mu(t)$ (вычисленном из модели) превосходит оценку этого темпа, полученную в результате экстраполяции прошлых тенденций, принципиально возможны два решения. Первое состоит в том, чтобы заменить темп $\mu(t)$ на **меньший** темп $\alpha(t) + \beta(t) + \alpha(t)\beta(t)$, полученный из формулы (III.13). Разумеется, на такое решение следует идти лишь в крайнем случае, когда исчерпаны все остальные возможности. Второе решение заключается в попытке поднять темп роста производительности труда за счет ускорения темпов научно-технического прогресса.

Для этого, как описано в § 2 гл. II, формируется система обеспечивающих (внутриэкономических) программ по разработке и внедрению технологий, направленных прежде всего на повышение производительности труда. Чтобы определить относительное значение этих программ, для каждой из них производится оценка с помощью одной из описываемых в настоящем параграфе динамических моделей. Таким оценкам должно быть предпослано определение ориентировочных сроков достижения конечных (внеэкономических) целей. Эти цели могут предусматривать как создание фондов внеэкономического потребления длительного пользования (жи-

лые дома, магазины, стадионы, клубы, кинотеатры и т. п.), так и обеспечение определенного уровня текущего потребления. Текущее потребление, заданное в программах, пересчитывается (обычно путем соответствующего агрегирования) в номенклатуру, принятую в данной макроэкономической модели. Затраты же на создание фондов длительного пользования пересчитываются в соответствии с ориентировочными сроками их амортизации в соответствующее текущее потребление. Суммируя эти два вида потребления, мы получим общий объем текущего потребления q на момент достижения всех целей в ассортименте продуктов рассматриваемой динамической модели¹.

Исходя из принятой политики в делении национального дохода (например, постоянства пропорции такого деления) из модели получают минимальный срок T_0 , для которого $c'(T) \geq q$. Это и будет искомым ориентировочный срок достижения поставленных внеэкономических целей.

Присоединяя теперь к основным (внеэкономическим) программам одну за одной предлагаемые обеспечивающие программы, отбирают те из них, которые приводят к наибольшему уменьшению вычисленного ранее срока T_0 (для каждой из присоединяемых программ при этом производится новый расчет по модели). Отобранные программы проверяются на модели еще раз, уже в совокупности, после чего получается уточненная (с учетом научно-технического прогресса) оценка T времени достижения поставленных целей. Затем эти (обеспечивающие) программы вместе с основными (внеэкономическими) программами передаются в систему планирования, описываемую в гл. IV.

Заметим, что сокращение сроков достижения целей даже в условиях, когда единственным ограничивающим ресурсом является труд, может быть произведено не только за счет прямой экономии труда в той или иной отрасли. Создание технологии, уменьшающей затраты материалов, электроэнергии и т. п., может привести к

¹ Поскольку речь идет не о самом плане, а о предплановых ориентировках, подобная упрощенная трактовка вопроса является достаточной. Тем более, что основным результатом ориентировок является сравнительная оценка программ, а не их окончательная привязка ко времени.

сокращению планов капитального строительства и планов производства в других отраслях, обеспечивающих **косвенным образом** большую экономию труда.

Как уже отмечалось выше, динамические модели Леонтьевского типа не учитывают возможность совместного выпуска. Такую возможность предусматривает динамическая модель фон Неймана. В этой модели рассматривается k производственных процессов, выпускающих n продуктов. Каждый процесс характеризуется интенсивностью y_i своего использования. Интенсивности y_i объединяются в вектор y интенсивностей. Вводятся две $k \times n$ матрицы: **матрица выпуска В** и **матрица затрат А**. При умножении их на вектор интенсивностей y получаются соответственно векторы выпуска x и затрат z продуктов во всех рассматриваемых процессах суммарно.

Имея определенный начальный запас продуктов $s(0)$ (в число которого включаются и основные фонды), мы можем осуществить первый экономический цикл (за условную единицу времени: от $t=0$ до $t=1$), запустив все процессы с интенсивностью $y(1)$, удовлетворяющей условию $Ay(1) \leq s(0)$.

Чистый выпуск $c(1) = (B - A)y(1)$ за этот период делится, как обычно, на фонд потребления $c'(1)$ и фонд накопления $\Delta s(1)$, идущий на увеличение запасов.

Для произвольного момента времени $t = 1, 2, \dots$ система соотношений, описывающая фоннеймановскую модель, представится в виде

$$\begin{aligned} Ay(t) &\leq s(t-1); & c'(t) + \Delta s(t) &= (B - A)y(t); \\ s(t) &= s(t-1) + \Delta s(t). \end{aligned} \quad (\text{III. 14})$$

Используя эти соотношения, можно точно таким же образом, как это было сделано в моделях Леонтьевского типа, последовательно, шаг за шагом, развивать процесс роста экономики. При этом, как и прежде, технологические матрицы **А** и **В**, как и пропорции деления чистого выпуска между потреблением и накоплением, могут либо меняться от шага к шагу, либо заменяться (в упрощенных моделях) какими-то средними (для рассматриваемого планового периода T) значениями.

Глава IV

ПЛАНИРОВАНИЕ И ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НА МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОМ УРОВНЕ

§ 1. СИСТЕМА НЕПРЕРЫВНОГО СЛЕЖЕНИЯ ЗА НОРМАТИВАМИ

Одной из главных трудностей в применении макроэкономических моделей для **реального** планирования является выбор правильных значений нормативов. Трудность возникает в силу того, что на макроэкономическом уровне обычно используются агрегированные нормативы, в то время как научно-технические идеи, приводящие к изменению нормативов, возникают на уровне отдельных процессов, агрегатов, машин. Без специальной системы, связывающей с макроэкономическими моделями этот нижний уровень, на котором протекает вся **реальная деятельность** по совершенствованию и созданию новых технологий, такие модели не могут быть использованы для **реального планирования** развития экономики.

Без подобной системы выбор (агрегированных) нормативов на предстоящий плановый период может в лучшем случае опираться лишь на метод экстраполяции. А это, как уже отмечалось в предыдущей главе, фактически означает планирование будущего исходя из тенденций, имевших место в прошлом, опираясь на научно-технические идеи, имевшиеся десять—пятнадцать лет тому назад. При таком положении невозможно, разумеется, осуществлять эффективное управление научно-техническим прогрессом исходя из задач развития всей экономики **в целом**. Оно (это управление) неизбежно переходит на локальный уровень, где в силу большей ограниченности кругозора и меньших возможностей финансирования осуществление по-настоящему крупных проектов сильно затруднено, а в большинстве случаев и просто невозможно.

Описываемая в настоящем параграфе система непрерывного слежения за нормативами основана на последовательной **агрегации** первичных нормативов, рождающихся на предприятиях, в конструкторских и технологических бюро. В системе фигурируют нормативы трех основных видов. Это прежде всего **текущие нормативы**, которые характеризуют действующую в данный момент технологию. Второй вид нормативов — это так называемые **прогрессивные нормативы**, характеризующие уже **разработанные** и готовые к внедрению процессы. Этот класс нормативов может разбиваться на несколько подклассов, в зависимости от трудности получения подробной документации на соответствующую технологию (своя или зарубежная) и масштаба работ, необходимых для ее внедрения. Третий вид нормативов — **перспективные нормативы**, характеризующие (более или менее ориентировочно) те процессы и конструкции, разработка которых начата (но еще не закончена) или может быть начата при соблюдении определенных условий. Они также могут разделяться на несколько подклассов.

Текущие нормативы прямых затрат (продуктов и ресурсов) определяются предприятиями (или объединениями) по всем выпускаемым ими продуктам в **самой подробной номенклатуре**, имеющейся на уровне обмена между предприятиями (объединениями). Эти нормативы накапливаются в главных вычислительных центрах (ГВЦ) соответствующих министерств и используются (с учетом прогрессивных нормативов) для нужд текущего планирования и управления¹. В обязанность предприятий (объединений) входит оперативная корректировка текущих нормативов при любых изменениях, влияющих на нормативы (окончание реконструкции предприятия, установка нового оборудования, изменение состава выпускаемых изделий, технологические и конструктивные усовершенствования и т. п.).

Для большей объективности нормативной информации целесообразно иметь специальную систему контроля. Это прежде всего специальная система государственных контролеров на предприятиях (в первую очередь на крупных). Поскольку нормативы имеют определяющее влияние на цены, такая контрольная служба может

¹ Напомним, что текущее управление идет через оперативную корректировку планов.

быть создана в Госкомитете цен. Вторая система контроля организуется производственными министерствами на базе систематического сравнения текущих нормативов на родственных предприятиях данной отрасли. Третья система — сравнение текущих нормативов на родственных предприятиях, принадлежащих различным ведомствам, а также с доступными для сравнения персодовыми зарубежными нормативами.

Поскольку в случае текущих нормативов могут (и должны) быть выработаны строго определенные процедуры для их вычисления, контроль нормативов может быть формализован. Для его осуществления не требуется глубоких специальных знаний конструкторского и технологического плана. Поэтому только что описанные **внешние** формы контроля для текущих нормативов оказываются достаточными.

В случае прогрессивных нормативов дело обстоит совершенно иначе. Не будучи специалистом в соответствующей области техники, не следя постоянно за всеми технологическими, конструкторскими и **организационными** новинками в этой области, невозможно ни определять, **ни контролировать** такие нормативы. Поэтому механизм выработки первичных прогрессивных нормативов должен обязательно включать в себя **внутренние** механизмы взаимодействия различных служб в рамках предприятия, объединения, системы завод — КБ и т. п.

Подобный механизм должен основываться прежде всего на четком распределении служб и отдельных лиц (в рамках предприятия или объединения) на две группы. Первая группа несет ответственность за текущее производство и стимулируется в первую очередь за его успехи. Вторая группа несет ответственность за технический прогресс и стимулируется прежде всего за уровень **обоснованных** прогрессивных норм.

Обоснованность норм, о которой идет речь, состоит, во-первых, в наличии конкретных предложений и оценки мероприятий, которые надо провести для перехода на соответствующие прогрессивные нормы. Во-вторых, эти нормы (вместе с соответствующими им предложениями) должны быть утверждены не только руководителем группы служб, ответственных за технический прогресс, но и руководителем группы служб, ответственных за текущее производство. Подобное двойное утверждение

лицами, представляющими различные интересы, должно способствовать тому, чтобы утвержденные (первичные) прогрессивные нормы были бы наиболее объективными, т. е. достаточно прогрессивными и вместе с тем достаточно реалистическими. В случае наличия непримиримых расхождений между руководителями двух групп служб окончательное решение об утверждении норм выносится государственным контролером.

Для проверки правильности прогрессивных норм, т. е. их соответствия отечественному и зарубежному научно-техническому уровню, целесообразно иметь еще одну высокопрофессиональную службу контроля. Такая служба, опирающаяся на определенный круг институтов и лиц (в системе Академии наук, Высшей школы и т. п.), должна осуществлять **периодические** проверки прогрессивных норм с помощью (а во многих случаях и по инициативе) **постоянных** государственных контролеров.

Следует еще заметить, что кроме **различных** систем **основного** стимулирования две рассматриваемые группы служб должны иметь и **общую** систему **дополнительного** стимулирования. Она предполагает выплату специальных премий за реализацию разработанных предложений и фактическое достижение того или иного уровня прогрессивных норм, т. е. превращения этих норм из прогрессивных в текущие. Когда этот уровень достаточно высок, система дополнительного стимулирования должна предусматривать возможность превышения средствами дополнительного стимулирования средств основного стимулирования. Высота уровня достигнутых норм определяется в результате их сравнения с передовыми отечественными и зарубежными текущими и прогрессивными нормами, а также в результате упомянутых выше периодических проверок.

Как уже отмечалось ранее, прогрессивные нормативы могут разделяться на несколько подклассов. Целесообразно прежде всего выделить нормы, которые можно достичь в результате мероприятий, проводимых силами самого предприятия. Второй подкласс составят нормы, которые можно достичь в результате мероприятий общепромышленного плана. Третий подкласс составят нормы, для достижения которых требуются мероприятия общегосударственного масштаба. Возможна и более детальная разбивка норм на подклассы.

Прогрессивные нормативы могут основываться не только на технологических усовершенствованиях, относящихся к нынешней номенклатуре выпускаемых продуктов, но и могут использовать возможности изменения этой номенклатуры, изменения организационных структур, системы стимулирования и т. п.

Все виды прогрессивных норм, вырабатываемые (и постоянно обновляемые) предприятиями, НИИ и КБ, вместе с оценками сроков и ресурсов, необходимых для их достижения, направляются в соответствующие министерства и накапливаются в их ГВЦ.

В зависимости от масштаба мероприятий (требуемых ресурсов) и предполагаемых сроков реализации, соответствующие прогрессивные нормативы используются на разных уровнях планирования (внутриминистерском или общегосударственном) для планов различных видов (от текущих до перспективных). Кроме того, накапливаемые в министерствах предложения по мероприятиям общегосударственного масштаба служат дополнительным источником для формирования новых и уточнения действующих общегосударственных программ.

Основным источником формирования и постоянного обновления системы перспективных нормативов является непрерывно действующая система прогнозирования научно-технического прогресса, описанная в гл. II. Эта система оценивает сроки и ресурсы, необходимые для создания технологических процессов и конструкций с определенными нормативными показателями, которые и составляют нужную нам систему перспективных нормативов.

В гл. II упор делался на научно-технические результаты, получение которых в будущем возможно, но работа над которыми сегодня может быть и не начата, но всяком случае в **опытно-конструкторском** плане. Сейчас мы подчеркнем еще одну важную сторону описанной в гл. II прогнозной системы. Речь идет о научно-технических результатах (технологиях, конструкциях и т. д.), получивших **безусловные** оценки для их достижения. В их число включаются прежде всего те результаты, опытно-конструкторские разработки которых уже ведутся. Таким образом, система прогнозирования научно-технического прогресса включает в себя **систему непрерывного слежения за ходом опытно-конструкторских разработок, имеющих межведомственное значение.**

Кроме подобной системы прогнозирования, имеющей межведомственный характер, источником формирования системы перспективных нормативов могут и должны служить опытно-конструкторские и научно-исследовательские работы внутриведомственного масштаба.

Следует подчеркнуть еще одно обстоятельство. Как в системе прогнозирования, так и в системе слежения за уже ведущимися научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами прежде всего оцениваются сроки окончания тех или иных проектов и создания головных образцов. Иными словами, производится ориентировочная оценка срока перевода перспективных нормативов в прогрессивные нормативы.

Для того чтобы оценить необходимые ресурсы и сроки работ по широкому последующему внедрению, обеспечивающему фактический переход экономики на эти нормативы, система научно-технического прогнозирования должна быть дополнена системой экономического прогнозирования и перспективного планирования. Получая данные о перспективных нормативах и ожидаемых сроках их перевода в прогрессивные (т. е. сроках создания проекта и его первой практической апробации), предприятия, объединения и министерства составляют перспективные планы-программы своего развития. В них ориентировочно оцениваются сроки и ресурсы, необходимые для перевода сегодняшних прогрессивных норм в текущие.

Разумеется, в системе прогнозирования невозможно следить за будущими нормативами по всей номенклатуре продуктов. Но поскольку речь идет лишь об ориентировочных оценках, этого и не нужно. В самом деле, предположим, например, что в системе прогнозирования появляется возможность создания принципиально новой технологии проката черных металлов. Ориентировочные нормативы, ожидаемые в этой технологии, будут, очевидно, относиться к **большой группе** (десяткам, а может быть, и сотням тысяч) конкретных продуктов (сортомерам проката с учетом различия в марках стали), которые будут производиться по этой технологии. Иными словами, в процессе прогнозирования происходит параллельно и разумная (соответствующая направлению научно-технической мысли) агрегация продуктов.

Следует подчеркнуть отличие предлагаемой концепции классификации норм от общепринятой. Обычно в основу классификации кладется предполагаемое время достижения норм. Таким образом, наряду с текущими нормами появляются нормы ближней, средней и дальней перспективы все с более далекими сроками реализации. В нашем случае дело обстоит иначе. Отличие перспективной нормы от прогрессивной состоит в том, что для реализации первой необходим дополнительный этап опытно-конструкторских работ, а не просто внедрение готового проекта. Может оказаться поэтому, что за счет соответствующих **плановых** решений перспективная норма будет достигнута **ранее**, чем прогрессивная. Но это именно то, что необходимо для эффективного управления научно-техническим прогрессом.

Для осуществления процесса сбалансированного оптимального планирования описанная система сбора и **постоянного обновления** нормативов в ГВЦ министерств должна действовать **непрерывно**. Это означает, что необходимая для обновления норм информация должна поступать в ГВЦ не тогда, когда составляется или пересматривается план, а **в момент рождения** этой информации на предприятиях, в НИИ и КБ. Иными словами, не необходимость составления или корректировки плана обуславливает обновление нормативной информации, а, наоборот, накопление изменений нормативов инициирует обновление планов.

Второй непрременной составной частью описываемой системы является непрерывно действующая система агрегации и дезагрегации нормативов на уровне ГВЦ министерств и ГВЦ Госплана СССР, Госнаба СССР и ГВЦ Госпланов союзных республик. Поскольку приемы агрегации и дезагрегации остаются неизменными, мы опишем подробно только одну из систем, а именно систему взаимодействия ГВЦ министерств с ГВЦ Госплана СССР.

Отличительной особенностью системы является прежде всего то, что номенклатура агрегированных продуктов на уровне Госплана СССР является переменной. Наличие специальных языковых средств и специализированной операционной системы обеспечивает возможность создания любых агрегированных групп при условии сохранения общей размерности модели в некоторых

заранее заданных пределах. Эти пределы определяются прежде всего возможностями ЭВМ, а также характером предполагаемых расчетов: если предполагается провести много циклов оптимизации, размерность модели соответственно уменьшается, чтобы общее время вычислений оставалось в разумных пределах. Для машин второго поколения (среднего быстродействия) количество агрегированных продуктов целесообразно было выбирать в пределах от 1000 до 2000. Для высокоскоростных ЭВМ третьего и последующих поколений размерность модели может обеспечивать наличие многих десятков тысяч агрегированных продуктов.

Для проведения агрегации (которая может выполняться не в один, а в несколько туров) ГВЦ Госплана СССР передает в ГВЦ министерств длину планового периода T , предполагаемые сроки создания новых мощностей и реконструкции старых (в рамках межведомственных программ), которые обеспечивают переход на те или иные новые нормы, а также способ агрегации, т. е. группы агрегированных продуктов и ресурсов. Как уже отмечалось выше, ГВЦ министерств располагают (в совокупности) нормативами прямых затрат продуктов a_{ij} и ресурсов b_{kj} по самой подробной номенклатуре межминистерского обмена.

Пусть продукты x_1, x_2, \dots, x_N этой номенклатуры агрегированы в n групп:

$$\bar{x}_1 = (x_1, x_2, \dots, x_{i_1}), \bar{x}_2 = (x_{i_1+1}, x_{i_1+2}, \dots, x_{i_2}), \dots, \bar{x}_n = (x_{i_{n-1}+1}, x_{i_{n-1}+2}, \dots, x_{i_n}),$$

а ресурсы y_1, \dots, y_M в m групп $\bar{y}_1 = (y_1, y_2, \dots, y_{k_1}), \bar{y}_2 = (y_{k_1+1}, y_{k_1+2}, \dots, y_{k_2}), \dots, \bar{y}_m = (y_{k_{m-1}+1}, y_{k_{m-1}+2}, \dots, y_{k_m})$.

Обозначим, через A_{pr} и B_{qr} нормативы прямых затрат продуктов и ресурсов в агрегированной номенклатуре. Тогда

$$A_{pr} = \sum_{i=i_{p-1}+1}^{i_p} \sum_{j=j_{r-1}+1}^{j_r} \alpha_j^{(r)} a_{ij} \quad (p, r = 1, 2, \dots, N); \quad (\text{IV. 1})$$

$$B_{qr} = \sum_{k=i_{q-1}+1}^{i_q} \sum_{j=j_{r-1}+1}^{j_r} \alpha_j^{(r)} b_{kj}$$

$$(k = 1, 2, \dots, M; j = 1, 2, \dots, N). \quad (\text{IV. 2})$$

Здесь через $\alpha_j^{(r)}$ обозначены коэффициенты, показывающие относительную долю выпуска первичного продукта j в выпуске агрегированного продукта r :

$$\alpha_j^{(r)} = \frac{X_j}{x_{i_{r-1}+1} + x_{i_{r-1}+2} + \dots + x_{i_r}} \quad (i_{r-1} < j \leq i_r; \quad r = 1, 2, \dots, n). \quad (\text{IV. 3})$$

Эти относительные доли в принципе также должны были бы указываться ГВЦ Госплана СССР. Однако ввиду того, что план считается лишь с определенной степенью точности, в большинстве случаев можно пользоваться упрощенным методом задания коэффициентов $\alpha_j^{(r)}$. В основном их значения берутся ГВЦ министерств из прошлого планового периода (с экстраполяцией их возможных изменений), а для тех из них, в которых наблюдается резкое изменение сложившихся пропорций, соответствующие значения задаются ГВЦ Госплана СССР. Это может быть сделано в результате решения уравнений межотраслевого баланса, в которых подверженные большим изменениям первичные продукты выделены (деагрегированы) из соответствующих агрегированных продуктов. При выполнении процедур агрегации агрегируемые продукты должны быть выражены в одинаковых единицах измерения. Поэтому в состав математического обеспечения описываемой системы должны входить программы пересчета выпусков продуктов из одних единиц измерения в другие.

Еще одно замечание в отношении описываемой системы касается способа подсчета (в ГВЦ министерств) первичных нормативов a_{ij} и b_{kj} . Имея ориентировочные сроки ввода новых мощностей, меняющих нормативы, можно определить относительную долю выпуска того или иного продукта по новой технологии в общем выпуске этого продукта за плановый период T . Далее можно применить следующий прием: считая одни и те же продукты, выпускаемые с помощью разных технологий, **различными продуктами**, можно по формулам (IV. 1) и (IV. 2) определить (средние на период T) нормативы на производство подобных «псевдоагрегированных» продуктов, которые и будут искомыми нормативами для соответствующих первичных продуктов. По-

сколькx настоящей агрегации при этом не производится, внешние суммы в этих формулах вырождаются до одного слагаемого.

Некоторые особенности в систему подсчета и агрегации нормативов вводят процессы, выпускающие несколько продуктов одновременно (электроэнергия и тепло, сода и хлор и т. п.). В этом случае в реальной экономике, как правило, удается выделить главный продукт и отождествить интенсивность процесса с объемом выпуска этого продукта. Столбец технологической матрицы \bar{A} (см. § 1 гл. III) задает выпуски (со знаками плюс) и затраты (со знаками минус) в единицу времени при единичной интенсивности процесса. Затраты (взятые со знаком плюс) можно считать нормативами прямых затрат для данного процесса.

Существуют два основных подхода к операциям с этими нормативами: во-первых, их можно отнести только на главный продукт (если в последующем не надо сводить балансы по побочным продуктам); во-вторых, можно оперировать не продуктами, а процессами. При агрегации процессов (без агрегации продуктов) соответствующие им векторы-столбцы матрицы \bar{A} образуют взвешенную сумму с весами $k_i = \frac{y_i}{\sum y_i}$, где y_i — интенсивность процесса i .

§ 2. МЕТОДЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА

Применительно к межотраслевому балансу традиционные методы оптимизации на основе линейного программирования обнаруживают ряд существенных недостатков. Прежде всего многие важные для практики постановки задач оптимизации оказываются нелинейными даже в случае использования простейших линейных моделей межотраслевого баланса типа затраты — выпуск. Далее при использовании методов линейного программирования (как и других традиционных методов оптимизации) предполагается, что область определения оптимизируемой функции должна быть задана до начала решения задачи.

В случае межотраслевого баланса это означает, что все мыслимые технологии должны быть описаны с по-

мощью соответствующих технологических коэффициентов и включены в постановку задачи. В результате мы сталкиваемся по меньшей мере с тремя существенными недостатками.

Во-первых, происходит неоправданное увеличение размерности задачи, а значит, и сложности ее решения. Во-вторых, необходимость заблаговременной заготовки всех технологических вариантов приходит в противоречие с непрерывностью развития научно-технической мысли. Появление новых технологических возможностей после решения оптимизационной задачи приводит к необходимости ее решения фактически заново. В-третьих, решение традиционной оптимизационной задачи дает очень мало информации для **направления** научно-технической мысли на поиск наиболее эффективных технологических вариантов. Иными словами, оптимизируя экономику применительно к сложившемуся направлению развития научно-технического прогресса, традиционные методы мало что дают для оптимизации путей развития самого научно-технического прогресса. А ведь именно последнее особенно в условиях научно-технической революции часто оказывается решающим.

Чтобы избежать указанных недостатков, автором был предложен новый метод оптимизации задач межотраслевого баланса, который можно назвать **последовательным**. Его сущность состоит в том, что после составления какого-то варианта плана в результате **диалога ЭВМ** и коллектива специалистов производится последовательное, шаг за шагом, его улучшение. При этом на каждом шаге результаты вычислений, полученные ЭВМ, используются для направления мысли специалистов на поиск наиболее эффективных технологических вариантов и других возможностей улучшения плана (изменение состава выпускаемых продуктов, использование возможностей внешней торговли и т. п.).

Помимо устранения перечисленных выше недостатков, метод последовательной оптимизации дает еще два дополнительных преимущества. Во-первых, он позволяет сравнительно просто соединить в единой задаче оптимизации обычный балансовый и программно-целевой подход к планированию. Во-вторых, он дает возможность перехода к **непрерывному** планированию, при котором происходит **непрерывное пролонгирование**, а ес-

ли необходимо, и коррекция раз составленного плана. Тем самым на основе единого метода решаются не только задачи планирования, но и задачи **текущего управления** экономикой.

Для описываемого метода характерна несколько необычная (с точки зрения математической экономики) постановка оптимизационной задачи¹. Суть ее состоит в том, что сначала составляется напряженный вариант плана, **не сбалансированный по ресурсам**. Сущность же оптимизации состоит в том, чтобы за счет научно-технического прогресса (новой технологии) и других мер последовательно уменьшать невязки по ресурсам, получив в конце концов полностью сбалансированный план с минимально возможным сокращением (а быть может, и с увеличением) заданий по чистому выпуску.

Исходным материалом для составления плана являются задания по чистому выпуску (финишному продукту) в заданной агрегированной номенклатуре на рассматриваемый плановый период T . Источником таких заданий могут явиться как национальные программы (основные и обеспечивающие), так и прямо (вне программ) определяемые общественные потребности (например, потребности в хлебе, мясе, обуви, одежде и т. п.).

Напомним, что в результате работы системы предплановых ориентировок программы можно считать в первом приближении привязанными к определенному времени, которое может не обязательно полностью укладываться в пределы рассматриваемого планового периода. Для каждой из таких программ составляется предварительный ориентировочный план ее выполнения как на протяжении периода T , так и за его пределами, если программа выходит за них.

Эти планы доводятся до соответствующих министерств и существующих предприятий.

Всякий этап программ, приводящий к изменению ресурсов (в рассматриваемой агрегированной номенклатуре), представляется в памяти ЭВМ ГВЦ Госплана СССР и соответствующих министерств **в динамическом виде**. Динамичность представления означает, во-первых, возможность автоматической проверки соблюдения необхо-

¹ Нужно отметить в то же самое время, что эта постановка соответствует обычной практике планирования, принятой в Госплане СССР.

димой последовательности выполнения этапов, которая вытекает из соответствующих сетевых графиков. Это дает возможность работающим с ЭВМ (в режиме диалога) специалистам передвигать сроки начала и окончания работ по каждому этапу без опасения расстроить технологическую взаимоувязку этапов. Во-вторых, получив от специалистов предложения по началу и концу работ того или иного этапа, ЭВМ должна выдать **векторы затрат продуктов и ресурсов**¹ (в принятой номенклатуре) для их обеспечения, а также **вектор прироста ресурсов** в результате выполнения этапа. Кроме того, если передвижка срока окончания этапа сказывается на сроке выполнения всей программы (с учетом предплановых ориентировок за пределами рассматриваемого периода T), то ЭВМ должна выдать ориентировочную оценку приращения (положительного или отрицательного) этого срока.

В состав математического обеспечения ЭВМ (в Госплане СССР и в министерствах) должны входить программы, позволяющие быстро подсчитывать (в заданной номенклатуре) вектор \bar{b} запаса ресурсов (ресурсо-часов) на рассматриваемый период T при любых изменениях в сроках реализации этапов программ. То же самое касается технологических коэффициентов (нормативов прямых затрат продуктов и ресурсов), которые также зависят от сроков реализации этапов обеспечивающих программ. О методах вычисления нормативов было рассказано в предыдущем параграфе.

Математическое обеспечение должно также иметь средства для определения полного выпуска и невязок ресурсов для обеспечения заданного чистого выпуска. Что же касается задания по чистому выпуску за рассматриваемый период T , то он формируется автоматически, во-первых, из материально-технического обеспечения тех этапов программ, которые приходятся на период T , а во-вторых, из задания (суммарного или с разбивкой по годам) по внепрограммному общественному потреблению.

Методы, по которым производятся все упомянутые расчеты, являются традиционными и вряд ли нуждаются

¹ В целях упрощения речи мы будем употреблять термин «ресурсы» вместо термина «ресурсо-часы».

в специальном пояснении. К ним не предъявляется, в частности, каких-либо особых требований по быстродействию. Методы последовательной коррекции плана с целью его оптимизации, предназначенные для диалога с человеком, должны обеспечивать достаточную быстроту ответов, учитывать особенности человеческой психологии.

Человек воздействует на рассматриваемую систему с помощью так называемых **элементарных предложений**. Элементарные предложения делятся на **технологические** и **потребительские**. Элементарное технологическое предложение может быть одного из следующих двух основных видов. **Программное** элементарное технологическое предложение состоит в изменении сроков выполнения какого-либо этапа одной из **обеспечивающих** программ национального масштаба, в результате чего приближается или отодвигается время перехода на ту или иную прогрессивную технологию. Второй вид элементарных технологических предложений связан с внепрограммными мероприятиями, меняющими технологические коэффициенты при производстве какого-нибудь **одного** агрегированного продукта. Такие изменения могут производиться за счет проведения различного рода внутриведомственных мероприятий, например относительно небольших реконструкций, замены оборудования, уменьшения потерь, перехода на более прогрессивные конструкции, более целесообразного распределения продукции между имеющимися мощностями и т. п.

Элементарное технологическое предложение в случае его принятия приводит к трем результатам, отражающимся на рассматриваемой модели. Во-первых, происходит изменение нормативов прямых затрат продуктов и ресурсов при производстве **одного** из агрегированных продуктов. Во-вторых, наряду с этим (но не обязательно) может происходить изменение вектора конечного выпуска за рассматриваемый плановый период T . И в-третьих, может происходить изменение вектора ресурсов \bar{b} на период T . Эти изменения в системе делаются автоматически при введении любого предложения подобного рода. Равным образом в случае, если после опробования предложение отвергается, автоматически восстанавливаются старые значения технологических коэффициентов, вектора чистого выпуска и вектора ресурсо-часов.

Аналогичным образом обстоит дело и с потребительскими элементарными предложениями. Они подразделяются на два основных вида. Так называемое **программное** потребительское элементарное предложение состоит в изменении сроков выполнения какого-либо из этапов **основных** программ национального масштаба, направленных на достижение **внеэкономических** целей. Оно приводит к изменению вектора чистого выпуска c и, возможно, вектора ресурсо-часов \bar{b} ¹. Внепрограммные элементарные потребительские предложения могут состоять в изменении вектора внеэкономического потребления (за период T) в результате прямого уменьшения или увеличения плана потребления тех или иных продуктов, или в результате частичной замены одних потребительских продуктов другими. Эти предложения влияют только на вектор чистого выпуска.

Внешняя торговля добавляет еще один вид предложений по **скомпенсированному** изменению планируемых внешнеторговых операций. Изменение состоит в увеличении (или уменьшении) плана **импорта** одних продуктов и соответствующего (на ту же цену) увеличения (или уменьшения) экспорта других продуктов. Если в результате импорта происходит заметное (в макроэкономическом масштабе) изменение технологических коэффициентов или вектора ресурсов, то соответствующее предложение относится к классу технологических, в противном случае — к классу потребительских.

Роль, аналогичную внешней торговле, играют изменения **государственных запасов** (в частности, золотого запаса). Элементарные предложения, касающиеся запасов, могут состоять в изменении государственных запасов каких-либо продуктов в течение планового периода T на ту или иную величину. Предложения, касающиеся внешней торговли и государственных резервов, могут быть объединены, оставаясь при этом элементарными.

Вообще единственное требование, необходимое для того, чтобы предложение считалось элементарным, состоит в том, что оно может изменять технологические коэффициенты **не более чем для одного агрегированно-**

¹ Это может быть в случае социальных программ, направленных на сокращение рабочей недели, изменения пенсионного возраста и т. п.

го продукта. Что же касается векторов чистого выпуска c и ресурсов \bar{b} , то элементарные предложения могут изменять у них **любое число** компонент.

Упомянутое требование связано с особенностями работы диалоговой системы. Дело в том, что система должна оценивать каждое поступающее предложение достаточно быстро, чтобы вносящие предложение специалисты **не потеряли бы интерес** к продолжению диалога с системой. Поскольку обычно внесению предложения предшествует его устное обсуждение, важно, чтобы время ответа системы не было бы больше времени такого обсуждения или, еще лучше, времени естественных (5—10-минутных) перерывов, сопутствующих каждому обсуждению.

Важной особенностью описываемой системы является то, что **коррекция** планов и невязок ресурсов для элементарных предложений производится несравненно быстрее, чем их первоначальное вычисление. Для простоты опишем сначала работу системы применительно к простейшей модели межотраслевого баланса типа затраты — выпуск без возможности совместного выпуска.

Предположим сначала, что речь идет о составлении первоначального варианта плана (в отраслевом разрезе) по n агрегированным позициям на период времени T . В соответствии с описанными выше процедурами для периода T вычисляются вектор c конечного выпуска, вектор \bar{b} наличных запасов ресурсов, а также матрицы A и B нормативов прямых затрат продуктов и ресурсов. Тогда план c^* полного выпуска за период T определится по формуле $c^* = A^*c$, где $A^* = (E - A)^{-1}$ — матрица нормативов полных затрат продуктов. Затраты ресурсов, необходимые для выполнения плана c^* , представятся вектором $b^* = Bc^*$, а **невязки ресурсов** — вектором $d = \bar{b} - b^*$. Отрицательные невязки означают недостаток ресурсов, положительные — их избыток.

Как уже отмечалось выше, для дальнейшей работы по последовательной оптимизации плана план c конечного выпуска должен быть достаточно **напряженным**, чтобы обеспечить нехватку (отрицательную невязку) хотя бы одного из ресурсов. Ресурс b_i , у которого относительный дефицит — $\frac{\bar{b}_i - b_i^*}{\bar{b}_i}$ — самый большой, назовем

критическим. Все дефицитные (с отрицательными невязками) ресурсы упорядочим по убыванию относительного дефицита $-\frac{\bar{b}_j - b_j^*}{\bar{b}_j}$.

Список дефицитных ресурсов (например, прокатных станков, электроэнергетических мощностей, станков определенных типов, рабочих определенных специальностей и т. п.) вместе со значениями их относительных дефицитов выдается ГВЦ Госплана СССР через специальные дисплеи работникам сводного отдела Госплана, а также в соответствующие отраслевые отделы и министерства.

Наряду с дефицитными могут существовать и избыточные ресурсы, которые ранжируются в порядке убывания значений их относительной избыточности $+\frac{\bar{b}_j - b_j^*}{\bar{b}_j}$ и также выдаются по указанным адресам.

Используя списки дефицитных и избыточных ресурсов в качестве эвристической ориентировки, работники Госплана СССР и министерств (возможно с привлечением любых других специалистов) готовят элементарные предложения, направленные на экономию дефицитных и на более интенсивное использование избыточных ресурсов. Главное внимание направляется при этом на экономию критического ресурса¹. Всякое элементарное предложение может вызывать любые приращения Δc и $\Delta \bar{b}$ вектора чистого выпуска c и вектора ресурсов \bar{b} , а также одностолбцовые приращения $\Delta_i A$ и $\Delta_i B$ матриц нормативов прямых затрат продуктов A и ресурсов B . В приращениях $\Delta_i A$ и $\Delta_i B$ только в одном (в данном случае в i -м) столбце могут иметься ненулевые элементы. Без нарушения общности можно предполагать, кроме того, что как матрица A , так и матрица $A + \Delta_i A$ являются вполне продуктивными.

Коррекция плана c^* и вектора невязок ресурсов d в данном случае может использовать предложенную автором простую формулу:

$$\Delta_i A^* = \frac{1}{1-\alpha} A^* \Delta_i A A^*. \quad (IV.4)$$

¹ Теоретически не исключено наличие нескольких критических ресурсов. Однако, поскольку план корректируется дискретными шагами, вероятность такого случая достаточно мала, и мы в дальнейшем исключим его из рассмотрения.

Здесь через $\Delta_i A^*$ обозначено приращение матрицы A^* полных затрат, обусловленное **одностролбцовым** приращением $\Delta_i A$ матрицы прямых затрат A , а через α обозначен элемент матрицы $D_i = A^* \Delta_i A$, стоящий на пересечении строки i и столбца i (можно доказать, что при принятых нами допущениях $\alpha < 1$).

Для элементарного предложения с изменениями Δc , $\Delta \bar{b}$, $\Delta_i A$, $\Delta_i B$ новый план полного выпуска $c^* + \Delta c^*$ может быть теперь получен по формуле

$$c^* + \Delta c^* = (A^* + \Delta_i A^*) (c + \Delta c), \quad (IV. 5)$$

а новый вектор $d + \Delta d$ невязки ресурсов — по формуле

$$d + \Delta d = \bar{b} + \Delta \bar{b} - (B + \Delta B) (c^* + \Delta c^*). \quad (IV. 6)$$

Вычисления по формуле (IV.4) требуют порядка $3n^2$ арифметических операций (сложения и умножения), по формуле (IV.5) — порядка $3n^2$, а по формуле (IV.6) — порядка $2mn$ операций (где m — число агрегированных ресурсов). При больших n мы получаем значительную экономию машинного времени по сравнению с **полным пересчетом** плана. Действительно, при решении линейных уравнений методом Гаусса задача, аналогичная задаче, решаемой формулой (IV.4), потребовала бы порядка n^3 арифметических операций. Даже более экономные итерационные методы требуют, как правило, существенно больших затрат машинного времени. Кроме того, скорость их работы уменьшается при уменьшении **разреженности** (т. е. числа нулей) матрицы A , а такая тенденция имеет место при росте специализации и кооперации, характерном для нынешней эпохи.

При числе продуктов и ресурсов порядка полуторадвух тысяч полный пересчет плана и невязок по формулам (IV.4), (IV.5) и (IV.6) даже на машинах среднего быстродействия производится за 10—20 минут. Кроме того, для **оценки** предложения нужно фактически знать не весь вектор $d + \Delta d$, а лишь знак приращения $\Delta_i d$ невязки критического ресурса, что еще более сокращает требуемые вычисления.

Производя оценку элементарных предложений по изменению невязки критического ресурса, мы получаем

возможность разделить эти предложения на два класса. **Полезными** будем считать те предложения, которые приводят к **уменьшению дефицита** критического ресурса. Все остальные предложения отнесем к классу **бесполезных**. Наряду с элементарными предложениями можно рассматривать и любые их комбинации, которые мы будем называть **составными** предложениями. Указанный выше критерий деления предложений на полезные и бесполезные может быть распространен и на составные предложения, хотя, разумеется, для оценки таких предложений формула (IV.4) уже не годится.

В случае если матрица A при принятии любых предложений остается вполне продуктивной (что всегда будет иметь место в реальных экономических системах), а полный выпуск ни для одного из продуктов не обращается в нуль (что также практически не является ограничением), то имеет место следующий (доказанный автором) результат.

Если составное предложение $(\Delta A, \Delta B, \Delta c)$, состоящее из элементарных чисто технологических предложений $(\Delta_i A, \Delta_i B)$ и чисто потребительских предложений $\Delta_j c$, является полезным, то полезным будет по крайней мере одно из составляющих его элементарных предложений.

Этот результат означает, что при соблюдении сформулированных для него условий оптимизация по минимуму дефицита критического ресурса может осуществляться последовательно путем оценки одних лишь элементарных предложений и принятия тех из них, которые являются полезными. При этом в результате подобного процесса (с одним дополнительным условием) **гарантировано** достижение абсолютного оптимума, достигаемого на любом составном предложении.

В самом деле, пусть P_1, P_2, \dots, P_r — полный список имеющихся элементарных предложений, а абсолютный оптимум достигается на составном предложении $P = (P_{i_1}, P_{i_2}, \dots, P_{i_l})$.

По доказанному, просматривая исходный список, мы обязательно натолкнемся на некоторое полезное предложение P_j . Правда, не доказано, что оно обязательно принадлежит P , но тем не менее, будучи полезным, оно приближает нас к оптимуму. Дополнительное условие, о котором шла речь, состоит в том, что, приняв очеред-

ное полезное предложение (в данном случае P_j), мы включаем в список обратное ему предложение \bar{P}_j и не исключаем из списка предложения, оказавшиеся при первом опробовании бесполезными. В новом списке $P_1, \dots, P_{j-1}, \bar{P}_j, P_{j+1}, \dots, P_r$ оптимум снова достигается на предложении P . Поэтому в новом списке опять найдется полезное элементарное предложение, которое еще ближе приблизит нас к оптимуму. Поскольку число комбинаций элементарных предложений конечно, то рано или поздно указанный процесс приведет к тому, что в последнем варианте списка (состоящего из предложений P_i и их отрицаний) не найдется ни одного полезного элементарного предложения.

В силу сформулированного выше результата это может быть лишь в том случае, если мы достигли абсолютного оптимума.

Разумеется, в диалоговой системе процесс выбора очередного проверяемого на полезность элементарного предложения производится людьми. Будучи направляем человеческой интуицией, процесс поиска оптимума не будет, как правило, осуществлять многократный последовательный перебор. Полный **однократный** перебор **заключительного** списка предложений может потребоваться лишь в том случае, когда хотят удостовериться в достижении абсолютного оптимума. В случае наличия большого числа предложений достижение абсолютного оптимума может не произойти просто в силу нехватки машинного времени. При этом существенны два обстоятельства. Во-первых, то, что мы все же сделали определенное число шагов по приближению к оптимуму, каждый из которых дал реальный эффект (экономии критического ресурса). Вторым обстоятельством является возможность неограниченного улучшения результата оптимизации при увеличении мощности используемых ЭВМ.

Следует заметить, что указанный выше результат не дает гарантий того, что предложение P_j , принятое на каком-то этапе процесса приближения к оптимуму, не будет отвергнуто на последующих этапах (т. е. что не будет принято предложение \bar{P}_j). Однако гарантировано, что каждое из этих решений (т. е. принятие на каком-то этапе предложения P_j и отказ от него на одном

из последующих этапов) приведет к экономии расхода критического ресурса. Если эта экономия достаточно велика, то есть определенная надежда, что соответствующие предложения будут сделаны специалистами, ведущими диалог с ЭВМ.

Прием последовательной оптимизации плана можно с успехом применять и для более сложных моделей межотраслевого баланса, в частности, для моделей, учитывающих возможность совместного выпуска. Более того, на эти модели можно перенести большую часть описанных выше конкретных методов расчета.

Пусть модель с совместным выпуском задана технологической матрицей \bar{A} и матрицей \bar{B} прямых затрат ресурсов (см. § 2 гл. III). Считая в каждом процессе с совместным выпуском один из продуктов главным, мы всегда можем агрегировать в один процесс все процессы с общим главным продуктом. В таком случае число процессов N будет не больше числа продуктов n . Обозначим через y вектор интенсивностей агрегированных процессов, через \bar{c} — вектор фактического чистого выпуска, а через c — вектор чистого выпуска, необходимый для удовлетворения потребностей во всех финишных продуктах. Тогда

$$\bar{A}y = \bar{c} \geq c. \quad (IV.7)$$

В результате принятого способа агрегации для реальной экономики все N столбцов матрицы \bar{A} можно считать линейно-независимыми. Естественно также предполагать, что N из n неравенств $\bar{c}_i \geq c_i$ для компонент векторов \bar{c} и c являются равенствами. Этого всегда можно добиться уменьшением интенсивности производства, что должно быть, разумеется, сделано, если это не приводит (как в данном случае) к уменьшению удовлетворения заданных потребностей c . Соответствующую равенствам систему M_1 номеров i будем называть **базой**.

Выбирая теперь строки матрицы \bar{A} , соответствующие равенствам $\bar{c}_i = c_i$, мы построим неособенную неотрицательную матрицу \bar{A}_1 . Обозначим через c_1 вектор, составленный из тех компонент вектора c , для которых имеет место равенство $\bar{c}_i = c_i$. Тогда

$$\bar{A}_1 y = c_1 \quad \text{и} \quad y = \bar{A}_1^{-1} c_1. \quad (IV.8)$$

Легко показать, что в определенных пределах для рассматриваемого случая можно использовать формулы (IV.4), (IV.5) и (IV.6), считая, что $\overline{A}_1 = A$; $\overline{B} = B$; $\overline{A}_1^{-1} = A^*$; $c_1 = c$; $y = c^*$. Пределы, о которых идет речь, означают необходимость при пользовании формулами (IV.4), (IV.5), (IV.6) оперировать только такими элементарными предложениями, которые не меняют исходной базы номеров.

Условие, необходимое и достаточное для неизменности базы, состоит в том, что вектор интенсивностей y , полученный по формуле (IV.8), должен удовлетворять неравенству $\overline{A}y \geq c$. Всякий раз, когда принятие предложения нарушает это условие, происходит перемена базы, и новый план $y = c^*$ нужно находить не по формулам (IV.4), (IV.5), а с помощью прямого решения неравенств $\overline{A}y \geq c$ так, чтобы не менее N из этих неравенств обращались в равенства.

Экономический смысл подобного изменения базы очевиден. Продукты, номера которых соответствуют базе, являются для экономики основными и определяющими. Остальные же продукты, хотя в какой-то мере и полезны, не могут быть полностью использованы (даже с учетом внешней торговли). Их производство в количествах, превышающих спрос, объясняется особенностями основного производства, для которого они, таким образом, играют роль побочных продуктов и даже зачастую просто отходов. Поскольку на практике различие между главными и побочными продуктами улавливается обычно из соображений чисто качественного характера, в диалоговых системах момент изменения базы, равно как и сама новая база, будут, как правило, указываться ведущими диалог специалистами. Поэтому вместо решения системы неравенств $\overline{A}y \geq c$ достаточно будет решать систему уравнений $\overline{A}_2 y = c_2$ в новой базе M_2 , указанной специалистами.

Следует отметить, что, хотя мы используем линейные модели, приведенные постановки задач оптимизации являются в общем случае нелинейными. Причина возникновения нелинейности заключается прежде всего в том, что переход на новую технологию связывается с изменением значения вектора чистого выпуска, а также с изменением вектора запаса ресурсов.

§ 3. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ПЛАНИРОВАНИЯ

Детальную систему планирования на основе методов последовательной оптимизации балансов в отраслевом и территориальном разрезе целесообразно использовать как при составлении пятилетних, так и годовых планов. При этом годовые планы целесообразно пролонгировать на месяц по истечении каждого очередного месяца текущего года (или хотя бы квартала), а пятилетние планы — на год по истечении каждого года текущей пятилетки. В процессе такого пролонгирования происходит, как правило, не только составление плана для вновь добавляемого временного промежутка (месяца или года), но и разумное корректирование ранее составленных планов на предшествующий этому промежутку отрезок времени.

Таким образом осуществляется **непрерывное планирование**, при котором **в любой момент времени** имеется годовой план работы на год (точнее на срок от 11 до 12 месяцев) вперед и пятилетний план на пять лет (точнее на срок от 4 до 5 лет) вперед¹. За пределами пятилетки достаточно детальные планы имеются лишь применительно к программам (как основным, так и обеспечивающим). Детальность планов программ означает, что их отдельные элементы распределены между министерствами и территориальными планирующими органами (госпланы республик, облпланы и горпланы), все эти элементы взаимосвязаны в смысле фиксации (в виде сетевых графиков) последовательности их выполнения, определены конкретные исполнители этих элементов (крупные предприятия, объединения, строительные тресты и т. п.), подсчитаны (по крайней мере в агрегированной госплановской номенклатуре) необходимые ресурсы и материально-техническое снабжение этих элементов и, наконец, **ориентировочно** определены сроки предстоящих работ по фактической реализации каждого программного элемента.

¹ Разумеется, вместо пяти лет может быть выбран и другой срок примерно того же порядка, например, шесть или семь лет. Годовой же срок целесообразен в связи с естественным чередованием времен года.

Что же касается балансовой взаимоувязки всех программ, равно как и заданий по обеспечению общественных потребностей, не охваченных программами, то она за пределами пятилетки делается, как показано ниже, фактически лишь на уровне предплановых ориентировок. Как уже отмечалось в гл. III, в рамках системы предплановых ориентировок определяется также ориентировочный срок достижения поставленных обществом внешнеэкономических целей.

Следует особо подчеркнуть два обстоятельства, касающиеся программ. Прежде всего, хотя в момент составления программы плановые показатели (например, необходимые ресурсы) определяются для всех ее элементов **на полный период действия программы**, точность их определения может быть различной. Например, программа может предусматривать в качестве одного из своих элементов строительство металлургического завода с **принципиально новой технологией**. Разумеется, в программе должны быть предусмотрены соответствующие научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы для фактического создания такой технологии, а затем работы по проектированию завода. Более или менее точные данные о ресурсах, требующихся для строительства завода, будут получены лишь **после окончания** этих работ. Речь же идет о том, чтобы иметь эти данные (пусть весьма ориентировочные) **к началу реализации программы** (а следовательно, и соответствующих научных и проектных разработок). Их можно получить поэтому только из системы научно-технического прогнозирования, а в дальнейшем они должны все время **непрерывно** уточняться. Поскольку определение необходимых плановых показателей для элементов программ сводится к нахождению соответствующих нормативов, для их исчисления и непрерывного уточнения должны быть использованы механизмы, описанные в § 1 настоящей главы.

Второе замечание касается механизма пополнения системы новыми программами. Предположим, что когда основной комплекс программ составлен и уже несколько лет идет его выполнение, возникает необходимость осуществить еще одну программу (или несколько программ), например программу создания постоянной обитаемой станции на Марсе. Предположим, что ранее

составленный комплекс программ завершался (ориентировочно) к 1990 г., а новая программа, в силу причин чисто технологического (а не экономического) плана может быть реализована в лучшем случае к 1995 г. В таком случае осуществляется пролонгирование всего комплекса программ и системы внеэкономических целей до нового срока, который определяется из системы предплановых ориентировок.

Вообще система предплановых ориентировок на перспективу должна работать непрерывно. Помимо появления новых целей и программ пересчет ориентировки по перспективному плану должен делаться еще в ряде случаев: во-первых, при каждом очередном пролонгировании пятилетнего плана, во-вторых, при достаточно крупных изменениях количественных показателей, связанных с целями¹ (например, уменьшение объема заданий по жилью и увеличение по личному транспорту), в-третьих, при крупных нормативных изменениях в программах (например, при выяснении, что первоначальные оценки ресурсов, необходимых для какой-либо крупной стройки, были занижены вдвое).

Как уже отмечалось в гл. III, для системы предплановых ориентировок используется в основном метод экстраполяции агрегированных нормативов. В § 1 настоящей главы разобраны недостатки этого метода. Следует, однако, учитывать, что в описываемой системе моделей система предплановых ориентировок работает в условиях постоянного наличия детального плана на предстоящие 4—5 лет. Поэтому экстраполяция производится не только и не столько на основании прошлых тенденций, сколько на основании тенденций, планируемых для обозримого будущего (в данном случае на 4 года вперед). Кроме того, работая, как и все другие плановые системы, в диалоговом режиме, система предплановых ориентировок может также использовать ручную корректировку нормативов. Такая корректировка необходима в случае, если комплекс обеспечивающих программ предусматривает на какой-то срок резкое изменение технологии в отраслевом масштабе и, следова-

¹ Это может происходить в результате изменения международного положения, новых открытий, изменений потребительских вкусов и т. п.

тельно, изменение тенденций движения соответствующих агрегированных нормативов.

В § 1 гл. III было показано, каким образом из статических моделей типа затраты—выпуск определяется набор наиболее прогрессивных технологий. Для каждой из таких технологий составляются ориентировочные варианты обеспечивающих программ, которые предусматривали бы перевод (полный или частичный) соответствующей отрасли на новую технологию.

Отбор вариантов может быть проведен на динамических моделях, описанных в гл. III. Более целесообразно, однако, использовать для этого методы предыдущего параграфа. Задача решается тем, что для периода T , охватываемого **перспективным** планом, применяется метод последовательной оптимизации, в котором в качестве критического ресурса выбирается общий объем трудовых затрат за период T , а вектор чистого выпуска формируется из потребностей основных и **принятых вариантов** обеспечивающих программ, а также внепрограммных общественных потребностей за весь период T .

В качестве нормативов прямых затрат выбираются **средние** за период T значения (с учетом закона изменения, выведенного на основе экстраполяции). Предположим сначала, что обеспечивающие программы национального масштаба в планах отсутствуют¹. В таком случае экстраполяция будет сделана лишь на основе прошлых тенденций и тенденций, которые представляют собой следствие мероприятий отраслевого масштаба, планируемых на текущую пятилетку. Поскольку срок T достаточно велик (20 лет, а может быть, и больше), то степень агрегации продуктов должна быть увеличена по сравнению с госплановскими моделями для годовичного и даже пятилетнего планирования.

Все виды трудовых затрат, разбитые в 5-летних планах по видам профессий, объединяются в общую сумму трудовых затрат. Соответствующие нормативы прямых трудовых затрат также экстраполируются и усредняются по всему периоду T . Далее из плана с чистого выпуска описанными в § 1 гл. III и § 2 настоящей главы методами получается вектор интенсивностей y или план полного

¹ В силу непрерывности планирования такой случай может иметь место только в начале процесса освоения системы.

выпуска c^* . Матрица B нормативов прямых затрат ресурсов сводится в данном случае к вектору нормативов прямых трудозатрат. Скалярное произведение вектора B на вектор y (или c^*) определит полные трудозатраты b_1 за период T . Сравнивая их с общим объемом \bar{b}_1 наличных трудовых ресурсов за тот же период (с учетом демографического прогноза и социальных программ, направленных на увеличение досуга людей), мы получаем возможность уточнить длину периода T .

Поскольку период T определялся в динамической модели системы предплановых ориентировок близкими методами, нет оснований считать, что новая оценка \bar{T} длины этого периода будет сильно отличаться от старой. Поэтому для наших целей мы можем находить \bar{T} из пропорции

$$\bar{T} : T = b_1 : \bar{b}_1. \quad (IV.9)$$

Теперь для уменьшения трудозатрат b_1 , а значит, и оценки T времени для достижения поставленных внеэкономических целей можно применить метод последовательной оптимизации, описанный в предыдущем параграфе. В качестве элементарных предложений здесь выступают прежде всего подготовленные варианты обеспечивающих программ.

Напомним, что эти варианты являются **ориентировочными**, т. е. они прорабатываются на уровне агрегации, принятом в перспективном плане. Поэтому, используя данные научно-технического прогноза, уже в ходе работы по оптимизации перспективного плана можно оперативно готовить и проверять новые варианты обеспечивающих программ. После окончания процесса оптимизации соответствующий набор полезных предложений (вариантов обеспечивающих программ) оказывается включенным в план.

Экономический смысл полученного результата ясен: в план включаются все обеспечивающие программы, для которых **полные** трудозатраты, необходимые для выполнения программ, с **избытком** перекрываются суммарной экономией трудозатрат **на протяжении периода T** , получаемой в результате их выполнения. Это обстоятельство накладывает определенные ограничения на соотношение длины периода T и сроков реализации t_i обеспечивающих программ. Помимо очевидного соотношения

$\max t_i \leq T$ нужно принять во внимание еще следующее соображение. Если обеспечивающая программа продолжительности t такова, что она начинает давать эффект лишь после ее полного завершения, то необходимо определенное время после ее окончания, чтобы до конца периода T можно было бы получить эффект, перекрывающий расходы на программу. Иными словами, **время окупаемости программы** должно быть меньше, чем $T - t$.

На практике, как уже указывалось в гл. II, программы обычно строятся так, чтобы они начинали давать отдачу при выполнении определенных их этапов часто задолго до полного окончания программы. Начиная с некоторого момента $t_0 < t$, который мы назовем (**временным**) **лагом**, программа начинает работать по принципу **самоокупаемости**. Это означает, что для любого момента времени $t_1 > t_0$ суммарная экономия трудозатрат в результате действия выполненных к этому моменту этапов программы превосходит суммарные трудозатраты (прямые и косвенные в материалах и оборудовании), потраченные к этому моменту на реализацию программы. Для того чтобы в результате последовательной оптимизации не упустить ни одну из возможностей **в классе самокупаемых программ**, достаточно, чтобы период перспективного планирования T был бы не меньше времени осуществления любой из возможных обеспечивающих программ. Для несамокупаемых программ (или несамокупаемых этапов программ) время их реализации должно, как правило, быть существенно меньше периода T .

Из приведенных соображений можно оценить целесообразную **минимальную** длину периода перспективного планирования T . Типичным примером несамокупаемого этапа программы является проектирование и строительство **целостного** крупного объекта, например автомобильного завода. Если этот этап t продолжается 5—6 лет, то для T получают оценку как минимум 15—18 лет. Действительно, эта оценка приводит к оценке **срока относительной окупаемости** $\frac{T-t}{t}$, равной двум, что является, по всей видимости, достаточно разумной оценкой.

Завышение срока T усиливает неопределенность в значениях нормативов и даже в правильной качествен-

ной оценке новых технологических возможностей. Поэтому ясно, какое большое значение для улучшения качества управления научно-техническим прогрессом имеет ускорение сроков строительства, а также проектных и опытно-конструкторских работ.

Из проведенных исследований ясно, что перспективное планирование, подобно годовому и пятилетнему, должно быть непрерывным. Когда величина срока, остающегося до конца очередного периода перспективного плана, становится меньше определенной критической величины (например, времени реализации разумных обеспечивающих программ), план пролонгируется на новый срок. При этом, разумеется, разрабатывается новая система внеэкономических целей и внеэкономических программ, включающих в себя старые цели в качестве подцелей. Перспективное же планирование переключается на критерий наискорейшего достижения новой системы целей. Недостаточный опыт пока не дает возможности более подробно характеризовать процедуры определения момента такого **переключения срока** перспективного плана. Возможно, что это целесообразно делать регулярно каждые пять лет, а также в случае появления подлежащих проверке предложений по новым программам, которые не укладываются в сроки, остающиеся до завершения текущего перспективного плана.

Как в моменты такого пролонгирования, так и в других случаях, о которых говорилось выше, перспективный план подвергается полному пересчету. Благодаря этому можно видоизменять программы, исключать из плана программы, которые в соответствии с уточненными данными перестают приносить пользу, и т. п. Может оказаться и так, что обеспечивающая программа, которая в целом самокупаема, дала львиную долю эффекта на своих начальных этапах, а затем живет в основном лишь за счет прошлого эффекта. При очередном пересчете перспективного плана такая программа (точнее ее продолжение) будет исключена из плана.

Поскольку нормативы в перспективном планировании определяются лишь весьма ориентировочно, в основном из прогнозов, возникает проблема **надежности плановых решений**. Если фактический расход на обеспечивающую программу окажется значительно большим, чем ожидалось, а ее эффект — значительно меньшим, то

решение о включении этой программы в план было ошибочным. Наоборот, может оказаться, что из-за неверных оценок нормативов мы упустим ту или иную важную программу.

Чтобы свести к минимуму возможность таких ошибок, применяется так называемый **граничный** (марджинальный) анализ. С этой целью по всем составляемым программам наряду со средними оценками характеризующих их показателей (сроков выполнения, затрат, ожидаемого эффекта) применяются два типа **граничных** оценок — пессимистических и оптимистических.

Варианты, которые даже при пессимистических оценках оказываются полезными, подлежат включению в план (на очередном шаге оптимизации). Те же варианты, которые бесполезны даже в случае оптимистических оценок, подлежат исключению из плана. Для промежуточных случаев нужен дополнительный анализ с целью определения **математического ожидания** экономии критического ресурса при включении соответствующей программы в план, а также вероятности получения отрицательного эффекта и средней величины потерь в этом случае. Возможно также проведение (с включением в план) специальных **поисковых исследований** по предлагаемой программе с целью скорейшего максимально возможного уточнения оценок характеризующих ее показателей. Для финансирования подобных исследований (обычно относительно недорогих) могут быть использованы как средства, отпускаемые на фундаментальные научные исследования, так и специальные **резервные фонды**, создаваемые в рамках годовых и пятилетних планов.

Пятилетние планы создаются в тесном взаимодействии с системой перспективного планирования. Из системы перспективного планирования (после оптимизации плана) определяются средние темпы развития экономики и прежде всего чистого выпуска по различным агрегированным продуктам, а также ориентировочные сроки выполнения этапов как основных, так и обеспечивающих программ. Это дает возможность сформировать вектор чистого выпуска на очередную пятилетку.

С учетом основной идеи метода последовательной оптимизации задание на чистый выпуск формируется с известным напряжением. Это означает, что темпы роста

заданий по внепрограммному потреблению берутся (в рамках возможностей фактического сбыта) несколько выше средних цифр перспективного плана, а сроки реализации этапов программ, попадающих в пределы пятилетки, берутся ниже ориентировок перспективного плана.

Задания по чистому выпуску формулируются в более подробной номенклатуре по сравнению с перспективным планом. Для этого используются детальные проработки ближайших этапов программ, а также данные системы прогнозирования потребительского спроса, описываемой в гл. V. Нормативы (с учетом принятых сроков окончания этапов обеспечивающих программ) вычисляются (с усреднением на пятилетку) в рамках системы непрерывного слежения за нормативами, описанной в § 1 настоящей главы. Кроме того, методами, описанными в гл. II, определяются самые поздние сроки реализации приходящихся на пятилетку этапов программ, не вызывающих изменения конечных сроков выполнения всех программ в целом.

Далее начинается оптимизация плана методами, описанными в предыдущем параграфе. За счет предложений, разрабатываемых и принимаемых в результате оптимизации, приходящиеся на пятилетку этапы крупных национальных программ уточняются и дополняются. Возникают новые, более мелкие программы. Учитываются возможности, даваемые внешней торговлей (в том числе покупка лицензий), средств активного управления потребительским спросом и т. п.

Оптимизация производится сначала по одному (критическому) ресурсу, затем, когда критическим становится другой ресурс, усилия оптимизации переключаются на него и т. д. Если в результате оптимизации удалось получить сбалансированный (по ресурсам) план без уменьшения темпов экономического роста, то производится дальнейшее ужесточение плана чистого выпуска, и процесс оптимизации повторяется заново. Если же баланса достичь не удастся, начинают в качестве элементарных предложений использовать предложения по снижению заданий по конечному продукту и отодвиганию сроков окончания этапов программ. На первом этапе это делается таким образом, чтобы не выйти за рамки темпов и сроков реализации программ, принятых в перспективном плане.

Если же баланс не получается и в этом случае, соединяют две модели: описанную модель пятилетнего плана и модель перспективного плана на период, начинающая с шестого года от настоящего момента. В этом случае из предложений по уменьшению темпов и сдвига сроков выбираются те, которые, уменьшая небаланс ресурсов, по возможности меньше влияют на окончательный срок поставленных внеэкономических целей. Впрочем, есть основания надеяться, что последний случай не будет встречаться на практике или по крайней мере встречаться крайне редко. Ведь перспективный план был оптимизирован лишь по части возможностей, заложенных в национальных программах. При составлении пятилетнего плана, помимо всех этих возможностей¹, появляются и другие, заключающиеся в программах более мелкого масштаба. Правда, в перспективном плане учитывается лишь один ресурс — труд, а в пятилетнем — и все остальные ресурсы. Однако из практики планирования известно, что в условиях развитой экономики именно труд является основным фактором, ограничивающим темпы экономического развития в длительной перспективе. Если же на какой-то период критическим окажется другой ресурс, то он должен занять место труда в системе перспективного планирования.

Переключение последовательной оптимизации в пятилетнем и годовом планировании с одного дефицитного ресурса на другой в идеале (при наличии соответствующего набора элементарных предложений) должно привести к тому, что все ресурсы станут равнодефицитными или равноизбыточными, после чего сбалансированность плана по ресурсам может быть достигнута путем умножения вектора чистого выпуска на подходящий скалярный множитель. На практике известного приближения к подобной равнонапряженности плана по всем ресурсам можно добиться за счет разумного формирования элементарных предложений. Эти предложения, будучи направлены в первую очередь на экономию критического ресурса, должны не упускать возможностей добиваться такой экономии за счет использования избыточных ресурсов.

¹ Напомним, что перспективный план непрерывно корректируется.

Следует особо отметить, что достижение полной сбалансированности плана в пределах пятилетки еще не гарантирует возможность фактического его выполнения. В этом легко убедиться на простейшем примере. Предположим, что мы хотим организовать в данной пятилетке производство нового продукта, **не выпускавшегося ранее**. Пусть далее для строительства завода, который должен выпускать этот новый продукт, также нужно определенное количество **этого же самого** продукта. В пределах пятилетки баланс по данному продукту сойдется, если выпуск нового завода покроет не только заданные потребности, но и нужды строительства самого завода. Ясно, однако, что баланс за время строительства самого завода сойтись не может, ибо в этот период имеются лишь затраты рассматриваемого продукта, а его выпуск будет организован **позднее**.

Поэтому для получения реально выполнимого пятилетнего плана необходимо кроме суммарного (оптимизированного) баланса добиться сбалансированности плана по каждому году. Строго говоря, сбалансированности по годам также недостаточно для полной гарантии реализуемости плана, поскольку явления, аналогичные приведенному примеру, могут в принципе встретиться в **любом** плановом периоде, а не только в пятилетке. Однако при уменьшении планового периода вероятность подобных явлений снижается. Поэтому на практике сбалансированности плана в пределах года может быть достаточно для его выполнимости при условии обеспечения соответствующей **устойчивости** плана.

Устойчивость плана означает возможность его выполнения при различного рода случайных отклонениях в выполнении планов отдельными предприятиями и даже отдельными отраслями. Для обеспечения подобной устойчивости необходимо, чтобы в распоряжении органов, осуществляющих **оперативное управление** экономикой, имелись необходимые **резервы**, которые создаются прежде всего за счет правильного формирования текущих нормативов. Если эти нормативы являются **предельными**, т. е. не оставляют предприятию **никаких** резервов, то любая случайность, например непредвиденный выход из строя какого-либо оборудования, приведет к невыполнению плана данным предприятием. Если у предприятий, потребляющих продукцию данного пред-

приятия, планы составлены также по предельным нормам, произошедший срыв распространится и на них. То же самое произойдет у потребителей продукции этих предприятий и т. д. Благодаря тому, что в современной экономике сильно развита специализация и кооперация (что **объективно обусловлено** ростом сложности производства), при отсутствии резервов относительно небольшой срыв на одном предприятии может привести к цепной реакции срывов на многих сотнях предприятиях-смежниках и вызвать потери национального масштаба.

Поэтому оказывается более выгодным (с точки зрения **фактического** выполнения плана) несколько **недогружать** предприятия по отношению к предельно допустимым нормам. В таком случае руководство предприятий может компенсировать какую-то часть случайных сбоев, локализовать их в рамках предприятия, не допустив срыва поставок смежникам.

На уровне отраслей обеспечение устойчивости плана при наличии соответствующих резервов на предприятиях может идти дальше за счет взаимной подстраховки предприятий, выпускающих родственную продукцию. Если предприятие А не смогло локализовать срыв в своих собственных рамках, и возникла угроза срыва поставок, и на родственном ему предприятии В все обстоит нормально, то за счет временного увеличения плана предприятию В возможно компенсировать какую-то часть (а может быть, и все) поставок, срываемых предприятием А.

На межотраслевом (общегосударственном) уровне к подобным возможностям добавляются еще возможности, даваемые внешней торговлей и различного рода запасами готовой продукции, например запасами, имеющимися в органах материально-технического снабжения, или общегосударственными резервными запасами. Внешняя торговля, например, может скомпенсировать невыполнение плана по одним продуктам за счет его перевыполнения по другим. Запасы готовой продукции могут на определенное время скомпенсировать срыв плана выпуска определенных продуктов, предполагая всегда при этом, что последующее перевыполнение плана позволит восстановить необходимый уровень запасов.

Наличие больших резервов как по **производственным мощностям**, так и по **запасам готовой продукции** сильно

упрощает задачу балансирования плана, позволяя скомпенсировать все ошибки и неточности планирования. Однако излишние резервы тормозят рост экономики. Для излишних резервов производственных мощностей это ясно без пояснений. Для резервов же готовой продукции на первый взгляд трудности возникают лишь в момент, когда происходит их накопление. Следует иметь в виду, что содержание запасов требует развитого складского хозяйства и сопряжено с немалыми расходами. Самое же главное заключается в том, что большие запасы готовой продукции вступают в противоречие с требованиями научно-технического прогресса.

Действительно, если мы имеем возможность замены какого-либо изделия более совершенным, то наличие запасов старых изделий ставит нас перед дилеммой: или немедленно перейти на выпуск и **применение** нового изделия и тем самым понести потери в размере стоимости накопленного запаса, либо искусственно **сдерживать** технический прогресс в отраслях, применяющих данный тип изделий, пока не будут исчерпаны накопленные запасы. Имея в виду это обстоятельство, для изделий с быстрыми темпами технического прогресса часто выгодно иметь резервы в виде недогруженных мощностей, а не в виде запасов готовой продукции.

Для правильного расчета **оптимального** количества необходимых резервов обоих видов нужно иметь данные о законах распределения вероятностей процента выполнения плана (рассчитанного по предельным нормам) для каждого предприятия, а также еще большое количество других данных (вероятности потерь запасов в результате научно-технического прогресса, потерь у потребителей в результате срывов поставок, взаимозаменяемость изделий, выпускаемых различными предприятиями, и т. д.). Используя эти данные, вместо детерминистских плановых моделей, описанных выше, возникают весьма сложные стохастические модели, решение которых можно получить с помощью современных численных методов стохастического программирования.

Ввиду большой неопределенности исходных данных ценность подобных моделей достаточно сомнительна. На практике обычно предпочитают пользоваться детерминистскими плановыми моделями. Однако при большой неопределенности исходных данных ценность подобных

моделей достаточно сомнительна. Что же касается резервов, то они рассчитываются двумя основными способами. Во-первых, текущие нормативы устанавливаются таким образом, чтобы вероятность выполнения предприятиями составленных по этим нормативам планов была бы достаточно велика. Соответствующие пороги для величин вероятностей устанавливаются при этом на основе соображений качественного характера. Таким образом создаются необходимые резервы мощностей. Что же касается запасов готовых продуктов, то их размеры устанавливаются, как правило, на основании статистики поступления и удовлетворения заказов в прошлом. Более подробно об этом говорится в гл. VI.

Практическая реализуемость пятилетнего плана, сбалансированного по годам, обеспечивается не только резервами, но и взаимоувязкой отдельных программ и их этапов, о которой говорилось в гл. II. Напомним также, что в силу непрерывности планирования каждый новый расчет пятилетнего плана представляет собой пролонгирование на один год действующего пятилетнего плана. Это означает, что для первых четырех лет план уже был рассчитан (а следовательно, и сбалансирован) ранее. Поэтому все описанные методы балансировки и оптимизации, хотя и проводятся для всех пяти лет, основной упор делают на последний (добавляемый заново) год. На практике это означает, что первичный вариант плана делается лишь для последнего года (с учетом имеющихся планов для предыдущих четырех лет), а элементарные предложения, направленные на оптимизацию плана, концентрируются в основном также в пределах плана последнего года пятилетки. Планы же предыдущих четырех лет подвергаются лишь относительно небольшим корректировкам. Поэтому механизм утверждения пятилетних планов может оставаться, как и сейчас, дискретным: очередная пятилетка утверждается не через год, а через пять лет после утверждения предыдущей пятилетки.

Составление и оптимизация годовых планов в принципе не отличаются от соответствующих процедур для пятилетних планов. Новое состоит в том, что для первого года очередного пятилетнего периода производится большая детализация плана. Его номенклатура в конечном счете доводится до уровня **первичной** макроэконо-

мической номенклатуры, т. е. полной номенклатуры продуктов, выпускаемых и потребляемых отдельными предприятиями. Производится прикрепление потребителей к поставщикам и синхронизация работы отдельных предприятий. О методах решения такого рода задач рассказывается в гл. VI. Здесь же мы расскажем лишь о методах решения балансовых задач для очень большой номенклатуры продуктов. Как уже отмечалось в гл. I, номенклатура первичных продуктов в современной экономике весьма велика: она исчисляется сегодня многими миллионами. Решение произвольных систем линейных уравнений такой размерности обычными методами и даже с применением самых мощных ЭВМ — задача практически невыполнимая. Для случая балансовых уравнений решение задачи упрощается тремя обстоятельствами: во-первых, возможностью применения и относительно быстрой сходимостью итерационных методов, во-вторых, наличием достаточно хорошего начального приближения (данные предыдущего года), в-третьих, возможностью разбивки задачи на блоки.

Третья возможность используется для того, чтобы решать задачу не на одной ЭВМ, а на многих. Практически это означает, что вся номенклатура продуктов вместе с соответствующими нормативами распределяется между ГВЦ министерств. Получая соответствующую их специализации часть задания по финишным продуктам и используя данные предыдущего периода о взаимных поставках продуктов, министерства (точнее их ГВЦ) под управлением ГВЦ Госплана СССР последовательно решают задачу определения затрат по заданному (полному) выпуску. Подсчитанные затраты направляются в ГВЦ соответствующих министерств для корректировки планов выпуска продукции, после чего цикл расчетов повторяется. Нетрудно видеть, что таким образом производится решение итерационным методом системы балансовых уравнений $x = Ax + c$ в полной номенклатуре продуктов.

Для коррекции планов выпуска (в полной номенклатуре) можно применить более простой прием **последовательной дезагрегации**, предложенный автором. Суть его состоит в том, что при различного рода изменениях, происходящих в процессе выполнения плана, эти изменения касаются (в пределах разумной точности расчетов)

относительно небольшого числа продуктов. Предположим, например, что возникла необходимость резко увеличить выпуск легковых автомобилей определенного типа. Подобное изменение скажется заметным образом на планах производства стального листа, но в гораздо меньшей мере на планах производства чугуна и кокса. Задаваясь какой-то разумной точностью плановых расчетов (скажем, 0,1%), нетрудно с помощью относительно простых расчетов определить список первичных продуктов, задания по которым необходимо изменить.

При таких оценочных расчетах подсчитываются обычно лишь объемы прямых затрат продуктов, которые, как известно, могут быть значительно меньше объема полных затрат.

Однако, как правило, специалист, имеющий опыт планирования, хорошо чувствует, когда оценка прямых затрат будет иметь тот же порядок, что и оценка полных затрат. В приведенном примере, скажем, ясно, что прямые затраты стального листа практически равны их полным затратам. Поэтому отработка списка продуктов, по которым следует изменить план, производится в диалоговом режиме с помощью надлежащих специалистов практически безошибочно.

Фиксировав этот список, ГВЦ Госплана СССР с помощью ГВЦ министерств производит (частичную) дезагрегацию своей балансовой модели, выделяя входящие в список продукты из соответствующих агрегированных групп.

Для вновь полученной номенклатуры продуктов, включающей как присоединенные первичные продукты, так и оставшиеся после их удаления группы агрегированных продуктов по формулам (IV.1) и (IV.2), вычисляются нормативы прямых затрат. Они составят новую, частично дезагрегированную матрицу нормативов прямых затрат A_1 для госплановской модели. Подвергая соответствующей дезагрегации задание по финишному продукту, мы получаем возможность в результате решения системы уравнений $x_1 + A_1 x_1 = c_1$ найти уточненный (частично дезагрегированный) план полного выпуска x_1 и осуществить его проверку по ресурсам.

Этот план можно найти с помощью итерационного метода. Можно также применить метод коррекции плана, описанный в § 2, осуществляя последовательное при-

соединение к модели одного дезагрегированного продукта за другим. В случае необходимости полученный план может быть подвергнут последовательной оптимизации, как и исходный годовой план.

Следует заметить, что при составлении годовых и пятилетних планов агрегированная номенклатура продуктов на уровне Госплана СССР может и должна меняться от одного планового периода к другому. Группы агрегированных продуктов целесообразно дезагрегировать всякий раз, когда предполагается резкое изменение пропорций внутри групп. Новые и особо дефицитные продукты (список которых все время меняется) целесообразно выделять в отдельные позиции в госплановских моделях. Работа с моделями, имеющими переменную номенклатуру, становится возможной благодаря наличию системы непрерывного слежения за нормативами, описанной в § 1 настоящей главы.

В заключение параграфа остановимся на некоторых вопросах территориального планирования. Баланс по определенной номенклатуре продуктов, потребляемых и производимых в пределах данной территории (республики или экономического района), и его оптимизация в принципе могут делаться теми же методами, что и межотраслевой баланс. Имеется и несколько новых моментов. Прежде всего на уровне территориальных балансов более детально решаются вопросы развития и плана работы грузового транспорта (напомним, что развитие пассажирского транспорта в основном определяется в рамках внеэкономических программ).

Ориентировочное планирование работы грузового транспорта может быть выполнено уже на уровне межотраслевого баланса. С этой целью по данным прошлых лет определяются и экстраполируются на рассматриваемый плановый период нормативы расхода тонно-километров разных видов транспорта на перевозку единицы каждого из агрегированных продуктов. Транспорт при этом рассматривается как отрасль (или группа отраслей), производящая новый «продукт», именно тонно-километры. Для выпуска одной единицы такого продукта различные виды транспорта должны затратить определенное количество других продуктов (бензина, электроэнергии, смазочных масел и т. п.), а также определенное число ресурсо-часов.

В понятие ресурса входят дороги, станции, порты, подвижный состав, а также трудовые ресурсы.

На уровне отдельных территориальных балансов и совокупного баланса, с учетом истинного территориального размещения потребителей и производителей, могут быть использованы более точные методы планирования грузового транспорта. С этой целью каждая вновь разрабатываемая программа, предусматривающая новое строительство, должна включать в себя ряд вариантов его территориального размещения.

Строительство любого объекта, связанного с большим объемом транспортных операций (как в период самого строительства, так и после его окончания), например металлургического или нефтеобрабатывающего комбината, в период разработки вариантов программ связывается с планами развития различных видов транспорта (железнодорожного, речного, морского, автомобильного, трубопроводного). Эти планы пока имели лишь два основных источника: основные (внеэкономические) программы и упомянутые выше ориентировочные планы развития грузовых перевозок. С учетом этих данных производится последовательно, в порядке планируемых сроков окончания строек (полученных после оптимизации межотраслевого баланса), проверка обеспеченности соответствующих грузопотоков. Путем прямого сравнения различных вариантов размещения, предлагаемых для очередного строительства, выбирается тот, который наименее критичен по транспортным ресурсам. В случае же если обнаруживается недостаточность развития дорожной сети; пропускной способности портов и т. п., то составляются (и увязываются по срокам с другими программами) специальные (обеспечивающие) программы развития транспорта.

Аналогичными методами может быть осуществлено макроэкономическое планирование сетей электропередач и сетей связи.

После составления программ указанных видов производится новая коррекция, а если надо, то и дополнительная оптимизация межотраслевого баланса (с учетом новых программ). Поскольку в первоначальном варианте межотраслевого баланса развитие грузового транспорта, хотя и грубыми, экстраполяционными методами, все же было запланировано, можно надеяться, что до-

полнительные транспортные программы внесут сравнительно малые коррективы в построенный ранее межотраслевой баланс как в масштабах пятилетки, так и в масштабах перспективного плана.

Для краткосрочного (годового) планирования требуется более точное решение транспортных и распределительных задач (подробнее см. в гл. VI).

Заметим, что решение задач размещения может в ряде случаев переходить в разряд целей. Это происходит всякий раз, когда задача освоения того или иного района возникает из соображений внеэкономического характера. Примерами могут служить задачи развития курортных зон, крупных спортивных комплексов и других проектов, требующих соответствующего материального обеспечения и развития не только пассажирского, но и грузового транспорта.

Впрочем, развитие пассажирского транспорта, хотя оно и отнесено нами к программам внеэкономического характера, требует (так же как жилищное строительство, развитие коммунального хозяйства и т. п.) увязки с обеспечивающими (внутриэкономическими) программами. Такая увязка должна делаться в специальных программах развития территориальных комплексов (городов, районов, областей и т. п.). Такие программы составляются первоначально на основе данных о развитии соответствующих территорий, полученных из демографического прогноза (с коррекциями на уже принятые плановые решения), и уточняются (с непременным соблюдением **комплексности**) после решения задачи распределения строительства новых крупных объектов. Разумеется, при этом учитываются плановые показатели (типа количества жилой площади на одного человека), принятые после балансировки общесоюзных внеэкономических программ с тем, чтобы суммы соответствующих программ по территориям укладывались в рамки сбалансированных общесоюзных программ.

В заключение заметим, что, хотя при описании оптимизации основной упор делался на обеспечивающие программы, оптимизация может и должна касаться в определенной мере и основных (внеэкономических) программ. С этой целью может использоваться многовариантность, предусмотренная разработчиками программ, вариации сроков отдельных этапов и т. п.

Глава V

ПРОБЛЕМЫ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ И ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ

§ 1. УПРАВЛЕНИЕ ТРУДОМ И ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТОЙ

Общий объем трудовых ресурсов на любой плановый период исчисляется в соответствии с данными демографического прогноза и специальной целевой программы, предусматривающей поэтапное уменьшение продолжительности рабочей недели, увеличение продолжительности отпусков и сокращение пенсионного возраста. Из балансов трудозатрат по профессиям определяется потребность в кадрах различных специальностей. Для удовлетворения этой потребности составляются обеспечивающие программы по развитию профессионально-технического, а также высшего и специального среднего образования. Отдельные цели, связанные с подготовкой и переподготовкой кадров, могут включаться и в другие программы как обеспечивающие (например, программа развития атомной энергетики), так и основные (например, программа совершенствования законодательства и охраны общественного порядка).

При установлении уровня оплаты труда прежде всего должна быть принята во внимание различная сложность труда. Большая сложность труда требует больше времени и затрат на обучение. Кроме того, более сложный труд может вызывать объективную необходимость уменьшения пенсионного возраста. Поэтому время $t_{сл}$, в течение которого производится отдача сложного труда, меньше соответствующего времени t для случая простого труда. Обозначим через p затраты (в денежном исчислении) на подготовку одного специалиста, способного выполнять рассматриваемую сложную работу.

Пусть $p_{сл}$ — среднемесячная заработная плата спе-

специалиста, выполняющего сложную работу, а p — среднемесячная оплата простого труда. Если признать, что заработная плата является мерилем сложности труда, то предпринятые обществом затраты на подготовку специалиста, способного выполнять рассматриваемый вид сложной работы, будут оправданы при соблюдении следующего неравенства:

$$p_{\text{сл}} \cdot t_{\text{сл}} \geq pt + P, \quad (\text{V.1})$$

или

$$p_{\text{сл}} \geq k_{\text{сл}} p + \frac{P}{t_{\text{сл}}}, \quad (\text{V.2})$$

где $k_{\text{сл}} = \frac{t}{t_{\text{сл}}}$.

Полученные неравенства можно использовать в качестве первой ориентировки при установлении относительных уровней оплат труда разной степени сложности.

В этих неравенствах, строго говоря, имеется своего рода порочный круг, поскольку затраты P определяются в конечном счете также затратами труда различной степени сложности. Формально это препятствие может быть устранено, если уровни оплаты $p_{\text{сл}}$ определять из неравенства (V.1) итерационным путем, выбрав в качестве их начальных приближений величины $k_{\text{сл}} p$.

На практике в этом нет необходимости в силу двух причин. Во-первых, неравенство (V.1) служит лишь для ориентировки. Реальное же планирование уровней заработной платы определяется другим механизмом, который будет описан ниже. Во-вторых, затраты P выражаются прошлым трудом, уровень оплаты которого был установлен ранее и не связан непосредственно с планируемым уровнем оплаты будущего труда.

Механизм планирования и управления уровнями заработной платы основывается на двух информационных системах, являющихся составными частями ОГАС. Первая система должна позволять оперативно (в течение нескольких часов, а в перспективе даже нескольких минут) получать объективные данные о фактически складывающихся уровнях заработной платы в любых разрезах и с любой степенью подробности. Это станет возможным после того, как будет решено следующее: 1) начисление заработной платы будет всюду производиться

на ЭВМ либо в ВЦ, принадлежащих отдельным предприятиям, либо в ВЦ коллективного пользования; 2) будет создана специальная сеть опорных ВЦ, находящихся под единым управлением и могущих автоматически извлекать и обрабатывать любую информацию, находящуюся в памяти любой ЭВМ, занятой обработкой экономической информации. Принципы построения такой сети рассматриваются в гл. VII.

Наличие подобной системы позволит децентрализовать процесс установления фактических уровней индивидуальной заработной платы, сохраняя централизованный контроль и возможность оперативного целенаправленного вмешательства в случае возникновения любых нежелательных явлений.

Вторая система предназначена для фиксации желаний об изменении работы. Для этой цели во всех крупных населенных пунктах (от райцентра и выше) должны быть созданы специальные абонентские пункты, соединенные с системой опорных ВЦ ОГАС. Любой трудящийся, желающий изменить работу, может воспользоваться одним из таких пунктов для передачи в систему точной информации о причинах, вынуждающих его изменить место работы, о желательных для него условиях новой работы (место, должность, оклад и т. п.) и необходимых анкетных данных. Отделы кадров предприятий и организаций передают в систему заявки об открывающихся вакансиях и данные об условиях, которым должны удовлетворять кандидаты на замещение этих вакансий. Система должна обеспечивать автоматический поиск и уведомление всех лиц, подавших заявления, об открывающихся вакансиях, которые соответствуют как высказанным желаниям, так и возможностям этих лиц. Дальнейшие контакты их с соответствующими отделами кадров проходят обычным образом, без использования системы. Система должна лишь получить информацию (от отдела кадров) о том, закончились ли эти контакты фактическим изменением места работы с тем, чтобы своевременно аннулировать удовлетворенное заявление.

Помимо удобств, предоставляемых как населению, так и отделам кадров, эта система может нести также важную нагрузку по управлению трудом и заработной платой. Решающее значение здесь имеет тот факт, что

в системе накапливается упреждающая информация о направлениях и причинах **будущих** перетоков рабочей силы. Это дает возможность **заблаговременно** вырабатывать меры по направлению этих потоков в наиболее желательное с точки зрения общества русло. Одной из важных мер здесь является управление относительными уровнями заработной платы, уменьшающее перетоки рабочей силы и увеличивающее желательные. Важное значение могут иметь меры по увеличению престижности тех или иных профессий за счет целенаправленного управления средствами массовой пропаганды, создания системы моральных стимулов и т. п. В ряде случаев решающими могут оказаться меры, направленные на облегчение условий труда. В случае достаточной их масштабности эти меры выливаются в специальные программы. Важной особенностью социализма является то, что подобные программы могут реализовываться (в качестве основных программ) и в том случае, когда они не являются выгодными с узко экономической точки зрения.

Возможность получения упрежденной информации о будущих перетоках рабочей силы приобретает особое значение в условиях, когда успехи воспитательной работы ограничивают и задерживают **фактические** перетоки. Управление на основе простой регистрации фактически имеющих место перетоков имеет в этих условиях большие задержки в цепи обратной связи, что вызывает неустойчивость и возможность возникновения непредсказуемых лавинообразных перетоков рабочей силы. Само собой разумеется также, что при подобном управлении резко снижается уровень психологического комфорта.

Наличие упреждающей информации и роль, которая ей отводится в управлении, ставит с особой остротой вопрос о **достоверности** этой информации. Одной из мер, обеспечивающих повышение достоверности информации о направлении будущих перетоков рабочей силы, является поддержание постоянной связи системы с лицами, выразившими желание о перемене места работы. Если предложения, отвечающие выставленным в заявлении условиям, систематически отвергаются сделавшим заявление лицом, то это должно автоматически вести к уменьшению веса не только этого, но и возможных будущих его заявлений.

Повторные опросы, уточняющие сделанные ранее и еще не удовлетворенные заявления, необходимы, поскольку содержащаяся в них информация быстро устарева­ет в связи с проведением описанных выше мер по упреждающему управлению перетоками рабочей силы. Система может при этом выступать не только в качестве пассивного регистратора поступающих в нее желаний, но и в качестве активного формирования этих желаний. С этой целью должны использоваться различные формы заблаговременного оповещения населения о будущих конкретных потребностях в трудовых ресурсах и предполагаемых условиях работы. Конкретность здесь понимается в том смысле, что речь идет о планируемом в будущем наборе рабочих и служащих на вполне конкретный объект (начинающуюся стройку, оканчивающийся строительством завод и т. п.). Тем самым работа по созданию необходимого предложения рабочей силы (хотя и в скрытой форме) начинает проводиться задолго до возникновения соответствующего спроса на нее. В процессе этой работы происходит окончательное уточнение будущих условий труда и прежде всего уровня заработной платы.

Автоматизация управления в экономике открывает новые возможности и для развития системы экономического стимулирования. Эти возможности обуславливаются, во-первых, резким улучшением качества учета. Во-вторых, с помощью ЭВМ можно быстро и гораздо более полно учесть величину эффекта (или ущерба), вызываемого действиями персонала как непосредственно на производстве, так и в сфере управления. Поскольку здесь речь идет в первую очередь о процессах, развертывающихся на микроэкономическом уровне (внутри предприятий), мы не будем в них углубляться. Заметим лишь, что в условиях автоматизированного управления можно и нужно стремиться к максимальному единству форм экономического стимулирования с воспитательной работой. Такое единство обеспечивается, если успех или неуспех каждого работающего отражается не только на его собственном вознаграждении, но (хотя и в меньшей мере) и на членах его бригады и даже (еще в меньшей мере) на всех работниках данного предприятия. Роль же АСУ заключается в том, чтобы представить это взаимовлияние индивидуальных успехов и неудач в наибо-

лее наглядной, доходчивой форме и притом с максимальной оперативностью.

§ 2. ЗАДАЧИ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ

После установления определенного уровня оплат всех видов работ появляется возможность определить себестоимость продукции. Себестоимость агрегированных продуктов на макроэкономическом уровне проще всего определять в рамках межотраслевого баланса. Для того чтобы учесть затраты прошлого труда (выражаемые через амортизацию), мы можем воспользоваться следующим приемом. В матрице A нормативов прямых затрат продуктов мы учтем амортизацию в виде соответствующих натуральных показателей. Например, если полная амортизация какой-либо единицы оборудования происходит после выпуска миллиона единиц этого продукта, мы, рассматривая это оборудование как продукт, введем норматив прямых затрат его, равный одной миллионной.

Если обозначить через q вектор нормативов прямых затрат труда всех видов в денежном исчислении, а через A^* — матрицу нормативов полных затрат $A^* = (E - A)^{-1}$, то вектор

$$q^* = qA^* \quad (V.3)$$

полных затрат труда (в денежном исчислении) как раз и будет выражать себестоимости всех продуктов для рассматриваемого уровня агрегации.

Вектор **стоимостей** p лишь скалярным множителем отличается от вектора **себестоимостей** q^* :

$$p = (1 + r) q^*. \quad (V.4)$$

Здесь через r обозначен неотрицательный скаляр, называемый обычно **средней нормой прибыли**. Для его определения в рамках какого-либо планового периода T можно воспользоваться следующим приемом.

Пусть c_1 есть та часть вектора чистого выпуска (за период T), которая поступает в распоряжение населения, а c_2 — весь остальной чистый выпуск. Тогда справедливо следующее соотношение:

$$pc_1 = q^* (c_1 + c_2). \quad (V.5)$$

Откуда

$$rq^*c_1 = q^*c_2, \text{ или } r = \frac{q^* \cdot c_2}{q^* \cdot c_1}. \quad (\text{V. 6})$$

Соотношения (V.3), (V.4) и (V.6) позволяют получить стоимости всех агрегированных продуктов. Применяя приемы дезагрегации, описанные в гл. IV, можно использовать эти соотношения для определения стоимости любого первичного (неагрегированного) продукта.

Фактические цены, устанавливаемые для тех или иных продуктов, могут отличаться как в одну, так и в другую сторону от величин их стоимостей. Пусть v есть вектор розничных цен, P — сумма всех денежных выплат населению за период T , а D — приращение денежных накоплений населения (включая вклады в сберкассы, облигации и т. п.), то должно иметь место очевидное соотношение:

$$v \cdot c_1 = P - D. \quad (\text{V. 7})$$

Для определения величины D на каждый плановый период должна быть создана постоянно действующая система прогнозирования, в которой простейшие экстраполяционные методы соединяются с методами, описанными в гл. II. Как известно, эти методы предусматривают возможность управления изменением прогнозируемых величин.

Для планирования и управления фактическими уровнями розничных цен необходимо иметь системы непрерывного слежения за настоящим и будущим спросом. Эффективная система слежения за настоящим спросом требует полной автоматизации учета в торговле. В крупных магазинах основу такой автоматизации могут составить специальные кассовые аппараты, на которых производится регистрация всех покупок не только в денежном, но и в натуральном исчислении. Для мелких магазинов может быть использована система отрывных торговых ярлыков. Такие ярлыки прикрепляются в процессе изготовления или расфасовки к каждому штучному товару либо к таре, в которой содержатся нештучные товары.

Ярлыки содержат полную информацию о товаре (его наименование, размер, качество, наименование из-

готовителя и т. п.) и приспособлены к быстрому автоматическому считыванию этой информации в специальных кустовых ВЦ, обслуживающих торговлю. При продаже штучного товара или окончании продажи снабженной ярлыком партии развесных продуктов ярлыки бросаются в специальную кассу. После закрытия магазина все ярлыки доставляются в торговый ВЦ и вводятся в ЭВМ.

Аналогичная система учета применяется для всех товаров, поступающих в магазины. В результате создается возможность точного слежения за спросом и остатками товаров по всей номенклатуре продуктов по всем торговым точкам. Получаемая информация может быть использована для многих целей. Прежде всего для формирования и корректировки заказов, которые делает торговля. Во-вторых, имеется возможность оперативной переброски товаров в те торговые точки, в которых спрос на них больше. В-третьих, можно своевременно реагировать на ухудшение качества поставляемых в торговлю товаров. И наконец, наличие описанной системы позволяет оперативно изменять розничные цены. Возможность быстрой переоценки всей товарной массы, остающейся в магазинах, исключает опасность злоупотреблений, связанных с любыми изменениями цен. Разумеется, изменение цены является не единственным способом управления спросом. Наличие оперативной обратной связи, своевременно сигнализирующей об изменениях спроса, позволяет приводить в действие средства массовой пропаганды для организации эффективной рекламы.

Описанная система может быть легко дополнена системой регистрации **неудовлетворенного** спроса. С этой целью вводится второй тип ярлыков, которыми магазины снабжаются независимо от наличия соответствующих товаров в продаже. Каждый неудовлетворенный запрос покупателя должен сопровождаться опусканием соответствующего ярлыка в специальную кассу. Последующая обработка этих ярлыков также делается централизованно на кустовом торговом ВЦ.

Для определения будущего спроса и его зависимости от уровня цен должна быть создана постоянно действующая система опросов. Целью опросов является установление структуры будущих семейных бюджетов при

различных возможных уровнях цен. При этом должна быть обеспечена достаточно представительная выборка для различных групп населения с учетом планируемой структуры их доходов. Эта система призвана расширить и дополнить ныне действующую систему изучения фактических семейных бюджетов. Для ее эффективного функционирования необходимо организовать своевременное и полное ее снабжение рекламными проспектами новых видов потребительских товаров и услуг, начиная с самых ранних стадий их разработки.

Для розничных цен возможны и целесообразны значительные различия их величин от соответствующих стоимостей. Разумеется, при увеличении цены следует не переходить той границы, начиная с которой кустарное (единоличное) производство сможет успешно конкурировать с современным крупным производством. Что же касается нижней границы розничных цен, то ее в социалистическом обществе в принципе не существует. По мере насыщения спроса цены на продукты или услуги могут сделаться чисто номинальными (как это сегодня имеет место в отношении квартплаты) либо нулевыми (как это имеет место в отношении образования и здравоохранения).

В случае оптовых цен, по которым производятся взаимные расчеты между предприятиями, значительные отличия цен от стоимостей представляются менее целесообразными. К ним прибегают лишь в крайних случаях, когда по тем или иным причинам целесообразно стимулировать применение продукта, имеющего в данный момент высокую стоимость с хорошими перспективами ее быстрого снижения в будущем.

Главной задачей системы управления оптовыми ценами является своевременное их изменение в соответствии с реальными возможностями перехода на прогрессивные нормы. Информация для соответствующих решений должна поставляться системой непрерывного слежения за нормативами, описанной в гл. IV. Предприятия, опаздывающие с внедрением достижений, которые обеспечивают фактический переход на работу по прогрессивным нормам, получают после изменения цены меньшую прибыль. Система стимулирования должна быть при этом построена таким образом, что это уменьшение заденет в первую очередь ту часть прибыли, ко-

торая остается в руках предприятия. Во вторую очередь это должно задевать отчисления в фонд развития отрасли (который необходимо создать для финансирования общепромышленных программ). Наиболее устойчивыми должны оставаться при этом отчисления от прибылей в государственный бюджет для финансирования программ общенационального характера и других общегосударственных расходов.

В целях большего единообразия финансовых расчетов представляется целесообразным (хотя это и не имеет принципиального значения) отчисления от прибылей сделать основным источником доходной части государственного бюджета. При этом в системе торговли разница между оптовыми ценами будет оплачивать издержки системы и создавать прибыль примерно с той же нормой, что и в производственной сфере. Отчисления от этой прибыли заменят нынешний налог с оборота, а общий объем отчислений в бюджет не уменьшится ввиду неизбежного при такой операции роста средней нормы прибыли. Если ее величина установлена на основании формулы (V.6), то будет автоматически обеспечена балансировка государственного бюджета.

Разумеется, поскольку планируемая норма прибыли различна для разных предприятий, фактическая балансировка бюджета требует не просто рассмотрений средних цифр, а скрупулезного счета всех доходов и расходов. Методы таких расчетов сегодня достаточно хорошо развиты и вряд ли нуждаются в дополнительных разъяснениях. То же самое можно сказать и в отношении банковских операций по ведению счетов и осуществлению безналичных расчетов между предприятиями и организациями.

Отметим, что автоматизация работы банков создает основу для расширения сферы безналичных расчетов на все население. Каждый гражданин при этом получает право иметь собственный банковский счет, ведущийся автоматически в обслуживающем соответствующий банк ВЦ. На первых порах формой расчета при покупках может быть выписка чека, поступающего затем из магазина, где была произведена покупка, в банк (точнее в ВЦ банка). В результате обработки чеков необходимые суммы перечисляются со счетов индивидуальных вкладчиков на счета магазинов. Особую эффективность и

удобство подобной системе может придать введение дополнительной формы обслуживания покупателя, при которой торговая сеть берет на себя доставку сделанных покупок непосредственно на дом или хотя бы в специально создаваемые для этого комбинаты обслуживания жилых микрорайонов.

Кроме выдачи покупок, сделанных в других местах, такие комбинаты могли бы торговать (на принципах самообслуживания) наиболее ходовыми продуктами, принимать заказы на различные товары с последующей их оплатой и выдачей заказчику и т. п. На этих же комбинатах целесообразно иметь терминалы для связи с ВЦ банка, ведущим личные счета жителей данного микрорайона. Вкладчики здесь же, в комбинате, могут осуществлять оплату (безналичным путем) различного рода счетов (за квартиру, электроэнергию, газ и т. п.). Наконец, комбинаты обслуживания могли бы стать центрами, в которых концентрируется работа по проведению различного рода опросов населения, прежде всего опросов для установления структуры будущих семейных бюджетов.

При дальнейшем развитии системы целесообразно переходить на безчековую форму оплаты. Особо просто это сделать в том случае, когда расчеты за покупки производятся в «своем» комбинате обслуживания. Терминал, связывающийся с личным счетом клиента, выполняет в этом случае роль усовершенствованного кассового аппарата: с его помощью находится общая сумма, подлежащая уплате, и производится автоматический перевод этой суммы со счета клиента на счет комбината. Клиент при этом, разумеется, должен иметь ключ, открывающий доступ к его личному счету только ему.

Для выполнения подобных операций в случае, когда покупка оплачивается в другом месте, необходима система, обеспечивающая автоматическое подключение кассового аппарата в месте оплаты с ВЦ банка, в котором ведется личный счет покупателя. В чисто техническом плане задача такого подключения сегодня не представляет особых трудностей, однако для ее практической реализации в широких масштабах потребуются значительные усилия по развитию общегосударственной системы передачи данных (ОГСПД).

Вопросам развития ОГСПД посвящен § 1 гл. VII.

Описанная система предоставляет большие удобства населению. Немалое значение имеет также возможность резкого сокращения денежного обмена и связанных с ним отрицательных явлений. Однако в систему может быть вложено еще одно важное содержание. С этой целью для банковских вкладов (в отличие от вкладов в сберкассы, правила для которых не меняются) вводится два дополнительных правила. Первое правило состоит в том, что на банковский счет не принимаются наличные деньги. Источником пополнения банковских счетов могут быть лишь законные перечисления от социалистических предприятий и организаций (заработная плата, премии, гонорар, пенсии и т. п.). Второе правило запрещает какие-либо переводы с одних индивидуальных банковских счетов на другие за исключением лишь счетов тех лиц, которые состоят (в официально установленном законом порядке) на иждивении лица, осуществляющего перечисление.

За каждым вкладчиком сохраняется право получения со своего счета наличных денег, однако без права их последующего возврата на счет. При необходимости открытия временного банковского счета (например, на время командировки или отпуска) перенос на него денег с основного счета и обратно может быть осуществлен лишь с помощью специальных именных аккредитивов.

Принципиально новые возможности открываются перед системой безналичных расчетов в том случае, если в нее вводится не только денежный, но и натуральный учет всех сделанных покупок. Особо важное значение имеет возможность введения нулевых цен на продукты без опасности возникновения дисбаланса между спросом и предложением. При этом, разумеется, речь идет не о нормированной выдаче продуктов, а о создании достаточно тонких механизмов общественного регулирования, основанных на принципах самоуправления.

Глава VI

ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И СИНХРОНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

§ 1. ПРОБЛЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

В предыдущей главе вопросы оптимизации территориального размещения вновь строящихся предприятий в общих чертах уже затрагивались. Сейчас мы проведем несколько более детальный анализ возникающих здесь задач. Исходной точкой для наших исследований является хорошо известная простейшая **транспортная** задача. В ней предполагается наличие двух групп пунктов (возможно, частично совпадающих): m пунктов производства (или складирования) какого-то продукта и n пунктов его потребления. Предположим, что в пункте i первой группы производится a_i единиц продукта в некоторый фиксированный промежуток времени T ($i=1,2,\dots,m$), а в пункте j второй группы за тот же период потребляется b_j единиц продукта ($j=1,2,\dots,n$). Пусть стоимость перевозки одной единицы продукта из пункта i производства в пункт j потребления равняется c_{ij} ($i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$).

Предполагая, что суммарное производство продукта $\sum_{i=1}^m a_i$ равно его суммарному потреблению $\sum_{j=1}^n b_j$, требуется определить объемы перевозок x_{ij} из пункта i производства в пункт j потребления так, чтобы суммарная стоимость перевозок $f = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$ была бы минимальной. К этому линейному критерию добавляются две группы естественных (также линейных) ограничений $\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i$ ($j=1,2,\dots,n; i=1,2,\dots,m$).

Учитывая еще, что все величины x_{ij} неотрицательны, приходим к задаче линейного программирования.

Специальный вид ограничений в этой задаче позволяет, как известно, решать ее более простыми методами, чем общую задачу линейного программирования. Поэтому оказывается возможным с помощью ЭВМ решать транспортные задачи весьма большого объема с многими сотнями и даже тысячами пунктов производства и потребления. В системе экономических моделей транспортная задача находит применение прежде всего в задачах краткосрочного планирования грузового транспорта.

Подобными же методами решается транспортная задача с **избытком производственных мощностей**. В такой задаче максимально возможный объем суммарного производства $\sum_{i=1}^m a_i$ превосходит суммарное потребление $\sum_{j=1}^n b_j$. Она возникает в том случае, когда требуется загрузить предприятия с одинаковыми издержками производства при наличии планируемого резерва мощностей так, чтобы минимизировать транспортные расходы:

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}; \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i; \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j;$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n).$$

Простейшая постановка задачи размещения возникает в виде транспортной задачи с **недостатком** производственных мощностей. Предположим, как и прежде, что имеется m пунктов производства какого-либо продукта. В отличие от прежней постановки мы не исключаем возможности, что в некоторых из этих пунктов производство рассматриваемого продукта a_i равно нулю. При этом предполагается, что в соответствующем пункте имеется возможность строительства нового предприятия, выпускающего данный продукт.

В общем случае мы будем предполагать, что первые k из m пунктов имеющегося или потенциального производства располагают возможностями **увеличения** выпуска рассматриваемого продукта либо за счет расширения действующих, либо за счет строительства новых

предприятий. Считая, как и прежде, объем потребления в пункте j (после расширения производства) равным b_j ($j = 1, 2, \dots, n$) и минимизируя транспортные расходы, приходим к задаче линейного программирования:

$$\begin{aligned} \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}; \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \geq a_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, k); \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i > 0 \quad (i = k + 1, k + 2, \dots, m); \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, n); \quad x_{ij} \geq 0 \\ (i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n). \end{aligned}$$

Решая эту задачу, мы получим план оптимального размещения прироста мощностей $\Delta_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} - a_i$ в пунктах $i = 1, 2, \dots, k$ при предположении, что расходы на создание дополнительных мощностей в расчете на единицу выпуска не зависят ни от размера, ни от дислокации этих мощностей. Последнее предположение на практике далеко не всегда приемлемо, поскольку в действительности расходы на создание новой мощности x не являются линейной функцией от x . Как правило, эти расходы растут медленнее мощности x , иными словами, соответствующая функция $f(x)$, выражающая расходы на создание мощности x , вогнута вниз (к оси абсцисс). Эта функция обычно зависит и от дислокации новой мощности. Более общая постановка задачи размещения требует минимизации суммы $f = T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^k f_i(x_i)$ расходов $\sum_{i=1}^k f_i(x_i)$ на создание новых мощностей x_i в пунктах $i = 1, 2, \dots, k$ и суммы транспортных расходов в течение некоторого периода времени T после их создания. При этом должны соблюдаться условия $\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i + x_i$ ($i = 1, 2, \dots, k$); $\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i$ ($i = k + 1, k + 2, \dots, m$); $\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j$ ($j = 1, 2, \dots, n$), равно как и условия неотрицательности всех величин x_{ij} и x_i .

Ввиду нелинейности критерия оптимизации f для решения поставленной задачи обычные методы линейного программирования не подходят. В настоящее время разработано много различных приемов, позволяющих решать эту задачу. Изложение этих приемов заняло бы слишком много места, тем более, что ввиду больших допущений, так или иначе сделанных при постановке задачи, ее решение может рассматриваться лишь в качестве предплановой ориентировки.

Главная трудность в реальных задачах размещения, возникающих в долгосрочном и перспективном планировании, состоит в том, что предприятия, производящие один продукт, являются в то же время потребителями других продуктов. Так что решение задачи размещения для одних предприятий меняет дислокацию пунктов потребления продуктов, производимых другими предприятиями. Это означает фактически необходимость совмещения задач размещения и динамического межотраслевого баланса в единую оптимизационную задачу. Учитывая нелинейность задачи, большое число дополнительных ограничений на пропускную способность отдельных звеньев транспортной сети, а также необходимость ее развития, нетрудно оценить колоссальную сложность задачи полной оптимизации размещения предприятий в сколько-нибудь реалистической постановке.

Поэтому для реального планирования сегодня представляется целесообразным следующий порядок действий. На первом этапе производится предплановая ориентировка размещения предприятий. С этой целью решают несколько вариантов задачи размещения в описанной выше постановке. Различные варианты возникают в результате того, что входящие в постановку задачи величины c_{ij} транспортных расходов, величины b_j потребления продукта и функции $f_i(x)$ могут в определенных пределах варьироваться. Для величин b_j это происходит прежде всего за счет отмеченной выше зависимости территориального размещения пунктов потребления рассматриваемого продукта от размещения пунктов производства других продуктов. Для транспортных расходов c_{ij} помимо обычной степени неопределенности, присущей любым будущим нормативам, следует учитывать еще одно обстоятельство. Дело в том, что в описанной постановке задача минимизации транспортных рас-

ходов не учитывает ограничений, возникающих из конечности пропускных способностей различных участков транспортной сети. Учет этих ограничений приводит к дальнейшему усложнению задачи. Учесть неопределенность значений нормативов транспортных расходов можно, перейдя к стохастическим постановкам задач размещения.

То же самое касается функций $f_i(x_i)$, определяющих расходы на создание новых мощностей x_i в пунктах $i = 1, 2, \dots, k$, а также в какой-то мере и оценки объема использования a_i (в предстоящий период) уже существующих мощностей.

Учет всех указанных неопределенностей позволяет формировать тем или иным способом (например, способом случайного выбора значений варьируемых величин в заданных границах) различные варианты задачи размещения. В результате решения этих вариантов формируется набор возможностей размещения новых мощностей по производству рассматриваемого продукта. Эти возможности учитываются при детальной разработке вариантов программы развития мощностей по производству данного продукта.

Окончательно тот или иной вариант размещения нового строительства выбирается в процессе оптимизации пятилетних и перспективных планов описанным в гл. IV последовательным методом. При этом вначале, пользуясь результатами предплановых ориентировок, производят первую ориентировочную территориальную привязку всех крупныхстроек, предусматриваемых программами. Выбор делается в пределах вариантов, имеющихся в программах, произвольным образом.

В результате такого выбора возникает первая уточненная картина территориального размещения пунктов производства и потребления всех (агрегированных) продуктов. Решая транспортную (или даже упрощенную распределительную) задачу для моментов времени, когда происходит заметное изменение транспортных потоков, доводят ее решение до определенных конкретных (агрегированных) планов загрузки отдельных участков транспортной сети. Это делается достаточно просто, поскольку определение значения коэффициента c_{ij} (нормы транспортных расходов при перевозе единицы груза из пункта i в пункт j) основан на предварительном выборе

фактического маршрута движения груза из пункта i в пункт j , а в результате решения транспортной задачи мы получаем значение грузопотока x_{ij} по этому маршруту. Поскольку грузопотоки находятся для отдельных (агрегированных) продуктов, для определения общей загрузки маршрутов их необходимо суммировать.

В случае, когда мы встречаемся с превышением пропускной способности транспортных линий по тем или иным маршрутам (с учетом предполагаемого роста этой способности за счет обычных мер, не требующих усилий национального масштаба), возникает три возможных пути устранения возникшего затруднения.

Первый путь основан на том, что, не меняя расположения объектов, меняют некоторые из маршрутов перевозки грузов. Более дешевые, но **перегруженные** маршруты заменяют, если возможно (для некоторых грузов), более дорогими, но менее загруженными маршрутами. Второй путь основан на изменении расположения части объектов для более равномерной загрузки сети. При этом новая загрузка получается в результате решения транспортных задач при новых условиях. Третий путь предполагает формирование новых обеспечивающих программ по развитию транспорта. Сюда включается строительство новых дорог, увеличение пропускной способности старых дорог, использование новых транспортных средств и т. д.

Выбор того или иного пути и различных конкретных вариантов решений в рамках избранного пути должен производиться в диалоговом режиме. Для лучшего использования возможностей человека в этой системе целесообразно использовать специальные средства отображения, наглядно (на карте) показывающие как необходимые грузопотоки, так и **ограничения**, не дающие возможность их фактически реализовать. Получая с помощью этих средств представление о возникающих транспортных проблемах, специалисты формируют (в рамках трех перечисленных путей) те или иные конкретные **предложения**, направленные на решение этих проблем. Поступая в систему, эти предложения оцениваются как с точки зрения стоимости их реализации, так и с точки зрения их **эффективности**. Под эффективностью предложения понимается уменьшение невязки необходи-

мых грузопотоков и фактической пропускной способности транспортной сети.

Стоимость реализации предложения понимается здесь не только в форме стоимости предлагаемых транспортных программ, но и потерь, возникающих при отходе от наиболее дешевых маршрутов или перемещении производственных объектов в места, где их строительство и эксплуатация оказываются более дорогими. При рассмотрении поступающих предложений предпочтение отдается тем из них, которые имеют наибольшую **удельную эффективность** (т. е. эффективность, отнесенную на рубль затрат). Получение набора предложений, обеспечивающих полную ликвидацию невязок грузопотоков и пропускной способности транспортной сети, означает решение задачи **балансировки транспорта** на рассматриваемый плановый период. Если такая балансировка обеспечивается набором предложений, имеющим максимальную удельную эффективность, мы говорим о том, что эта балансировка оптимальна (в классе имеющихся предложений).

Для устранения необходимости большого перебора при решении задачи оптимизации балансировки транспорта можно применять метод последовательной оптимизации, включая в набор предложения последовательно одно за другим, в соответствии со значениями их удельных эффективностей.

Вся система принятых мер (включая использование оптимизированных предплановых ориентировок) позволяет гарантировать, что первый набор предложений, отобранных по принципу максимума их удельной эффективности и ликвидирующий невязку транспортных ресурсов, будет давать решение, достаточно близкое к оптимальному.

Следует указать еще на один момент, влияющий на правильность (приближенного) решения рассматриваемой задачи. Как уже отмечалось выше, решение транспортной (или распределительной) задачи для первой ориентировочной территориальной привязки крупных строек делается для всех моментов времени, в которые происходят заметные изменения транспортных потоков. Эти моменты совпадают обычно с моментами начала и конца строительства крупных производственных объектов (хотя не исключены и другие случаи) и определя-

ются после оптимизации межотраслевого баланса. Возникновение новых транспортных программ приводит к необходимости добавочной оптимизации межотраслевого баланса, после чего уточняются исходные данные для проведения нового цикла территориальной (транспортной) балансировки планов.

Далее при сравнительной оценке предложений по оптимизации транспортных балансов рассматриваются два вида расходов — разовые расходы на строительство или реконструкцию и последующие эксплуатационные расходы, в частности дополнительные расходы за счет необходимости применения неоптимальных маршрутов при перегрузке транспортной сети. Для правильного решения вопроса о необходимости нового транспортного строительства эксплуатационные расходы (в первую очередь потери от неоптимальности маршрутов) в конкурирующих предложениях (не предусматривающих расширение транспортной сети) необходимо относить на весь отрезок времени — от момента начала действия предложения до конца периода перспективного планирования.

Само собой разумеется, что при решении задач балансировки транспорта в расчет принимаются все виды транспорта (включая трубопроводный). Менее очевидно, что в рассмотренную схему решения задач размещения укладывается также планирование развития электрических сетей и сетей связи. Для этой цели достаточно рассматривать дополнительно два продукта (электроэнергию и информацию), для транспортировки которых нужны специфические «транспортные» средства (линии электропередачи и связи). Каждый новый объект является как производителем, так и потребителем информации. Для электроэнергии же потребители и производители представляют два разных класса объектов.

Планирование размещения добывающих предприятий (шахты, рудники, разрезы, карьеры) тесно связано с планированием геологоразведочных работ. Первоначально территориальная привязка новых добывающих предприятий осуществляется применительно к разведанным месторождениям. Дополнительные геологоразведочные работы, если они оказываются необходимыми, привязываются в этом случае к соответствующим программам развития добывающих отраслей промышленности. Если же разведанных месторождений не хватает для

требуемого развития добывающих отраслей, в программы их развития могут быть включены работы по изысканию новых месторождений. При наличии конкурирующих предложений о разведке новых месторождений, примерно одинаковых с точки зрения сроков и вероятностей успеха, выбор предложений для первоочередной реализации может происходить с учетом описанных методов оптимизации размещения будущих предприятий.

Задача размещения сельскохозяйственного производства в основном также укладывается в рамки описанных выше методов. Ее специфика — зависимость сельскохозяйственного производства от погодных условий. Поэтому в описанных выше постановках задач размещения величины производства сельскохозяйственных предприятий имеют большие пределы варьирования по сравнению с другими отраслями народного хозяйства. Это накладывает определенную специфику на методы оценки сельскохозяйственных программ уже на уровне межотраслевого баланса, поскольку зависимость между капиталовложениями в сельском хозяйстве и производством сельскохозяйственных продуктов носит вероятностный характер. То же самое относится и к нормативам. Поэтому при использовании описанной выше системы моделей для сельскохозяйственных продуктов придется заменять соответствующие величины (нормативы, их изменения в результате осуществления программ и плановые показатели) их математическими ожиданиями (с учетом средних уклонений) а для краткосрочного планирования использовать долгосрочные прогнозы погоды.

§ 2. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

Распределительные задачи имеют дело с распределением плановых заданий по производству тех или иных продуктов между имеющимися производственными мощностями.

На макроэкономическом уровне к числу таких задач относится прежде всего задача прикрепления потребителей к поставщикам, решаемая в полном объеме для относительно коротких периодов времени (обычно от квартала до года).

При решении таких задач предполагается прежде всего, что нам задано некоторое множество заказов J и некоторое множество I возможных поставщиков. В результате решения задачи получается план прикрепления x_{ij} ($i \in I$; $j \in J$) потребителей (заказов) к поставщикам: величина x_{ij} представляет собой количество продукции по заказу j , сделанного (и доставленного потребителю) поставщиком i . Для каждой поставки x_{ij} вводится ее **удельная стоимость** c_{ij} , т. е. стоимость изготовления и доставки (от i -го поставщика к потребителю, сделавшему j -й заказ) одной единицы соответствующего продукта. Задача заключается в том, чтобы найти допустимый план распределения, обеспечивающий минимальное значение суммарной стоимости $\sum_{i,j} c_{ij}x_{ij}$ изготовления и доставки всех заказов.

В допустимом плане должны выполняться два рода ограничений. Во-первых, это ограничения, вытекающие из необходимости полного удовлетворения всех заказов:

$$\sum_{i \in M_j} r_{ij}x_{ij} = b_j \quad (j \in J), \quad (\text{VI. 1})$$

где b_j — полный объем поставок продукта по j -му заказу¹;

M_j — множество поставщиков, способных выполнить j -й заказ;

r_{ij} — так называемые **коэффициенты взаимозаменяемости**.

Дело в том, что в принципе один и тот же продукт (например, листовое железо) в силу особенностей его изготовления разными поставщиками (например, изменения размеров листа) может потребоваться для удовлетворения одного и того же заказа в различных количествах. Коэффициенты r_{ij} как раз и призваны учитывать количественные различия потребностей на подобные взаимозаменяемые (с точки зрения заказчика) продукты.

Второй вид ограничений рождается в результате ограниченности ресурсов или продуктов, необходимых

¹ Предполагается, что каждый заказ имеет дело с одним видом продукта, хотя разные заказы могут требовать разных продуктов.

для выполнения заказов у поставщиков и их доставки потребителям. Эти ограничения имеют вид:

$$\sum_{(i, j) \in \omega_\alpha} p_{ij}^{(\alpha)} x_{ij} \leq a_\alpha; \quad (\alpha \in A), \quad (\text{VI. 2})$$

где A — множество ресурсов и продуктов, ограничения по которым принимаются во внимание;

a_α — соответствующий запас продукта или ресурса (точнее ресурсо-часов) с номером α в течение рассматриваемого планового периода;

$p_{ij}^{(\alpha)}$ — нормативы прямых затрат продукта или ресурса с номером α на производство и поставку одной единицы продукта по j -му заказу i -м поставщиком. ω_α — множество поставок, использующих продукт или ресурс с номером α .

Как уже отмечалось, задача оптимизации распределения сводится к минимизации суммарных затрат (в денежном исчислении):

$$\min \sum_{i, j} c_{ij} x_{ij}. \quad (\text{VI. 3})$$

Кроме описанных ограничений (VI.1) и (VI.2) в получаемой таким образом задаче линейного программирования используются также естественные ограничения:

$$x_{ij} \geq 0. \quad (\text{VI. 4})$$

Хотя мы и пришли к задаче линейного программирования, ее фактическое решение обычными для подобного рода задач методами оказывается чрезвычайно сложным, а зачастую и просто невозможным в силу ее огромной размерности. Дело в том, что в реальных задачах распределения, возникающих в практике краткосрочного планирования, количество заказов исчисляется многими тысячами, а количество поставщиков и технологических ограничений — многими десятками и даже сотнями.

В Институте кибернетики АН УССР разработан метод упрощенного решения распределительных задач, при котором используют некоторые особенности, присущие ограничениям в таких задачах. Сущность метода состоит прежде всего в том, что описанная задача линейного программирования заменяется двойственной ее задачей.

Обозначим через $v_j (j \in I)$ двойственные переменные, соответствующие ограничениям (VI.1), а через u_α —

двойственные переменные, соответствующие технологическим ограничениям (VI.2). Тогда, используя хорошо известные в теории линейного программирования результаты, приходим к следующей двойственной задаче:

найти

$$\max \left(\sum_{j \in J} b_j v_j - \sum_{\alpha \in A} a_\alpha u_\alpha \right) \quad (\text{VI.5})$$

при условиях

$$r_{ij} v_j - \sum_{\alpha \in A} p_{ij}^{(\alpha)} u_\alpha \leq c_{ij} \quad (i \in I; j \in J); \quad (\text{VI.6})$$

$$u_\alpha \geq 0, \quad (\alpha \in A). \quad (\text{VI.7})$$

Переменные v_j , соответствующие ограничениям типа равенств, могут иметь любой знак.

Из неравенств (VI.6) получаем, что

$$v_j \leq \frac{c_{ij} + \sum_{\alpha \in A} p_{ij}^{(\alpha)} u_\alpha}{r_{ij}}.$$

Так как в силу положительности коэффициентов b_j максимальное значение критерия (VI.5) достигается при максимальных значениях v_j , то

$$v_j = \min_{i \in I} \left[\frac{\sum_{\alpha} p_{ij}^{(\alpha)} u_\alpha + c_{ij}}{r_{ij}} \right]. \quad (\text{VI.8})$$

Используя формулы (VI.8) и (VI.5), приходим к задаче нахождения максимума вогнутой кусочно-линейной функции, зависящей от переменных u_α , число которых равно числу технологических ограничений. Хотя эта задача нелинейна, ее решение оказывается гораздо более простым по сравнению с исходной линейной задачей в силу двух причин. Во-первых, размерность этой задачи относительно невелика; обычно она находится в пределах одной-двух сотен. Второе упрощающее обстоятельство — это отсутствие ограничений, кроме естественных ограничений неотрицательности переменных $u_\alpha = 0$. Для решения полученной нелинейной задачи с успехом применяется метод обобщенного градиентного спуска. Ее решение при использовании формул (VI.8) дает решение двойственной задачи, т. е. значения переменных u_α, v_j .

Для нахождения решения x_{ij} прямой задачи пользуются известными из теории линейного программирования теоремами равновесия. Прежде всего в прямой

задаче обращаются в нуль все те (и только те) переменные x_{ij} , для которых неравенства (VI.6) двойственной задачи не обращаются в равенства. Все ненулевые значения переменных x_{ij} находятся после этого в результате решения системы линейных уравнений (VI.1), к которой добавлены уравнения $\sum_{(i,j) \in W_\alpha} p_{ij}^{(\alpha)} x_{ij} = a_\alpha$ для всех

таких α , для которых $u_\alpha > 0$. Размерность получаемой системы (а значит, и число ненулевых планов поставок x_{ij}) не превосходит суммы числа заказов и числа технологических ограничений и поэтому ее решение может быть получено даже на ЭВМ относительно небольшой мощности.

Для решения двойственной задачи целесообразно применять следующий итерационный метод. На k -м шаге итерации должно быть задано приближение $u^{(k-1)} = \|u_\alpha^{(k-1)}\|_{\alpha \in A}$ вектора $u = \|u_\alpha\|$. Вычисляем v_j по формуле (VI.8), используя $u^{(k-1)}$ вместо u . Находим одно из значений $i_k(j)$ индекса i , на котором достигается минимум в формуле (VI.8) и вычисляем компоненты вектора невязок на k -м шаге:

$$\Delta_\alpha^{(k)} = \sum_{(i_k(j), j) \in W_\alpha} p_{i_k(j), j}^{(\alpha)} \frac{b_j}{r_{i_k(j), j}} - a_\alpha \quad (\alpha \in A).$$

Вектор невязок, как можно показать, является обобщенным градиентом в точке $u^{(k-1)}$ кусочно-линейной функции $\Phi(u)$, получаемой в результате подстановки правых частей соотношений (VI.8) вместо соответствующих v_j в целевую функцию (VI.5). Задаваясь некоторым шаговым (скалярным) множителем h_k , мы можем найти следующее приближение для вектора u по формуле

$$u_\alpha^{(k)} = \max \{0, u_\alpha^{(k-1)} + h_k \Delta_\alpha^{(k)}\} \quad (\alpha \in A).$$

Доказано, что для любого начального приближения вектора u (например, $u_\alpha^{(0)} = 0$ для всех $\alpha \in A$) процесс сходится к вектору u , дающему решение рассматриваемой нами нелинейной оптимизационной задачи, а, значит, с использованием формул (VI.8) — к решению двойственной задачи линейного программирования. Для сходимости процесса достаточно потребовать расходимости ряда $\sum_{k=1}^{\infty} h_k$ при условии, что $h_k > 0$ и $h_k \rightarrow 0$ при $k \rightarrow \infty$.

Доказано также, что процесс сходится к оптимальному плану при $h_k = h_{k-1}q$ $q < 1$ ($k = 1, 2, \dots$), если q достаточно близко к 1, а h_0 достаточно велико. Именно этот метод выбора шага обычно применяется на практике. С помощью описанного метода реальная распределительная задача с числом заказов около 8000, числом поставщиков, равным 50, с числом технологических ограничений около 150 для 3000 видов продукции была решена на ЭВМ типа «М-220» за 12 часов.

Как уже отмечалось выше, описанный метод применяется для решения проблемы оптимального прикрепления потребителей к поставщикам в системе краткосрочного планирования. В приведенной упрощенной поставке распределительная задача, разумеется, играет прежде всего роль предплановой ориентировки. Переход к окончательному плану должен включать по крайней мере две дополнительные возможности, реализуемые в диалоговом режиме. Это, во-первых, возможность просчета реальной загрузки транспортной сети и, во-вторых, возможность последовательной корректировки плана путем реализации отдельных предложений по балансировке транспорта, подобно тому, как это было описано в предыдущем параграфе применительно к задачам размещения.

Применение методов последовательной корректировки планов позволяет фактически реализовать переход к непрерывному планированию. Дело в том, что, как уже отмечалось в гл. IV, по отдельным видам заказов, обеспечивающих потребности национальных программ и крупных строек, прикрепление их к определенным поставщикам производится на более длительные сроки, на которые портфели заказов полностью еще не укомплектованы. Такое «неполное» прикрепление осуществляется методом, описанным в настоящем параграфе, до уровня предплановой ориентировки.

«Вмонтирование» в подобный неполный план новых заказов потребует новой предплановой ориентировки, которая может быть выполнена двумя способами. В первом способе производится решение «урезанной» задачи распределения, которая отличается от описанной выше «полной» задачи тем, что уже прикрепленные заказы не включаются в число переменных, а ресурсы, идущие на их выполнение, исключаются из общей суммы ресур-

сов. Второй способ предусматривает каждый раз при очередной переориентировке решение полной распределительной задачи. Разумеется, при этом возможны переприкрепления уже прикрепленных заказов, что, вообще говоря, не очень желательно. Необходимо учесть, что речь идет лишь о предплановой ориентировке. При составлении окончательного плана путем последовательной корректировки всегда оказывается возможным сохранить сделанные ранее прикрепления в случае, если экономия, получаемая в результате переприкрепления, мала и тем более если она лежит в пределах точности расчетов.

Необходимо учесть еще также и то, что в процессе синхронизации работы предприятий, описываемом в следующем параграфе, возможны дальнейшие корректировки составленных на этом этапе планов прикрепления потребителей к поставщикам.

Заметим одну особенность решения распределительных задач применительно к сельскохозяйственному производству. Дело в том, что урожайность различных сельскохозяйственных культур зависит не только от затраченных на их производство ресурсов (например, труда) и продуктов (например, горючего или удобрений), но и от состояния почвы и погодных условий. Поэтому, воспользовавшись долгосрочным прогнозом погоды, данными детального кадастра и данными о фактическом состоянии земельных угодий в разных районах, нужно найти математические ожидания коэффициентов c_{ij} , выражающих удельную стоимость производства (с доставкой потребителям) различных культур в разных районах страны. Поскольку эти коэффициенты зависят еще от уровня снабжения соответствующих районов удобрениями и новой техникой, то в расчет принимается некоторый предварительный план их распределения.

На уровне предплановых ориентировок производится минимизация математического ожидания стоимости выполнения всех заказов. В режиме же последовательной корректировки плана должна быть предусмотрена возможность рассмотрения предложений об изменениях планов распределения техники и удобрений и автоматического пересчета математических ожиданий коэффициентов c_{ij} .

В заключение заметим, что при решении распределительных задач наряду с отечественными потребителями и поставщиками могут рассматриваться и зарубежные. Единственным отличием зарубежных поставщиков является возможность изменения цен. Поэтому в системе прогнозирования внешнеэкономической конъюнктуры должны быть предусмотрены процедуры вычисления математических ожиданий цен (с учетом доставки) на любые заказы, фигурирующие в системе прикрепления потребителей к поставщикам. Что же касается зарубежных потребителей, то в расчет идут не те суммы, которые они фактически выплатят за произведенные поставки, а наши затраты на выполнение и доставку заказов (ибо минимизировать надо именно их). От колебания цен на мировом рынке может зависеть здесь лишь часть транспортных расходов.

§ 3. УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛАНОВ, ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ЗАДАЧА СИНХРОНИЗАЦИИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ

В современной экономике, благодаря развитию процессов специализации и кооперации, резко возрастает взаимозависимость предприятий и целых отраслей промышленности. Неполная или несвоевременная поставка какого-либо продукта может во многих случаях приводить к своеобразной цепной реакции недопоставок и связанных с ними потерь. Например, срыв поставок кокса на металлургический завод приведет к срыву поставок металла, что в свою очередь вызовет срывы в строительстве и машиностроении, могущие привести к срывам практически в любой отрасли народного хозяйства.

Поскольку на производство влияет огромное число разнообразных факторов, в том числе случайных (погодные условия, стихийные бедствия и т. п.), их полный учет в планировании практически нецелесообразен и даже невозможен. Поэтому неизбежны отклонения от выполнения установленных планов в различных экономических ячейках (от отдельного агрегата или производственного участка до целых отраслей).

Устойчивость плана, т. е. достаточно большая вероятность его фактического выполнения при воздействии различного рода случайных факторов, может быть обес-

печена **локализацией** возникающих в отдельных экономических ячейках отклонений за счет создания необходимых **резервов** и **управления** этими резервами. Имеются два вида резервов: запасы тех или иных продуктов и наличие незагруженных или недогруженных производственных мощностей по производству соответствующих продуктов. Задача **оптимального резервирования** состоит в определении объема необходимых резервов для каждого продукта с тем, чтобы обеспечить наиболее эффективное функционирование экономики.

Для решения этой задачи прежде всего задаются вероятности $p_i(T)$ того, что на протяжении планового периода T не произойдет никаких срывов в снабжении i -м продуктом ($i=1, 2, \dots, n$). Для конечных продуктов, т. е. продуктов, удовлетворяющих внеэкономические потребности, такие вероятности задаются прямыми нормативными актами. Для остальных продуктов вероятности $p_i(T)$ вначале задаются априори, а затем уточняются в результате нескольких циклов последовательных приближений.

Фактически контроль за выполнением планов производства любого продукта на макроэкономическом уровне производится в дискретные моменты времени $t=1, 2, \dots, T$. Условие отсутствия срывов в снабжении продуктом i на протяжении планового периода T эквивалентно утверждению о выполнении планов его производства на каждый из моментов $t=1, 2, \dots, T$. Если при планировании не было оставлено **никаких** резервов (в том числе и скрытых в неправильных нормативах), то вероятность невыполнения плана можно считать равной вероятности его перевыполнения. Но в таком случае вероятность бесперебойного снабжения продуктом i в течение планового периода T будет заведомо меньше 0,5, что является, как правило, совершенно недопустимым.

Создав определенный начальный запас $S_i(0)$ продукта i и осуществляя простейший алгоритм оперативного управления этим запасом, мы можем поднять вероятность $p_i(T)$ бесперебойного снабжения продуктом i до любого нужного нам значения. Алгоритм, о котором идет речь, состоит в том, что в каждый из моментов времени $t=1, 2, \dots, T$, в которые производится контроль выполнения планов производства и поставок продукта i , принимается одно из двух решений. В случае невы-

полнения плана производится допоставка продукта i за счет изъятия части запаса (возможно, и 100%). В случае же перевыполнения плана производится пополнение запаса за счет полученных излишков продукта. В задачу оперативного управления входит также частичное перераспределение планов поставок между предприятиями, выпускающими одну и ту же продукцию. Часть поставок, срывающихся за счет невыполнения планов одними предприятиями, может быть произведена другими предприятиями, перевыполняющими план без обращения к запасам.

В случае наличия резервов как в виде запасов продукта, так и в виде производственных мощностей, способных его производить, употребляются несколько более сложные алгоритмы оперативного управления. Хорошие результаты дает обычно алгоритм двухуровневого управления запасами. Определяются два уровня $s_i < S_i$ запасов продукта i . При снижении фактических запасов ниже уровня s_i для его пополнения включаются резервные мощности R_i по производству продукта i . При достижении фактическими запасами верхнего уровня S_i резервные мощности прекращают работу.

Для решения задачи оптимального резервирования производится (в соответствии с избранным алгоритмом оперативного управления) первое определение фактической величины уровней запасов готовой продукции и резервных мощностей, т. е. для алгоритма двухуровневого управления величин s_i , S_i , R_i . При определенных гипотезах о характере случайных процессов производства рассматриваемого (в данном случае i -го) продукта решение задачи удается получить аналитическим путем, минимизируя (при условии обеспечения заданной вероятности $p_i(T)$ бесперебойного снабжения продуктом i) сумму математических ожиданий потерь, связанных с содержанием запасов обоих видов. Однако ввиду крайней упрощенности поставок такие решения можно использовать в лучшем случае лишь в качестве предварительных ориентировок.

Обычно же такую задачу решают методом целенаправленного перебора (лучше всего в диалоговом режиме). С этой целью в ЭВМ вводится модель процесса производства, генерирующая те или иные конкретные реализации случайного процесса производства рассма-

триваемого продукта, а также модель принятого алгоритма (или класса алгоритмов) оперативного управления с заданными величинами запасов. Далее методом статистического моделирования производится оценка вероятности бесперебойной поставки продукта i на всем плановом периоде и минимизация (методом градиентного спуска) суммарных затрат на резервирование.

Поскольку достаточно надежная оценка малых вероятностей прямым статистическим моделированием весьма трудоемка, используются различные приемы ускорения. Например, при выработке реализаций $x_i(t)$ процесса производства искусственно (путем грубых простых оценок) устраняются варианты, заведомо обеспечивающие бесперебойное снабжение продуктом i . Ограничением при минимизации служит априорно заданная вероятность $p_i(T)$ бесперебойности снабжения.

После получения первого варианта решения может производиться уточнение значений вероятностей $p_i(T)$ для продуктов внутриэкономического потребления. С этой целью изменяют принятое значение $p_i(T)$ и определяют на модели взаимодействия отраслей изменение ΔE математического ожидания потерь из-за сбоев в снабжении продуктом i во всех зависящих от него (как прямо, так и косвенно) отраслях. Это изменение сравнивается с изменением ΔQ затрат на запасы (для этого заново решается задача оптимального резервирования с новым значением вероятности $p_i(T)$). Приращения ΔE и ΔQ имеют разные знаки. Если их сумма отрицательна, то принятое направление изменения вероятности $p_i(T)$ полезно и может быть повторено. В случае, когда $\Delta E + \Delta Q > 0$, следует изменить $p_i(T)$ в направлении, обратном только что сделанному.

Необходимо заметить, что к потерям, связанным с содержанием резервных запасов готовой продукции, относятся в качестве слагаемого математическое ожидание естественных потерь продукта (например, сахара в свекле) и потерь из-за морального старения запаса в результате научно-технического прогресса. Последний вид потерь возникает особенно часто в эпоху научно-технической революции, ставя управление экономикой каждый раз перед дилеммой: либо продолжать выпуск устаревшей продукции, либо терять накопленные запасы. Поэтому сейчас все большее значение начинают приобре-

тать резервы в виде достаточно универсальных производственных мощностей, способных быстро перестраиваться на выпуск новой продукции. Очень важно, чтобы сигналы о предполагаемых изменениях продукции поступали бы в систему оперативного управления возможно в более ранний срок с тем, чтобы осуществлять планомерное снижение уровня запасов устаревших продуктов, хотя бы и за счет определенного увеличения вероятностей сбоев в снабжении.

Вопрос о выборе места расположения складов со страховыми запасами продуктов может ориентировочно решаться в общей схеме задач размещения. Новое в ее постановку привносит прежде всего необходимость обеспечения надежности снабжения и учета дополнительных погрузочно-разгрузочных операций. Легко понять, что в случае, когда число поставщиков гораздо меньше, чем потребителей или районов их концентрации, а работа транспорта абсолютно надежна, страховые запасы выгоднее всего создавать у поставщиков. При этом необходимо, разумеется, иметь соответствующие формы ответственности поставщиков за безусловное соблюдение сроков поставок. Если принимать во внимание ненадежность транспорта (а также соображения равномерности его загрузки), то страховые запасы необходимо создавать либо непосредственно у потребителей, либо в местах их концентрации. Их размер будет при этом меньшим, поскольку ненадежность одного транспорта меньше суммарной ненадежности транспорта и поставщика.

В предыдущем параграфе рассматривались распределительные задачи, позволяющие осуществить (в пределах определенного промежутка времени t) оптимальное прикрепление заказов потребителей к предприятиям-поставщикам. Поскольку промежуток времени t , на который осуществляется прикрепление, обычно достаточно велик (квартал или, в лучшем случае, месяц), то он не обеспечивает необходимой **синхронизации** работы потребителей и поставщиков. Отсутствие детальной синхронизации взаимных поставок с точностью до одного дня, а в ряде случаев даже часов и минут вызывает появление **мнимых дефицитов**, имеющих тенденцию переходить впоследствии в истинные дефициты.

Это явление удобнее всего пояснить на примере двух строек, каждой из которых нужен один и тот же период t (скажем, квартал) один и тот же продукт (скажем, определенный типоразмер проката). Предположим, что прикрепление их к поставщику произошло правильно и своевременно. Однако при фактической реализации прикрепления стройка A , которой металл нужен был в начале квартала, получила его в конце квартала. У стройки же B все произошло наоборот: металл, нужный ей в конце квартала, она получила в самом его начале. На стройке A возник дефицит, который вызван не фактической нехваткой металла, а лишь недостатками управления. Естественно поэтому назвать его мнимым дефицитом. Если же стройка A была стройкой **металлургического** завода, то задержка в сроках его постройки, вызванная мнимым дефицитом, приведет уже к истинному дефициту металла.

Разобранный пример типичен и даже несколько идеализирует ситуацию. На деле зачастую случается, что и стройка B не может вовремя смонтировать полученный заблаговременно прокат из-за отсутствия в нужный момент другого необходимого продукта (засланного, возможно, на ту же стройку A , где его тоже нельзя использовать в силу некомплексности поставок).

Имея автоматизированную систему управления, каждый потребитель может, разумеется, подсчитать день, а если нужно, то и час с минутами, когда он должен получить тот или иной заказ, однако выполнение заказов в той очередности и в те сроки, в которые они приходят от потребителей, для поставщиков обычно крайне невыгодно, а зачастую и просто невозможно. Дело в том, что во многих случаях различные продукты (различные сорта проката, машины, приборы, ткани различных фасонов и расцветок и т. п.) изготавливаются с помощью одного и того же оборудования. Переход на изготовление продукции другого вида требует **переналадки** оборудования, а эта операция требует времени и средств.

Поставщику, таким образом, выгодны длинные партии, что, как правило, противоречит интересам потребителей. Для синхронизации поставок по сделанным заказам и планов производства у поставщиков служат так называемые **буферные** запасы. Не отличаясь по форме

от рассмотренных выше страховых запасов, они служат другой цели и рассчитываются поэтому другими методами.

Для предварительных ориентировок в решении задач синхронизации служит понятие так называемой **оптимальной партии**. Предположим, что имеется большое число мелких заказов какого-либо продукта, равномерно распределенных во времени. Для их удовлетворения создается буферный запас готовой продукции, расходующийся (на поставки по заказам) с постоянной скоростью v . Обозначим через A суммарные расходы для подготовки производства к выпуску партии какого-либо продукта. В первом приближении можно считать, что эта величина не зависит от размера x изготавливаемой партии, так что расходы на подготовку производства в расчете на одну единицу продукта составят $\frac{A}{x}$.

Предположим, что очередная партия изготавливается к моменту полного исчерпания заказа, а время ее изготовления по сравнению со временем расходования $T = \frac{x}{v}$ относительно мало. Тогда среднее время хранения одной единицы продукта равно $\frac{1}{2}T = \frac{x}{2v}$. При затратах на хранение одной единицы продукта в течение одной единицы времени, равных B , общие затраты на хранение, отнесенные на единицу продукта, представляются в виде $\frac{Bx}{2v}$, а суммарные расходы — $S = \frac{A}{x} + \frac{Bx}{2v}$. Минимум расходов s (в расчете на единицу продукции) достигается при

$$x = \sqrt{\frac{2vA}{B}}. \quad (\text{VI. 9})$$

Эта формула и определяет оптимальный размер партии при условии постоянства скорости расхода v . Поскольку в реальной экономике скорость расхода v обычно переменна, то формулу (VI.9) применяют для некоторой средней скорости $v_{\text{ср}}$ расхода очередной партии. Полное время расхода партии размера x при постоянной скорости v определяется формулой

$$t = \sqrt{\frac{2A}{vB}}. \quad (\text{VI. 10})$$

Поскольку средняя скорость расхода определяется для периода t , а он сам зависит от этой скорости, то нахождение обеих величин (t и v_{cp}) производится последовательным приближением с помощью нескольких итераций. При относительно медленных изменениях скорости расхода итерационный процесс сходится очень быстро.

Получив ориентировочные размеры оптимальных партий, строят первый вариант календарного плана работы предприятия-поставщика. На этом этапе в плане могут быть различного рода накладки: отсутствие достаточно длительных интервалов для ремонтов и профилактики оборудования, возникновение в какие-то периоды времени невязок по ресурсам, несвоевременное выполнение некоторых заказов (особенно одиночных и неравномерно распределенных во времени) и т. п. Окончательная увязка планов производится путем последовательной передвижки сроков изготовления партий, производится их композиция и декомпозиция, а иногда и перекomпоновка с изменением последовательности изготовления партий.

Эффективность решения подобной задачи может быть сильно увеличена при организации коллективного человеко-машинного диалога. Одну часть этого диалога обеспечивают работники предприятия-поставщика, которые вместе со своими ЭВМ формируют и оценивают (с точки зрения экономики своего предприятия) различного рода предложения по доводке плана. Если возникают предложения по изменению сроков поставок по сделанным заказам, в диалог включается другая сторона. Потребители вместе со своими ЭВМ оценивают величину потерь (на своих предприятиях) в случае принятия сделанных предложений и в случае, когда положительный эффект у поставщика перекрывает эти потери, готовят предложения о формах компенсации потерь.

Для осуществления подобного режима работы необходима специальная техническая база, описываемая в гл. VII. Эта же техническая база оказывается необходимой и для решения многих других задач планирования и управления, описанных выше.

Глава VII

ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА И ПУТИ ПОСТРОЕНИЯ ОГАС

§ 1. ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕТЬ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ

Основу Общегосударственной автоматизированной системы управления (ОГАС), требующую наибольших капиталовложений, составляет ее низовое звено, осуществляющее непосредственное управление первичными экономическими объектами и процессами. Это автоматизированные системы управления предприятиями, стройками, проектными и конструкторскими организациями, городским хозяйством и т. п. Техническую базу таких систем составляют информационно-вычислительные центры (ИВЦ) вместе с системами сбора и передачи необходимой экономической информации. Существуют три основных типа ИВЦ, удовлетворяющих интересы нижних звеньев управления. Для крупных экономических объектов (прежде всего для крупных предприятий и объединений) в большинстве случаев оказывается целесообразным иметь свои собственные индивидуальные ИВЦ.

Собственная вычислительная техника особенно необходима тем экономическим объектам, у которых вопросы организационного управления тесно переплетаются с управлением технологическими процессами, а также в тех случаях, когда решение задач в человеко-машинном (диалоговом) режиме требует высоких скоростей обмена информацией между ЭВМ и людьми.

Второй тип ИВЦ, который мы будем называть кустовым ИВЦ, предназначен для обслуживания в основном в режиме пакетной обработки группы относительно мелких предприятий, расположенных на относительно компактной территории (город, район, небольшая область) и обычно имеющих родственный профиль. Основным

средством передачи информации на такие ИВЦ служит прямая транспортировка машинных носителей (перфокарт, перфолент, магнитных лент, карт и дисков, а также торговых ярлыков и других специализированных носителей информации). Пользователи снабжаются устройствами подготовки информации и соответствующими транспортными средствами.

Третий тип ИВЦ, называемый ИВЦ коллективного пользования, позволяет решать задачи как в пакетном, так и в диалоговом режиме одновременно для большого числа территориально удаленных пользователей. Для этой цели у пользователей устанавливаются терминальные комплекты оборудования (абонентские пункты), соединенные с ИВЦ каналами связи. В зависимости от характера решаемых задач терминальные комплекты могут варьироваться от обычных телетайпов до небольших ВЦ с одним или несколькими миникомпьютерами.

При наличии достаточно развитой системы связи ИВЦ коллективного пользования в принципе может быть удален от своих пользователей на любое расстояние. Однако соображения экономического характера определяют определенный компромисс между преимуществами концентрации вычислительных мощностей в крупных ИВЦ и затратами, необходимыми для организации устойчивой связи на больших расстояниях.

Важной особенностью АСУ низового звена является то, что основные информационные массивы в них определяются прежде всего распределением материальных ценностей и материальных потоков и относительно мало зависят от структуры управления экономикой (особенно в ее верхних звеньях). Эти массивы должны включать в себя непрерывно обновляемые сведения о различного рода ресурсах (оборудование, здания и другие сооружения, запасы материалов и полуфабрикатов, трудовые ресурсы и т. п.). В основные массивы включаются все нормативные и плановые показатели, а также сами планы в динамическом виде (т. е. приспособленные для быстрых корректировок в диалоговом режиме). Все эти данные нужны в самом подробном виде для того, чтобы обеспечить весь комплекс первичных задач планирования и управления: от предприятий в целом до отдельных цехов и производственных участков.

Известно, что решение многих задач планирования

и управления даже на уровне предприятий, не говоря уже о более высоких уровнях, требует укрупненной информации, очищенной от многих мелких деталей. К настоящему времени выявлен ряд относительно устойчивых процедур укрупнения информации при переходе к более высоким звеньям управления. Вместе с тем практика убедительно показывает, что в целом проблема укрупнения информации не может быть решена раз и навсегда. Изменения в организационной структуре управления, а также наличие большого диапазона нерутинных задач в высших звеньях управления экономикой приводят к необходимости быстрого формирования новых информационных массивов для этих звеньев. Такая задача может быть решена только при наличии во всех АСУ низового уровня специального математического обеспечения, позволяющего быстро формировать любые вторичные массивы из первичных показателей, содержащихся в основных массивах.

Как и в случае низового уровня, органы управления более высоких уровней могут обслуживаться вычислительными мощностями на индивидуальных и коллективных началах. В первом случае орган управления создает свой собственный ИВЦ (Главные вычислительные центры в министерствах, Госплане СССР, Госнабе СССР и других органах). Во втором случае орган управления снабжается лишь терминальными устройствами, а для решения необходимых ему задач использует чужие вычислительные мощности. Второй путь целесообразен для органов управления с относительно малым объемом информационно-вычислительных работ, к числу которых относятся большинство органов управления районного и частично областного уровня.

При любой форме обслуживания вычислительными мощностями автоматизация управления в рамках компетенции любого органа должна предусматривать создание собственной информационной базы этого органа и системы, обеспечивающей ее постоянное обновление. Основная часть этой информации имеет в качестве своего источника первичные информационные массивы низового звена или информационные массивы органов управления более низкого уровня. Поэтому необходимо наладить постоянные информационные потоки снизу вверх, обеспечивающие регулярное обновление создан-

ных информационных массивов, а также контроль исполнения решений, выполнения планов и т. п. Наряду с такими регулярными потоками в хорошо спроектированной системе автоматизированного управления должна быть предусмотрена возможность быстрого получения от нижестоящих звеньев системы любой другой информации в каких угодно разрезах.

Таким образом, в рамках системы, подведомственной данному органу и входящей в ОГАС в качестве подсистемы, осуществляется автоматизация **вертикальных информационных связей** (от вышестоящих органов к нижестоящим и наоборот). Передача информации осуществляется либо по каналам связи, либо путем прямой транспортировки машинных носителей.

Решение задач управления в большинстве подсистем ОГАС требует совместной работы ВЦ различных уровней управления. Так, для эффективного решения плановых задач необходима совместная работа ГВЦ Госплана СССР с ГВЦ госпланов союзных республик и ГВЦ министерств. В рамках отраслевых систем приходится осуществлять взаимодействие ГВЦ министерства с ИВЦ предприятий и объединений и т. д.

Организация совместной работы многих ВЦ, каждый из которых имеет к тому же свои собственные задачи, в том числе и такие, решение которых не может быть отложено, представляет собой сложную техническую задачу. Для ее решения необходимо, чтобы один из ВЦ взял на себя функции управления процессами взаимодействия всех ВЦ, выполняющих совместную работу. Для выполнения подобных **диспетчерских функций** он должен оперативно получать информацию о состоянии оборудования и планах загрузки со всех ВЦ, участвующих в работе. Кроме того, для формирования заданий отдельным ВЦ он должен располагать автоматизированным каталогом, описывающим информационные массивы и программное хозяйство всех ВЦ, работой которых он руководит.

Выполнение диспетчерских функций требует, таким образом, определенных **полномочий** для получения информации от диспетчируемых ВЦ и оперативного управления их работой. Такие полномочия не всегда возможно получить даже в рамках одной замкнутой подсистемы, поскольку определенную часть работы для этой подси-

стемы могут выполнять не входящие в нее административно центры коллективного пользования

Еще сложнее обстоит дело в том случае, когда речь идет об автоматизации не вертикальных, а **горизонтальных** связей, требующей взаимодействия АСУ и ВЦ различных ведомств. Как было показано в гл. VI, эти связи имеют решающее значение для использования всех возможностей, заложенных в ОГАС, и являются сегодня одним из основных источников потерь.

Для решения этой задачи необходимо организовать общегосударственную диспетчерскую систему, позволяющую организовать эффективное взаимодействие любых ВЦ, занятых обработкой экономической информации, независимо от их ведомственной принадлежности. Основу этой системы должна составить сеть автоматизированных информационно-диспетчерских пунктов, совмещенных с мощными вычислительными центрами коллективного пользования. Мы будем называть эти центры **Общегосударственными информационно-вычислительными центрами (ОГИВЦ)**. Для эффективного выполнения возлагаемых на нее функций сеть ОГИВЦ должна охватывать всю территорию страны, а все установленные в них ЭВМ должны работать как **единый комплекс**. Это означает, в частности, возможность обращения (через линии связи) любой ЭВМ комплекса к внешним устройствам (включая магнитные ленты и магнитные диски) любой другой ЭВМ.

Все остальные ВЦ подсоединяются через закрепленные или коммутируемые каналы связи к ближайшим к ним (с точки зрения конфигурации линий связи) ОГИВЦ. На ближайшие ОГИВЦ замыкаются непосредственно (или через промежуточные ВЦ коллективного пользования) все абоненты, не имеющие собственных ВЦ. Все эти ВЦ вместе с абонентскими пунктами составляют Государственную сеть вычислительных центров (ГСВЦ). Ее основу, организующую и управляющую работой входящих в нее ВЦ, составляет сеть ОГИВЦ.

Операционная система сети ОГИВЦ должна предусматривать возможность образования для совместной работы любых конфигураций ВЦ и абонентских пунктов, входящих в ГСВЦ, независимо от их ведомственной принадлежности. Это требует организации ее

взаимодействия с операционными системами всех ЭВМ ГСВЦ, в частности, возможности автоматического получения оперативной информации о загрузке различных ресурсов (памяти, периферийных устройств и др.), доступа к каталогам и т. п.

Напомним, что в ГСВЦ входят все ВЦ, обслуживающие низовой уровень управления и в совокупности содержащие все самые подробные (и постоянно обновляемые) сведения о первичных экономических объектах и процессах. Объединенные сетью ОГИВЦ в единую систему, эти ВЦ образуют распределенный банк первичных данных для любых возможных органов и уровней управления. Наличие такого банка и специального математического обеспечения позволяет решать все задачи планирования и управления, описанные в предыдущих главах, а также ряд дополнительных, не менее важных задач национального масштаба.

Среди них следует назвать задачу контроля работы предприятий и организаций, основанного на объективных данных и могущего доходить, в случае необходимости, до самого подробного уровня. Вторая задача — это проведение экономического анализа происходящих в народном хозяйстве процессов с целью выработки мероприятий по совершенствованию системы управления. Третья задача — это организация непрерывно действующей справочно-информационной службы, способной за короткое время подобрать и обобщить любую информацию, необходимую для принятия решений на любом уровне управления. С целью ускорения этой работы и облегчения нагрузки на каналы связи в ОГИВЦ образуются собственные банки данных для наиболее часто запрашиваемой информации.

В случае изменения организационной структуры управления экономикой (например, в случае образования нового министерства) сеть ОГИВЦ (с помощью распределенного банка первичных данных) может за короткий срок приготовить новые массивы информации для вновь организуемых или реорганизуемых органов управления и решать (до образования собственных ВЦ) различные задачи управления по их заказам. Сеть ОГИВЦ может предоставлять свои вычислительные мощности, а также мощности своих абонентов (в случае наличия у них необходимых резервов) для снятия пико-

вых нагрузок у любых ведомственных ВЦ, входящих в ГСВЦ. В результате мощности этих ВЦ могут рассчитываться по средним, а не по пиковым нагрузкам. Аналогичным образом в ГСВЦ выполняется функция **аварийного резервирования**, т. е. возможности использования мощности всей сети абонентами, у которых временно выходят из строя собственные вычислительные мощности. Это делает излишним дублирование оборудования на ведомственных ВЦ без снижения надежности работы обслуживаемых ими АСУ.

Если бы даже ГСВЦ не решала задачи межведомственного характера, преимущества, которые дает концентрация вычислительной техники, и возможности взаимной подстраховки в ГСВЦ дают огромную экономию (в 1,5—2 раза) по сравнению с созданием независимых ведомственных систем ВЦ. Однако главный экономический эффект ГСВЦ обеспечивает именно возможность эффективного решения задач межведомственного характера. Только повсеместное решение описанных в гл. VI задач синхронизации работы предприятий может привести к увеличению темпов роста экономики (при тех же ресурсах) по меньшей мере на 50%, а возможно, и значительно более.

§ 2. ОБЩЕГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Развитие систем связи до определенного времени происходило в основном под влиянием необходимости передачи не дискретной, а непрерывной информации (телефонных разговоров, радио- и телевизионных программ). По мере увеличения необходимости связи с ЭВМ и между ЭВМ (за счет развития ВЦ коллективного пользования; сетей ЭВМ и распределенных систем сбора данных) на развитие систем связи все в большей мере стали влиять задачи передачи дискретной информации.

На первых порах для этой цели использовалась (и продолжает использоваться) обычная телефонная и телеграфная связь. На небольших расстояниях (в пределах города и его окрестностей) в телефонных линиях используется естественная (звуковая) частота, а каналы связи реализуются обычно в виде отдельных жил в многожильных кабелях. При передаче на большие расстояния более целесообразно использовать высокие частоты, мо-

дулируя их звуковой частотой. Физически линия дальней связи представляет собой один широкополосный канал, реализуемый в виде коаксиального кабеля или радиорелейной линии (т. е. последовательной цепи направленных УКВ передатчиков и приемников с усилением сигналов в каждом пункте). Однако с помощью специальной системы фильтров на передающем и приемном конце линии один широкополосный канал может быть разделен на большое число узкополосных каналов, каждому из которых соответствует свой определенный участок высокочастотного спектра. Ширина этого участка (полосы спектра) в 3000 Гц оказывается достаточной для передачи телефонных разговоров. Для телеграфной связи ширина полосы может быть уменьшена на порядок и более.

Телефонные станции (как местные, так и междугородные) осуществляют **коммутацию каналов**, образуя временную последовательность каналов от станции к станции для соединения любой пары абонентов. Постоянными в этой последовательности будут лишь каналы от абонента до ближайшего коммутатора телефонной сети, к которому подсоединен этот абонент. Все остальные каналы могут меняться от одного разговора к другому. На рис. 3 показаны две разные конфигурации каналов,

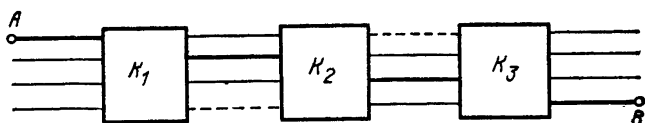


Рис. 3

соединяющих абонентов A и B . Через K_1 , K_2 , K_3 на этом рисунке обозначена последовательная цепь телефонных станций (коммутаторов), осуществляющих связь. В первой конфигурации связь между K_1 и K_2 осуществляется по второму каналу, а связь между K_2 и K_3 — по третьему каналу. Во второй конфигурации для связи между K_1 и K_2 используется четвертый канал, а для связи между K_2 и K_3 — первый канал.

Помимо подобной системы связи с коммутируемыми каналами в особо ответственных случаях используется связь по закрепленным каналам. В этом случае за парой абонентов A и B закрепляются (без права использования другими абонентами) не только конечные участки

(от абонента до ближайшего коммутатора) соединяющей их линии связи, но и вся цепь промежуточных каналов, соединяющих последовательные коммутаторы.

Передача сигналов, используемых в ЭВМ для представления цифро-буквенной информации, на небольшие расстояния (до нескольких сотен метров) может осуществляться по специальным кабелям в их естественном виде. Для передачи на большие расстояния эти сигналы должны преобразовываться в форму, имитирующую обычные телефонные или телеграфные сигналы. Такое преобразование осуществляется с помощью специальных модулирующих и демодулирующих устройств, кратко называемых модемами. Наиболее простыми и дешевыми являются частотные модемы. Для представления дискретных (обычно двоичных) сигналов они используют изменение частоты (в герцах) от $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{4}$ максимальной скорости передачи данных в бодах (т. е. в битах в секунду). Ширина требуемой полосы частот в канале связи для частотных модемов приблизительно равна удвоенной скорости передачи данных. Иными словами, на один герц полосы приходится около $\frac{1}{2}$ бода скорости передачи дискретной информации. Для телефонных каналов с использованием частотных модемов скорость передачи может колебаться от 1200 бод (в случае коммутируемых каналов) до 1800 бод (в случае закрепленных каналов).

Как правило, закрепленные каналы допускают большую скорость передачи, чем коммутируемые из-за меньшего уровня помех (дополнительные помехи в коммутируемых каналах создают сами устройства коммутации). Теоретически при предположении о наличии в канале белого шума с отношением уровней сигнала к шуму, равным $\frac{S}{N}$, на один герц полосы может приходиться до $\log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right)$ бод скорости передачи дискретных сигналов. Даже при $\frac{S}{N} = 1$, что может иметь место лишь в случае крайне плохих каналов, на один герц полосы теоретически может приходиться один бод скорости передачи дискретных сигналов. В случае же хороших каналов (например, каналов дальней связи через искусственные спутники Земли), в которых отношение $\frac{S}{N}$ увеличивается

до 30, теоретически может быть достигнута скорость передачи 5 бод на один герц полосы.

Для использования этих возможностей применяются другие типы модемов, прежде всего фазовые и амплитудные (многоуровневые) модемы. В четырехфазных модемах (использующих четыре сдвига) фазы для обычных телефонных каналов скорость передачи достигает 2400 бод, а в восьмифазных — 4800 бод. Четырех- и особенно восьмиуровневые амплитудные модемы с подавлением боковой полосы частот позволяют довести скорость передачи по обычным телефонным каналам до 9600 бод. Дальнейшее увеличение скорости передачи (достигающее сегодня 48 тыс. бод и выше) требует использования более широкополосных каналов.

Связь между двумя ЭВМ или между ЭВМ и удаленным терминалом (абонентским пунктом) осуществляется с помощью передачи **сообщений**, разбитых на отдельные **слова**. Учитывая некоторые особенности системы связи, прежде всего характер модуляции и необходимость борьбы с помехами, при передаче дискретных сигналов на дальние расстояния применяют специальные системы кодирования, отличные от принятых в современных ЭВМ. Так, при использовании двухуровневых модемов передача идет побитово, а не побайтово или пословно. Далее каждое передаваемое слово целесообразно представлять в так называемых кодах Хэмминга, позволяющих восстанавливать (на приемном конце) одну или несколько ошибок, возникающих при передаче.

Особую проблему составляет борьба с так называемыми **пачками ошибок**, искажающими не один, а сразу несколько последовательно передаваемых сигналов. Ошибки такого рода более характерны для современных линий связи, чем разовые ошибки, распределенные по закону Пуассона. Для эффективной борьбы с пачками ошибок можно использовать специальные приемы, например передавать последовательно сначала все первые биты слов, составляющих сообщение, затем все вторые биты и т. д. При возникновении всего лишь одной ошибки в каждом слове пачки ошибок, искажающей, скажем, все третьи биты слов, она может быть исправлена на приемном конце без повторной передачи сообщения.

Для обнаружения неисправленных ошибок используются различные методы. В случае если обнаружены та-

кие ошибки, то по специальному сигналу с приемного конца (или, если наоборот, отсутствию сигнала, подтверждающего правильность приема) сообщение передается повторно. В результате использования подобных методов повышения достоверности передачи данных достигается высоконадежная работа системы связи даже при использовании каналов низкого качества.

Разумеется, осуществление всех описанных операций требует наличия как на приемном, так и на передающем конце специальной **аппаратуры передачи данных** (АПД).

Кроме обычной коммутации каналов, в системах передачи данных может быть использован еще один вид коммутации, называемый **коммутацией сообщений**. В центрах этих коммутаций поступающие сообщения на некоторое (обычно весьма короткое) время задерживаются в памяти специальных связных ЭВМ и при освобождении канала передаются в следующий центр коммутации сообщений либо непосредственно к абоненту, которому они адресованы. Сообщения снабжаются при этом специальными заголовками с адресами (условными кодами) абонентов, которым они направляются. Используются те или иные стратегии концентрации сообщений и их передачи от одного центра коммутации к другому.

В системах, специально предназначенных для передачи данных (как, например, американская система Datapac), может использоваться не частотное, а **временное** разделение каналов. В этом случае связные ЭВМ, устанавливаемые на пунктах коммутации сообщений, обеспечивают разделение каждого последовательного временного промежутка $(0, t)$, $(t, 2t)$, $(2t, 3t)$ на более мелкие временные промежутки длиной τ . В промежутки $(0, \tau)$, $(t, t+\tau)$, $(2t, 2t+\tau)$, ... передается информация первого канала, в промежутки $(\tau, 2\tau)$, $(t+\tau, t+2\tau)$, $(2t+\tau, 2t+2\tau)$, ... — информация второго канала и т. д. Этот способ позволяет исключить громоздкую аналоговую каналообразующую аппаратуру и приводит (с учетом быстрого совершенствования технологии производства дискретной микроэлектронной аппаратуры) к более дешевым и надежным техническим решениям.

Хотя для создания ОГСПД можно частично использовать уже существующую систему связи, многие задачи необходимо решать заново. Помимо унифицированной аппаратуры передачи данных у абонентов системы (ВЦ

и абонентских пунктов) должна быть построена новая система центров коммутации каналов и коммутации сообщений и соответственным образом увеличена пропускная способность линий связи как за счет расширения старых, так и за счет строительства новых линий.

§ 3. ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ ОГАС

Задача создания ОГАС распадается на три главные составные части: создание ГСВЦ, создание ОГСПД и создание системы математических моделей и соответствующей программно-информационной базы, обеспечивающих эффективное управление экономикой (включая процесс его непрерывного совершенствования).

Наиболее прямой и эффективный путь решения последней задачи включает следующие основные шаги. Во-первых, это утверждение общей концепции всей системы моделей в целом и соответственное уточнение как разбиения ее на отдельные подсистемы, так и заданий на эти подсистемы. Второй шаг — это организация разработок отдельных подсистем и создание системы, обеспечивающей процесс непрерывной взаимоувязки этих разработок и максимально возможную типизацию работ по созданию программно-информационного обеспечения.

Для выполнения этих шагов необходимы заказчик самого высокого уровня и специальный институт при нем, который обеспечивал бы формирование и непрерывное совершенствование общей концепции всей системы ОГАС. Имея своих представителей у разработчиков всех подсистем ОГАС, этот институт должен служить научной базой для работы совета главных конструкторов всех подсистем ОГАС. Наряду с подобной организующе-координирующей ролью институт должен располагать значительными резервами разработчиков (у себя или в других привлекаемых к совместной работе институтах) для быстрого решения различного рода стыковочных задач, без которых невозможно объединение всех создаваемых подсистем в единую систему.

Для максимальной унификации проектных решений, уменьшения общего объема работ и увеличения их качества следует иметь три уровня типизации программно-информационного обеспечения. Первый уровень обеспечивает решение всех тех задач, которые являются общими (с разумной долей функциональной избы-

точности) для АСУ всех типов как в промышленной, так и в непромышленной сфере. Это прежде всего касается развития операционных систем и систем программирования (включая операционные системы многомашинных комплексов и телеобработку).

Далее следует комплекс программ, обеспечивающих преобразования массивов применительно к справочно-информационным функциям ОГАС и ее отдельных звеньев. Третий класс составляют программы для различных математических методов, применяемых в АСУ.

Наконец, на этом уровне возможны законченные технические решения (включая формы массивов и документов) для некоторых функциональных подсистем, имеющих универсальное значение (кадровый и бухгалтерский учет, контроль исполнения решений и т. п.).

Второй уровень типизации предполагает создание законченных технических решений (с определенной долей функциональной избыточности) для групп родственных АСУ, например, для АСУ всех машиностроительных или всех строительных министерств. Эти решения должны включать в себя необходимую перестройку организационных форм управления и систем экономического стимулирования, что может способствовать значительному увеличению доли типовых решений. На этом уровне должны быть созданы типовые решения для всех основных функциональных подсистем, обеспечивающих управление предприятиями, объединениями и отраслями народного хозяйства.

Внедрение типовых решений первого и второго уровня должно быть обеспечено специализированными монтажно-наладческими организациями. В функцию этих организаций должна входить привязка типовых решений, обучение кадров заказчиков с целью проведения необходимой подготовительной работы к принятию системы и ее последующей эксплуатации, комплектная поставка всего необходимого оборудования (с соответствующим программно-информационным обеспечением), его монтаж и наладка, наблюдение за эксплуатацией и обеспечение ремонтно-профилактической работы.

Третий уровень типизации состоит в создании национального центра по программно-информационному обеспечению АСУ и распределению ответственности по

созданию программ (и соответствующего их информационного обеспечения) различных типов между всеми ВЦ, имеющими собственные кадры программистов, и институтами, ведущими работу по АСУ. Все вновь созданные программы для АСУ должны регистрироваться в таком центре и оперативно передаваться в те ВЦ, где они могут быть эффективно использованы.

Задачу создания ГСВЦ, помимо уже описанной работы по созданию ведомственных АСУ, следует, по-видимому, начать с создания неавтоматизированных (на первых порах) информационно-диспетчерских (межведомственных) пунктов, объединенных в единую общесоюзную организацию. В первую очередь их следует создать в областях с большой концентрацией вычислительной техники. Используя на первых порах простую телефонную связь (голосом), а также обмен информацией на машинных носителях непосредственно или через телетайпы, диспетчеры должны начать решать ту часть задач ГСВЦ, которые можно решить без автоматизации. Опыт показывает, что уже на этом этапе может быть получен значительный эффект за счет увеличения загрузки существующих ведомственных ВЦ и упорядочения процесса создания новых ВЦ¹.

Одновременно должна быть развернута работа по проектированию типового автоматизированного информационно-диспетчерского пункта и ВЦ коллективного пользования. Уже созданная информационно-диспетчерская служба будет при этом естественным заказчиком на такие разработки и их последующее внедрение. Строительство АИДП и ВЦ коллективного пользования должно осуществляться прежде всего в тех местах, где в них имеется наибольшая нужда. Таким образом, в течение какого-то времени автоматизированная диспетчеризация в одних районах страны будет сочетаться с ручной диспетчеризацией в других районах. Одновременно со строительством АИДП и ВЦ коллективного пользования должна соответственно развиваться ОГСПД, а также операционная система и программно-информационная база сети, обеспечивающая фактическое создание ГСВЦ с функциями, описанными в § 1.

¹ Часть запросов на машинное время диспетчер может удовлетворить за счет существующих ВЦ, не прибегая к созданию новых.

ЛИТЕРАТУРА

- Аганбегян А. Г., Гранберг А. Г. Экономико-математический анализ межотраслевого баланса СССР. М., «Мысль», 1968.
- Акофф Р., Саснени М. Основы исследования операций (Пер. с англ.). М., «Мир», 1971.
- Глушков В. М. О последовательной оптимизации в линейных макроэкономических моделях. — «Управляющие системы и машины», 1973, № 4.
- Глушков В. М. Введение в АСУ. Киев, «Техника», 1972.
- Глушков В. М. О последовательной дезагрегации в статистической макроэкономической модели. — «Управляющие машины и системы», Киев, 1972, № 2.
- Глушков В. М. Обобщенные динамические системы и процессное прогнозирование. — В сб.: Теоретическая кибернетика, вып. 5, Киев, 1970.
- Глушков В. М. О прогнозировании на основе экспертных оценок. — «Кибернетика», 1969, № 2.
- Глушков В. М., Федоренко Н. П. Проблемы широкого внедрения вычислительной техники в народное хозяйство. — «Вопросы экономики», 1964, № 7.
- Кюфман А., Дебазей Г. Сетевые методы планирования. Применение системы ПЕРТ и ее разновидностей при управлении производством и научно-исследовательскими проектами. (Пер. с франц.). М., «Прогресс», 1968.
- Ланкастер К. Математическая экономика (Пер. с англ.). М., «Сов. радио», 1972.
- Михалевич В. С., Шор Н. З. Математические методы решения некоторых задач размещения. — В сб.: Применение математики при размещении производительных сил. М., «Наука», 1964.
- Системы передачи данных и сети ЭВМ (перевод Трудов Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике, № 11, 1972). М., «Мир», 1973.
- Уайлд Д. Дж. Методы поиска экстремума (Пер. с англ.). М., «Наука», 1967.
- Шор Н. З., Горбач Г. И. Решение задач распределительного типа методом обобщенного градиентного спуска. Теоретический семинар НС АН УССР по кибернетике. Теория оптимальных решений, вып. 1, 1968.