

УДК 51.330.115

**МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ И ВЫШЕСТОЯЩИХ
ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ КОРРЕКТИРОВКЕ ПЛАНА**

С.Б.Перминов

Данная статья представляет собой продолжение работы [1] и ее цель заключается в формулировке имитационной модели, предназначенной для сравнения эффективности различных вариантов процесса корректировки плана.

В процессе выполнения плана обычно возникает необходимость в периодической корректировке плановых показателей. Это обусловлено тем, что на стадии составления плана отсутствует полная информация о процессе функционирования, поэтому фактические результаты, как правило, отличаются от предусмотренных планом.

Данный процесс протекает во взаимодействии различных плановых органов: предприятий, министерств, территориальных органов управления и т.п., не располагающих полной информацией и преследующих несовпадающие цели. В текущем планировании одним из основных является принцип "от достигнутого уровня", так как корректировки плана обычно относительно малы и не приводят к коренному изменению структуры производства и распределения продукции. В этом отношении рассматриваемый процесс принципиально отличается от процедур, используемых в перспективном планировании.

Основой для перераспределения заданий по выпуску продукции и затратам ресурсов между предприятиями служит информа-

ция "предельного" характера, определяющая сравнительную эффективность использования ресурсов и выпуска продукции на разных предприятиях. Эти сведения, по существу, представляют собой предельные характеристики, так как определяются по отношению к уже сложившейся структуре производства и достоверны лишь при малых вариациях параметров. Поэтому они отличаются от средних коэффициентов затрат и выпуска, обычно используемых в перспективном планировании. В реальном процессе взаимодействия эти сведения поступают от предприятий в виде сообщений следующего типа: "можно увеличить выпуск продукции на a единиц, если будет дополнительно выделено b единиц ресурса".

Опишем формальную схему процесса взаимодействия для случая, когда имеется единственный орган управления. Более общий случай рассматривается в § 3.

§ I. Модель процесса согласования текущих планов в двухуровневой системе

Обмен информацией между уровнями организован следующим образом. В качестве управляющих параметров для подсистем нижнего уровня (предприятий) выступают плановые задания по выпуску продукции (затратам ресурсов). Предприятия определяют и сообщают управляющему органу варианты планов, которые являются допустимыми с точки зрения производственных возможностей и в определенном смысле максимально близки к плановым заданиям. Управляющему органу сообщается также информация о сравнительной эффективности производства различных видов продукции (использования ресурсов) на предприятиях. Далее производится корректировка плановых заданий, и обмен информацией повторяется до тех пор, пока предприятия не предложат варианты планов, предусматривающих точное выполнение плановых заданий.

Характерной чертой изучаемого процесса является то, что управляющими параметрами являются объемные задания по выпуску продукции (затратам ресурсов), а управляющий орган не располагает полной информацией о производственных возможностях предприятий и производит корректировку заданий, ори-

ентируясь на полученные от предприятий данные о сравнительной эффективности производства продукции (использования ресурсов).

Пусть имеется m видов продукции (ресурсов) и N предприятий. Производственные возможности предприятий задаются множествами $Y_j \in R^m$. Предполагается, что эти множества являются выпуклыми компактными. Компоненты вектора $y_j \in Y_j$ означают, в зависимости от знака, объемы выпуска продукции или затрат ресурсов по некоторому варианту плана. Поскольку сами показатели плана являются агрегированными по отношению к истинным производственным возможностям из модели выполнения плана (см. [1]), то и множество Y_j является их некоторой приближенной оценкой. Это означает, что не все варианты плана из Y_j должны быть в точности выполнимы.

Цель системы в целом заключается в составлении плана $y = (y_1, \dots, y_N)$, оптимального в смысле следующей экстремальной задачи:

$$\begin{aligned} y_j &\in Y_j, \\ U(y) &\rightarrow \max. \end{aligned} \quad (I)$$

Здесь предполагается, что глобальная целевая функция U такова, что если $y' \geq y$, то $U(y') \geq U(y)$. Иными словами, прирост выпуска какого-либо продукта (или экономия какого-либо ресурса) не приводит при прочих равных условиях к уменьшению значения функции. Этому условию удовлетворяют многие применяемые на практике критерии оптимальности, например критерий типа максимума прибыли:

$$U(y) = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^m p_i y_{ij}, \quad p_i > 0,$$

или критерий максимума выпуска продукции в заданной структуре $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_m)$:

$$U(y) = \min_i \sum_j y_{ij} / \alpha_i, \quad \alpha_i > 0.$$

Обычно решение задачи (I), как единой, невозможно из-за ряда причин, например из-за отсутствия у управляющего органа полной информации о производственных возможностях, поэтому данная задача решается в результате взаимодействия экономических объектов.

Рассмотрим задачу предприятия. Считается, что его цель заключается в нахождении такого варианта плана $y_j \in Y_j$, который максимально близок к заданиям $\hat{y}_j \in R^m$. Существенно, что вектор плановых заданий \hat{y}_j не должен быть внутренней точкой множества Y_j . Иными словами, плановые задания являются "напряженными", т.е. не найдется такого допустимого варианта плана, по которому все показатели не хуже плановых и хотя бы по одному показателю план перевыполняется. Это вполне согласуется с практикой планирования, где "напряженные" плановые задания играют стимулирующую роль и способствуют вскрытию резервов.

Таким образом, на каждой итерации процесса взаимодействия имеем следующую ситуацию:

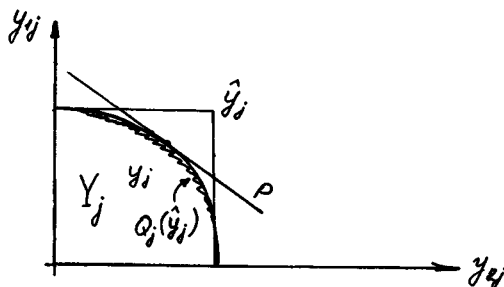


Рис. I

Выделим подмножество $A_j(\hat{y}_j)$ допустимых вариантов плана, для которых а) $y_j \leq \hat{y}_j$, б) y_j лежит на границе Парето множества Y_j . Предполагается, что вариант плана, предлагаемый предприятием, принадлежит этому множеству, т.е. предусматривается выпуск продукции каждого вида не больше планового и затраты ресурсов не меньше плановых.

Варианты плана из множества $A_j(\hat{y}_j)$ неравноценны с точки зрения предприятия. Выбор конкретного варианта y_j может производиться исходя из различных предположений относительно предпочтений предприятия. Формально эта операция заключается в проектировании точки \hat{y}_j на множество Y_j .

Пусть определены некоторые веса (оценки сравнительной важности продуктов) $p \in R_+^m$. Тогда y_j определяется из решения следующей задачи:

$$y_j \in Y_j, \quad z_j \geq 0, \quad (2)$$

$$y_j + z_j \geq \hat{y}_j, \quad \rho z_j \rightarrow \min.$$

Рассмотрим теперь правила корректировки управляющим органом плановых заданий. Пусть наряду с вариантами y_j планов предприятий управляющий орган получает информацию о взаимозаменяемости продуктов и ресурсов, т.е. коэффициенты $a_j(y_j)$ гиперплоскости, касательной к множеству Y_j в точке y_j . Иначе говоря, предприятие предлагает альтернативные варианты плана. Например, для случая двух продуктов (см. рис. 1) это означает, что предприятие может увеличить выпуск продукта 2 на единицу, если задание по выпуску продукта 1 будет уменьшено на величину a_2/a_1 . Понятно, что это информация предельного характера, т.е. при значительных отклонениях от y_j коэффициенты a_j взаимозаменяемости неточно отражают реальные производственные возможности. Тем не менее "предельная" информация такого типа широко используется на практике при корректировке плановых заданий.

Итак, на каждом шаге r взаимодействия управляющий орган аппроксимирует множество Y_j с помощью множества $Y_j^r = \{ \hat{y}_j / a_j \hat{y}_j = a_j y_j, \|y_j, \hat{y}_j\| \leq \epsilon^r \}$. Здесь ϵ^r - параметр процесса, задающий степень отклонения новых плановых заданий от вариантов плана, предложенных предприятиями.

Далее управляющий орган решает следующую задачу: найти $\hat{y}^{r+1} = (\hat{y}_1^{r+1}, \dots, \hat{y}_N^{r+1})$ из условий

$$\hat{y}_j^{r+1} \in Y_j^r, \quad j = 1, \dots, N, \quad (3)$$

$$U(\hat{y}^{r+1}) \rightarrow \max.$$

Отличие задачи (3) от задачи (1) заключается лишь в том, что плановые задания выбираются не из истинных множеств Y_j производственных возможностей предприятий, а из множеств Y_j^r , которые являются их оценками. При этом множества Y_j^r не содержат внутренних точек из Y_j . В этом смысле оценка управляющего органа является "оптимистической", т.е. какое бы решение задачи (3) ни взять, оно не может быть перевыполнено.

предприятиями. Этим обеспечивается напряженность плановых заданий.

Таким образом, в рассматриваемом процессе управляющий орган, начиная с заведомо невыполнимого планового задания \hat{y}^0 , порождает на основе информации, представляемой предприятиями, последовательность $\hat{y}^0; \hat{y}^1; \hat{y}^2; \dots$ векторов плановых заданий.

Схему процесса взаимодействия можно представить следующим образом:

- 1) выбирается произвольный $\hat{y}^0 \notin Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_N$;
- 2) определяются варианты планов предприятий $y_j^r \in Q_j(\hat{y}_j^r)$, например в результате решения задачи типа (2);
- 3) определяются новые плановые задания \hat{y}^{r+1} из решения задачи (3); если $\hat{y}^{r+1} \neq \hat{y}^r$, то переходим к п.2.

Последовательность $\{\varepsilon^r\}_{r=1}^{\infty}$ естественно выбирать такой, чтобы

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \varepsilon^r = 0, \quad \sum_{r=1}^{\infty} \varepsilon^r < \infty, \quad \varepsilon^{r+1} < \varepsilon^r.$$

Это означает, что от одного шага взаимодействия к другому варианты планов, предложенные предприятиями, корректируются все в меньшей и меньшей степени.

Экспериментальные расчеты (см. [2]) показали, что данный алгоритм обеспечивает расчет плана, близкого к оптимальному, когда множества Y_j производственных возможностей являются выпуклыми компактными. Необходимое число итераций существенно зависит от требуемой точности, а также выбора весов P и последовательности $\{\varepsilon^r\}_{r=1}^{\infty}$.

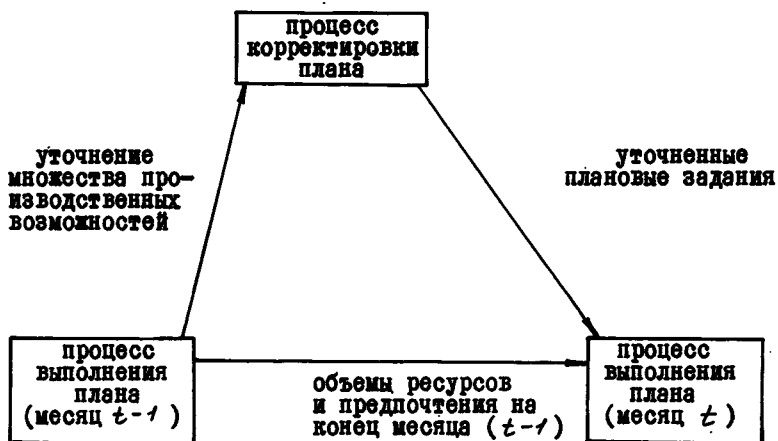
Таким образом, данный алгоритм можно рассматривать не только как некоторую модель реального процесса взаимодействия, но и как метод решения задачи выпуклого программирования специального вида.

Рассмотрим данный процесс корректировки плана во взаимосвязи с процессом его выполнения, описанным в [1].

Пусть исследуется процесс функционирования экономики на протяжении года. Корректировка (составление) годового плана производится в начале каждого месяца. Множества Y_j вариантов годовых планов, которые предприятия считают выполнимыми,

изменяются от одного месяца к другому. Действительно, в процессе производства и перераспределения ресурсов между предприятиями может возникнуть отклонение от намеченного плана, которое уже не устранить в последующие месяцы. Подобные отклонения могут быть вызваны тем, что технология производства представлена в модели выполнения плана в более детализированном виде. Кроме того, отклонения обуславливаются вероятностным характером процесса принятия текущих решений.

Согласованные варианты y_i планов предприятий являются входными параметрами для модели выполнения плана



Таким образом, модель корректировки плана является, по существу, надстройкой по отношению к модели выполнения плана. Это дает возможность оценивать те или иные модификации процесса корректировки плана по результатам его выполнения.

Можно сформулировать задачу поиска алгоритма корректировки плана, приводящего к наилучшим конечным результатам его выполнения. Задача такого типа носит название задачи синтеза оптимального управления и принадлежит к классу наиболее трудно решаемых задач синтеза, так как в ней существенно присутствие случайных возмущений.

Трудность решения таких задач заключается в неразработанности математического аппарата. Имеется два основных метода их исследования. Первый состоит в существенном упрощении задачи (приведении к линейному виду и т.д.), а второй предполагает проведение статистических испытаний на ЭВМ (метод Монте-Карло) и является универсальным, хотя и весьма трудоемким.

На основе описанной формальной схемы сформулируем конкретный вариант модели, в рамках которого будет производиться сравнение различных вариантов механизма взаимодействия.

§ 2. Корректировка плана предприятия

Множества Y производственных возможностей предприятий будем считать выпуклыми многогранниками, задавая их с помощью наборов производственных способов и ограничений по затратам локальных ресурсов (основных фондов, труда и т.п.). Выбор варианта плана предприятия сводится к определению интенсивностей этих способов.

Как уже отмечалось ранее, корректировка плана производится в начале каждого единичного периода (месяца), поэтому производственные возможности предприятия зависят от результатов выполнения планов предыдущих месяцев, в частности — ввода основных фондов.

Технология производства на стадии составления плана представлена более упрощенно, чем в модели выполнения плана. Это касается как степени агрегации номенклатуры ресурсов, так и отражения отдельных вариантов технологии. Например, при составлении плана может быть предусмотрено использование производственных способов, которые реально (в модели выполнения плана) не допустимы, и наоборот, допустимые и эффективные варианты технологии могут оставаться нескрытыми при составлении плана.

Объемы R^P основных фондов^{*}, имеющихся на начало текущего месяца, получаются из модели выполнения плана. Числен-

^{*}) Индексы предприятия и текущего месяца для простоты записи опущены.

ность R^k трудовых ресурсов является внешним параметром, так как перераспределение ресурсов в данном варианте модели не отражено.

Состав плановых показателей таков:

- а) объемы выпуска продукции в позициях отраслевой и соответственно региональной номенклатуры (y_1^M, y_1^P) ;
- б) объемы затрат материальных ресурсов (y_2^M, y_2^P) ;
- в) фонд заработной платы (включая премии) (y_3^M, y_3^P) ;
- г) прибыль от производственной деятельности (y_4^M, y_4^P) ;
- д) объем капитальных вложений (производственных и непроизводственных) y_5^M ;
- е) отчисления на развитие производственной и непроизводственной инфраструктуры региона (y_6^P, y_7^P) ;
- ж) объемы поставок продукции различным потребителям соответственно по отраслевому и региональному плану (y_8^M, y_8^P) .

Здесь для простоты изложения предполагаем, что предприятие испытывает управляющее воздействие только отраслевого министерства и территориального органа управления. Устанавливая некоторые показатели (например, фонд заработной платы), предприятие должно учитывать две точки зрения, которые не всегда совпадают. По некоторым показателям влияние ВОУ оказывается более сложным. Например, выпуск продукции учитывается как в отраслевой, так и в региональной номенклатуре, которые отличаются степенью детализации.

Этот перечень не является полным и может быть расширен без принципиальных изменений в структуре модели. Необходимо лишь, чтобы плановые показатели были линейными функциями от объемов применения производственных способов.

Относительные показатели (фондоёмкость и т.п.) в этот список не включены, но это легко сделать, задав соответствующие абсолютные показатели (затраты фондов, выпуск продукции и т.п.).

Плановые объемы затрат материальных ресурсов в зависимости от номенклатуры задают структуру себестоимости, объемы поставок предприятию ресурсов, фондируемых министерством, объемы внутриотраслевых и межотраслевых кооперированных поставок, ограничения по затратам природных ресурсов и т.д.

Выделение заданий по поставкам продукции другим предприя-

тиям позволит нам сформулировать задания по поставкам для модели выполнения плана, а в дальнейшем – рассмотреть вопрос об эффективности установления такого директивного показателя для предприятия.

Предприятие считает, что плановые задания $y = (y_1, \dots, y_n)$ выполнимы, если удовлетворяют системе неравенств, изображенной на рис. 2 (т.е. для них найдутся неотрицательные интенсивности способов).

Если какое-либо плановое задание y удовлетворяет данным условиям (т.е. принадлежит множеству Y^0), это не означает, что оно будет в точности выполнено в модели реализации плана. Укажем некоторые причины. В модели составления плана для ввода основных фондов необходимо произвести соответствующие капитальные вложения (см. способы фондообразования на рис. 2). В модели выполнения плана для этого нужно, чтобы другие предприятия (строительные организации, производители машин и оборудования) выпустили соответствующую продукцию и поставили ее данному предприятию. Относительно материальных ресурсов можно сказать то же самое. В плане выделены фонды на получение ресурсов, а поставки могут производиться с задержкой и в неполном объеме.

Обозначим через A матрицу системы неравенств, изображенную на рис. 2, через k – вектор объемов применения способов из этой матрицы, а через $y(k)$ – вариант плана, соответствующий конкретному k .

В соответствии с общей схемой процесса, описанной в § I, предприятие выбирает вариант плана, в определенном смысле максимально близкий к плановым заданиям \hat{y} , установленным вышестоящими органами управления. В данном случае этот план определяется из решения следующей задачи: найти $k \geq 0$ при условиях

$$\begin{aligned}
 Ak &\geq (-R^p, -R^L, 0, y), \\
 \varphi(y(k), \hat{y}) &\rightarrow \min.
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

В практике планирования директивно устанавливаемые задания неравноценны для предприятия. Некоторые задания предприятие стремится выполнить в первую очередь, быть может, в ущерб другим заданиям. Проблема приоритета различных зада-

производственные способы способы фондооб-разования спосо-бы по-ставок способы распределения капвложений

матрица коэффициентов фондоемкости - $\ f_{is}\ $	1 1 ... 1			\geq	$-R^{\Phi}$
матрица коэффициентов трудоемкости - $\ l_{is}\ $				\geq	$-R^L$
матрица объемов выпуска продукции $\ \tilde{a}_{is}\ $		-1 -1 -1 . . . -1 -1		\geq	0
матрица объемов выпуска продукции $\ \tilde{a}_{is}\ $				\geq	y_1^0, y_1^P
матрица затрат материальных ресурсов - $\ z_{is}\ $				\geq	$-y_2^M, y_2^P$
вектор затрат заработной платы - $\ w_3\ $				\geq	$-y_3^M$
- $\ w_3\ $				\geq	$-y_3^P$
вектор прибыльности способов $\ p_3\ $				\geq	y_4^M
$\ p_3\ $				\geq	y_4^P
	$-k_1 - k_2 \dots$			\geq	$-y_5^M$
			-1 -1	\geq	y_6^P
			1	\geq	y_7^P
			1	\geq	y_7^P
		1 1 ... 1		\geq	y_8^M, y_8^P

Рис. 2

ний является предметом постоянных дискуссий в литературе. Например, среди показателей, характеризующих выпуск продукции, в различные периоды на роль главенствующих выдвигались: валовая продукция, реализованная продукция, объем выполнения поставок и т.п. Кроме того, отдельные компоненты вектора заданий устанавливаются различными органами управления, приоритет которых тоже различен. Конкретный вид критерия φ , определяющего сравнительную важность заданий, является параметром модели.

Опишем два варианта формального представления этого критерия.

1) Аддитивный критерий. Задания соизмеримы по важности в том смысле, что невыполнение одного из них можно компенсировать в какой-то мере успешным выполнением других:

$$\varphi(y(h), \hat{y}) = \rho(\hat{y} - y(h)), \rho > 0.$$

2) Лексикографический критерий. Все плановые задания упорядочены по возрастанию их важности. Выбирается наименее важное задание и предприятие, пренебрегая им, пытается выполнить все прочие задания. Если эта задача не имеет решения, то допускается невыполнение следующего по важности задания и т.д.

Из решения задачи (4), т.е. по вектору h , легко рассчитываются задания C для модели выполнения плана, которые могут быть более детализированы, чем план $y(h)$, сообщаемый ВОУ.

Плановые объемы ввода основных фондов, полученные из интенсивностей способов фондообразования, представляет собой задания по поставкам для других предприятий — производителей основных фондов. Нормативы запасов материальных ресурсов рассчитываются на основе плановых объемов их затрат.

§ 3. Корректировка заданий для предприятий

Основой для корректировки заданий для предприятия j служат сведения о взаимозаменяемости ресурсов и продукции, определяемые коэффициентами a_j касательной гиперплоскости к множеству Y_j в точке y_j , являющейся оптимальным решением задачи (4). Коэффициенты взаимозаменяемости отражают предель-

ную эффективность использования ресурсов.

Рассмотрим сначала простой случай, когда имеется единственный ВОУ. Для него установлены задания g^0 , вообще говоря, агрегированные по отношению к плановым заданиям для предприятий. Цель ВОУ заключается в установлении таких заданий y_i для предприятий, которые обеспечили бы максимальное выполнение заданий g^0 .

ВОУ считает выполнимыми такие уровни заданий g , которые удовлетворяют условиям (5) (см. рис. 3):

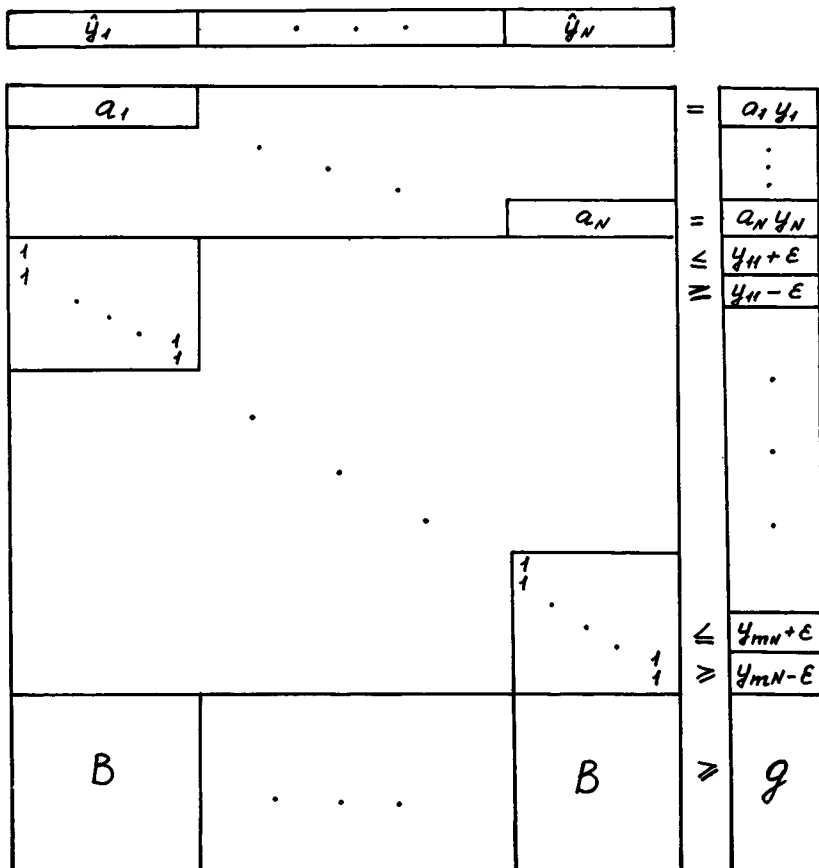


Рис. 3

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} \hat{y}_{ij} = \sum_{i=1}^m a_{ij} y_{ij}, \quad j=1, \dots, N,$$

$$|\hat{y}_{ij} - y_{ij}| \leq \varepsilon, \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, N, \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^N B \hat{y}_j \geq g.$$

Здесь величины a_{ij} — есть коэффициенты предельной взаимозаменяемости продуктов и ресурсов, y_j — варианты плана, предложенные предприятиями, а ε — параметр процесса взаимодействия, определяющий допустимую величину отклонений нового планового задания от варианта плана, предложенного предприятиями (см. задачу 3)).

Элементы матрицы B представляют собой коэффициенты агрегирования, т.е. перехода от номенклатуры заданий y к номенклатуре заданий g .

Обозначим множество таких g , для которых система (5) имеет решение, через G .

Цель ВОУ, как и предприятия, заключается в выполнении установленных заданий g^0 , т.е. в решении следующей задачи: найти $g \in G$ такой, что

$$\psi(g, g^0) \rightarrow \min. \quad (6)$$

Конкретный вид целевой функции ψ является параметром модели и определяется из тех же соображений, что и целевая функция предприятия.

Вектор \hat{y} , соответствующий оптимальному решению задачи (6), представляет собой новые плановые задания для предприятий.

Итак, чтобы определить процесс взаимодействия при составлении плана, нужно задать:

- агрегированные задания g^0 для ВОУ,
- матрицу B агрегирования,
- множества Y_j допустимых вариантов планов предприятий,
- начальные варианты плановых заданий \hat{y}_j^0 для предприятий,
- целевые функции ψ_j и ψ для предприятий и ВОУ.

На каждой итерации r процесса:

а) предприятия решают задачу (4) и определяют варианты y_j^r , которые они считают выполнимыми ($y_j^r \in Y_j$) и близкими в указанном смысле к заданиям BOU , а также коэффициенты a_j^r взаимозаменяемости;

б) BOU на основе (y_j^r, a_j^r) определяют новые задания y_j^{r+1} , решая задачу (6).

В реальной практике управления предприятие учитывает в своей деятельности плановые задания различных BOU : министерств, территориальных органов управления и т.д., преследующих несоответствующие цели. В модели вектор y_j разбивается на подвекторы, соответствующие отдельным BOU .

Взаимодействие BOU друг с другом является косвенным, т.е. через предприятия. Каждый BOU , варьируя контролируемые им плановые показатели, воздействует на степень выполнения предприятием плановых заданий, установленных другими BOU . Поясним это на простом примере.

Пусть некоторое предприятие получает задания по выпуску продукции и затратам капитальных вложений от отраслевого министерства, а задание по затратам природных ресурсов — от территориального органа управления. Все задания одновременно не выполнимы. Предприятие, действуя в соответствии с правилами, описанными выше, находит компромиссный вариант плана, в какой-то мере учитывающий требования как министерства, так и TOU . С точки зрения министерства, требование TOU по использованию природных ресурсов снижает эффективность капитальных вложений (оцениваемую по выпуску продукции), так как требует отвлечения капитальных вложений на строительство очистных сооружений и т.п. Поэтому степень достижения министерством своей цели (определяемой на показателях выпуска продукции и затрат капитальных вложений) зависит от стратегии TOU . Аналогично для TOU . Фактический уровень затрат природных ресурсов зависит от заданий, которые установит министерство. Если министерство повысит задания по выпуску продукции, то предприятие, стремясь к равномерному выполнению заданий, может существенно нарушить ограничения, установленные TOU .

Таким образом, степень выполнения предприятиями плановых заданий отдельного BOU зависит от плановых заданий, уста-

новленных другими ВОУ, а также от механизма учета предприятиями различных заданий (т.е. в конечном счете их сравнительной важности с точки зрения предприятия).

Опишем формально этот процесс. Каждый орган управления k ($k=1, \dots, K$) ставит своей целью выполнение установленных для него свыше плановых заданий $\{g^0\}_{m \in I_k}$ путем корректировки некоторых плановых показателей для предприятий. Здесь I_k — множество номеров агрегированных заданий, к выполнению которых стремится ВОУ k . Обозначим через Ω_k множество пар (i, j) номеров видов плановых заданий и предприятий, которые контролируются органом управления k . Неконтролируемые задания ВОУ варьировать не может. Тогда задача ВОУ k запишется (аналогично задаче (6)) в следующем виде: найти $\{\hat{y}_{ij}\}_{(i,j) \in \Omega_k}$ при условиях

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} \hat{y}_{ij} = \sum_{i=1}^m a_{ij} y_{ij}, \quad j=1, \dots, N,$$

$$|y_{ij} - \hat{y}_{ij}| \leq \begin{cases} \varepsilon & , \text{ если } (i, j) \in \Omega_k, \\ 0 & \text{ в противном случае,} \end{cases} \quad (7)$$

$$\Psi_k \left(\sum_{j=1}^N B y_j, g^0 \right) \rightarrow \min.$$

Функция Ψ_k определена лишь на тех агрегированных заданиях, которые установлены для данного ВОУ k .

Процесс взаимодействия органов управления и предприятий в точности совпадает со сформулированным в § I итеративным процессом, причем все ВОУ функционируют на каждой итерации в произвольной последовательности, поскольку они контролируют различные показатели.

Организация взаимодействия предприятий и ВОУ при составлении плана является одним из основных вопросов, для исследования которых предназначена данная модель. Поэтому еще раз выделим параметры процесса взаимодействия:

- а) механизм учета предприятиями плановых заданий ВОУ;
- б) полномочия ВОУ (какой ВОУ, какие показатели и каким предприятиям устанавливает);
- в) механизм учета каждым ВОУ плановых заданий, установленных для него сверху.

Фиксировав тот или иной вариант организации процесса

взаимодействия и задания для ВОУ, можно оценить результат их взаимодействия, например путем сопоставления согласованного плана $y = (y_1, \dots, y_N)$ с решением некоторой экстремальной задачи на множестве $Y_1 \times \dots \times Y_N$ с глобальным критерием оптимальности. Однако наиболее правомерно оценивать тот или иной вариант плана по конечным результатам его реализации, т.е. по итоговым объемам применения производственных способов в модели выполнения плана.

§ 4. Применение метода машинной имитации для исследования систем управления

В настоящее время осуществляется переход от эмпирического использования экономико-математических методов к их повсеместному и комплексному внедрению в рамках АСУ и АСПР. Поэтому возникает необходимость в сравнительной оценке эффективности различных методик (алгоритмов) плановых расчетов и методов принятия управленческих решений.

В чисто теоретическом плане наиболее точная оценка может быть получена путем сравнения конечных результатов функционирования экономики при различных вариантах системы планирования и управления, причем все прочие условия должны быть одинаковы. На практике такой "чистый" эксперимент принципиально невозможен. Кроме того, эксперименты в реальной экономической практике связаны с большими затратами и риском. Их результаты не всегда бывают достаточно представительными, поскольку трудно отделить эффект, полученный от внедрения нового алгоритма принятия решений, от влияния прочих благоприятных и неблагоприятных факторов. Получение такой оценки еще более затрудняется, когда варьируются алгоритмы целой совокупности взаимосвязанных плановых расчетов.

Тем не менее к этому, с формальной точки зрения, сводятся организационные преобразования в системе планирования и управления (перераспределение функций между уровнями и т.д.). В то же время именно в результате организационных преобразований может быть получен большой народнохозяйственный эффект.

Большинство систем управления образовались в результате длительного процесса развития и лишь в малой степени явля-

ются результатом комплексного проектирования. Недостаточная комплексность в подготовке различных организационных преобразований нередко приводит к тому, что реально полученный эффект существенно меньше ожидаемого. В подобных ситуациях бывает трудно выяснить: или в принципе неверна основная идея, или не были проработаны в комплексе различные детали (методики, инструкции, значения нормативов и т.п.). При всей возможной полезности отдельных мероприятий по совершенствованию управления не следует упускать главного: глубокой внутренней взаимосвязи между отдельными параметрами процесса функционирования экономики.

Эти вопросы широко обсуждались в литературе преимущественно на качественном уровне. Количественные методы оценки эффективности систем управления пока слабо разработаны, что безусловно затрудняет комплексную подготовку тех или иных мероприятий по их совершенствованию. Для получения более точной количественной и комплексной оценки эффективности необходимы формальные, "модельные" средства. Этим целям может служить машинная имитационная модель, отражающая более или менее детально процесс составления и выполнения плана.

Принципиальное отличие этой модели от экономико-математических моделей планирования и управления заключается в том, что объектом исследования (искомой переменной) является не сам план, а процесс его составления и выполнения. Имеются также отличия в методах исследования и сложности модели. Поскольку имитационная модель должна отражать основные черты реального процесса, возможно наличие в ней различных факторов, нелинейных зависимостей и т.п. Следовательно, основным и универсальным методом исследования является машинный эксперимент.

Система управления является иерархической. Вышестоящие органы управления имеют весьма значительную свободу маневра, но располагают более агрегированной информацией о процессе производства, чем сами предприятия.

Чтобы формально определить систему управления, нужно задать алгоритм функционирования отдельных ее звеньев и схему информационных связей между ними.

В рассматриваемой модели конкретный вариант M системы управления задается следующими параметрами:

- число ВОР,
- матрицы B агрегирования,
- число итераций взаимодействия,
- допустимая степень вариации плана (последовательность $\{\varepsilon^r\}_r$),
- целевые функции Ψ_r ВОР,
- периодичность корректировки плана предприятия,
- целевые функции Ψ_j предприятий,
- сведения о технологии производства, доступные предприятиям в момент составления плана,
- состав показателей плана предприятия.

В этом списке есть как числовые параметры, так и параметры, характеризующие организационную структуру системы управления.

Обозначим через X множество предварительно отобранных и осмысленных с экономической точки зрения вариантов M системы управления, эффективность которых нужно оценить.

Другая группа параметров характеризует не систему управления, а внешнюю по отношению к ней "экономическую среду" e :

- объемы ресурсов у предприятий на начало процесса функционирования,
- начальное вероятностное предпочтение X_1 (см. [1]),
- технологию производства,
- число предприятий,
- число видов ресурсов (продуктов),
- плановые задания g^o для ВОР.

Эффективность того или иного варианта системы управления зависит от "экономической среды", в которой она функционирует. Действительно, с развитием производительных сил возникают новые требования к системе управления. Выбор наилучшего варианта механизма управления, по существу, должен производиться в условиях неопределенности. Во-первых, новые алгоритмы (методики) принятия плановых решений обычно устанавливаются на сравнительно продолжительный срок, в течение которого может измениться, например, технология производства. Во-вторых, методики планирования обычно носят более или менее универсальный характер, т.е. устанавливаются для совокупности предприятий (отраслей и т.п.), функционирующих в различных условиях.

Поэтому наилучший вариант должен быть устойчивым относительно малых вариаций "экономической среды".

Пусть имеется множество \mathcal{X} вариантов системы управления и множество \mathcal{E} возможных вариантов "экономической среды". Известны вероятности реализации каждого варианта e из \mathcal{E} . Обозначим через $M(e)$ результаты функционирования при варианте M системы управления и варианте e "экономической среды". Эти результаты определяются объемами применения производственных способов и способов перераспределения ресурсов в модели выполнения плана, т.е. траекторий системы. Определим на множестве траекторий некоторый критерий W оптимальности функционирования (например, выпуск конечной продукции в заданной структуре).

Тогда задача выбора наилучшего варианта системы управления сводится к определению такого M из \mathcal{X} , что^{*)}

$$E(W(M(e))) \rightarrow \max, e \in \mathcal{E}. \quad (8)$$

Эта задача представляет собой некоторую модификацию задачи синтеза оптимального управления. Здесь неопределенность конечных результатов функционирования возникает не только из-за вероятностного характера процесса принятия текущих решений, но и из-за неопределенности начальных данных - "экономической среды".

Данная задача может быть легко обобщена в двух направлениях. Во-первых, можно учитывать не только эффект от внедрения того или иного варианта системы управления, но и затраты на его осуществление. Это требует, в частности, соответствующей формулировки критерия W .

Во-вторых, задачу можно сделать динамической. Такая постановка оправдана в тех случаях, когда рассматривается процесс перехода от одного варианта системы управления к другому, и важно, чтобы был эффективным не только конечный, но и промежуточный вариант. Действительно, проведение мероприятий по совершенствованию системы управления требует их взаимной увязки и значительного времени. Поэтому имеет смысл рассмат-

*) E - символ математического ожидания.

ривать процесс совершенствования управления как реализацию комплексной долгосрочной программы.

ЛИТЕРАТУРА

1. ПЕРМИНОВ С.Б. Имитационная модель процесса выполнения плана. - Настоящий сб., с.72-91.
2. КАУРОВ В.М., ЛАВЛИНСКИЙ С.М., ПЕРМИНОВ С.Б. Машинная реализация имитационной модели процесса составления и выполнения плана. - Настоящий сб., с.113-125.

Поступила в ред.-изд. отд.
20.XII.1977 г.