



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
имени академика С. П. КОРОЛЕВА

# ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ

КУЙБЫШЕВ 1983

Предложена методика проведения деловых имитационных игр как средств, при помощи которых можно изучать различные механизмы организационного управления.

При построении игр «Распределение работ», «Разработка плана» и «Распределение ресурса» использовались простые аналитические описания моделей (модели ограничений, целевые функции), а основное внимание уделялось исследованию принципов планирования, применяемых в сложных реальных системах. Каждая игра рассчитана на 2 часа. Все расчеты в играх производятся с использованием средств настольной, карманной вычислительной техники.

На примере данных игр участники приобретают опыт нахождения решения при взаимодействии элементов систем с различными интересами, а также знакомятся с характеристиками иерархических систем.

В настоящее время игры включены в изучение курса «Организация, планирование и управление предприятием», читаемого студентам, обучающимся по спец. 0646, 0647.

Авторы-составители:

Г. М. Гришанов (игры 1—3),  
В. Г. Засканов (игра 3), С. Д. Смирнов (игра 3)

## ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

В упрощенном виде игра имитирует процедуру распределения работ, для этого рассматривается двухуровневая система, верхним уровнем которой является административный орган (АО), а нижним — исполнители работ. Отношения между административным органом и исполнителями имитируются посредством выполнения участниками соответствующих ролей.

Цель действия АО так распределить работы между исполнителями, чтобы суммарный «доход», получаемый в результате выполнения работ, был наибольшим. Цель действия каждого исполнителя — сообщить в АО такие оценки о своих возможностях при выполнении работ, чтобы на их основе АО распределил ему работы, обеспечивающие наибольший выигрыш. Оценка своих возможностей, сообщаемая каждым исполнителем в АО, является стратегией его поведения в процессе игры.

Функционирование системы разбивается на три этапа:

1. Формирование информации — исполнители сообщают в АО оценки «дохода» от выполнения каждой работы.

2. Планирование — АО на основе полученных от каждого исполнителя данных решает задачу оптимального распределения работ и сообщает исполнителям найденный вариант распределения.

3. Реализация — исполнители реализуют найденный вариант распределения работ, сообщают в АО истинные величины «доходов» по работам и определяют величины «дохода» системы в целом и исполнителей.

### ПРИНЯТЫЕ В ИГРЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ДОПУЩЕНИЯ

В игре описывается функционирование абстрактной организации, на модели которой исследуются реальные принципы планирования, применяемые в иерархических системах;

каждый исполнитель может выполнить любую работу из имеющегося набора;

каждый исполнитель характеризуется по своим способностям выполнить работу;

административный орган не знает уровня способности исполнителя;

административный орган представляет интересы системы в целом;

распределенные между исполнителями работы не допускают их дублирования.

## СЦЕНАРИЙ

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Предположим, что в рассматриваемой двухуровневой системе имеется один административный орган, « $n$ » исполнителей работ « $m$ » видов работ. Обозначим через  $r_i (r_{i1}, \dots, r_{ij}, \dots, r_{im}, i = 1, \dots, n)$  истинную характеристику  $i$ -го исполнителя, соответствующую значениям «доходности» для данного исполнителя при выполнении работ, а через  $\lambda_j (j = 1, \dots, m)$  — премию, выдаваемую за выполнение  $j$ -й работы. Тогда целевые функции исполнителей работ  $\varphi_i$  и системы в целом  $\Phi$  определяются следующими выражениями:

$$\varphi_i = \sum_{j=1}^m (r_{ij} + \lambda_j) x_{ij}, \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij} x_{ij}, \quad (2)$$

где

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-я работа назначена } i\text{-му исполнителю;} \\ 0 & \text{— в противном случае.} \end{cases}$$

На величины  $x_{ij}$  в соответствии с допущениями наложены ограничения

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, m, \quad (4)$$

которые означают, что все работы должны быть распределены между исполнителями, а каждому исполнителю назначена одна и только одна работа.

Задача АО заключается в таком распределении работ, при выполнении которых результат, полученный из выражения (2), достигает максимальной величины, а исполнители заинтересованы в получении такой работы, которая обеспечивала бы получение наибольшего значения  $\varphi_i$ . Однако в реальных ситуациях АО имеет ограниченную информацию о величинах  $r_{ij}$ . Примем, что известны только границы «доходности»  $d \leq r_{ij} \leq D$ . Исполнители же могут оценить каждую работу точно. Обозначим через  $s_i$  ( $s_{i1}, \dots, s_{ij}, \dots, s_{im}, i=1, \dots, n$ ) оценку характеристики  $r_{ij}$ , сообщаемую исполнителем работ в АО на этапе формирования плановых. Исследуя функционирование системы, рассмотрим два варианта планирования.

#### ПРИНЦИП ЖЕСТКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

Реализуя принцип жесткой централизации, АО назначает работы, исходя только из учета интересов системы в целом. На этапе формирования информации АО требует от исполнителей сообщения оценок  $s_i$  ( $i=1, \dots, n$ ). После сбора данных решается следующая задача распределения работ:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s_{ij} x_{ij} \rightarrow \max. \quad (5)$$

Образование величин  $\lambda_j$  ( $j=1, \dots, m$ ) может быть произвольным ( $\lambda_j$  может иметь нулевое значение). Поскольку для каждого исполнителя существуют выгодные работы, то, желая их получить, исполнители сообщают по ним максимальные оценки и минимальные по остальным.

На этапе планирования АО решает задачу (5) при ограничениях (3), (4) и определяет соответствующие значения  $x_{ij}$  ( $i=1, \dots, n, j=1, \dots, m$ ). На этапе реализации плана деятельность исполнителя оценивается АО путем подстановки полученных значений  $x_{ij}$  в уравнение (1), а суммарный «доход» подсчитывается по выражению (2).

#### ПРИНЦИП СОГЛАСОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Принцип согласованного планирования требует согласования интересов системы в целом с интересами исполнителей при разработке плана. Для этого к задаче (3—5) необходимо добавить ограничения вида

$$\max (s_{ik} + \lambda_k) - (s_{ij} + \lambda_j) ] x_{ij} = 0. \quad (6)$$

Учет этого ограничения позволяет АО назначить исполнителям только выгодную работу, т. е. такую, которая обеспечила бы «планируемый» выигрыш  $(s_{ij} + \lambda_j) x_{ij}$ , не меньший максимального, из всех возможных значений в соответствии с сообщенными исполнителями оценками. Выбор величины  $\lambda_j$  должен быть таким, чтобы выполнялось условие (6) и решение задачи (3—5) было оптимальным. Для этого рассмотрим задачу, двойственную задаче (3—5), определив двойственные переменные  $\lambda_j, v_i$ :

$$\sum_{i=1}^n v_i - \sum_{j=1}^m \lambda_j \rightarrow \min; \quad (v_i - \lambda_j) \leq s_{ij}.$$

Заметим, что  $v_i = \max (s_{ik} + \lambda_k)$ . Выписывая соотношения дополняющей нежесткости, легко убедиться, что они совпадают с условиями согласования (6). Следовательно, условие согласования автоматически выполняется, если в качестве  $\lambda_j$  взять значения соответствующих переменных двойственной задачи. Найденные значения  $x_{ij}$  в результате решения задачи (3—6) сообщаются исполнителям.

На этапе реализации согласованного плана деятельность исполнителей и АО определяется путем подстановки полученных значений в выражения (1), (2) соответственно.

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Студенческая группа разбивается на подгруппы из 4—6 человек. Один человек в каждой подгруппе назначается администратором. Выбирается количество работ « $m$ ». Для простоты игры удобно принять  $m = n$ , что обеспечит загрузку всех исполнителей, и решение задачи распределения не вызовет затруднения. Преподаватель поясняет механизм игры — способ сбора оценок  $s_i$  и назначение характеристик исполнителей  $r_i$ . Величины  $r_i$  сообщаются каждому участнику индивидуально. Каждый исполнитель, независимо от остальных, сообщает АО свои значения  $s_{ij}$  величин «доходов» от выполнения каждой работы. Целесообразно задать границы изменения величины  $s_{ij}$ .

На этапе планирования АО решает задачу (3—5) в случае анализа принципа жесткой централизации или задачу (3—6) при исследовании принципа согласованного планирования. Результаты решения (значения  $x_{ij}$  и величины премий  $\lambda_j$ ) сообщаются исполнителям.

На этапе реализации плана исполнители сообщают АО истинные значения «доходов»  $r_{ij}$  по работам, назначенным каждому из них. Исполнитель и АО подсчитывают свои выигрыши по уравнениям (1) и (2) соответственно.

## ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Производят запись данных по партиям для исполнителей (табл. 1) и административного органа (табл. 2)

Таблица 1

№ партии	Оценка характеристик $s_{ij}$ , выбираемая исполнителем				$\varphi_i$
	$s_{i1}$	$s_{i2}$	$s_{i3}$	$s_{i4}$	
	характеристика $i$ -го исполнителя $r_{ij}$ при выполнении работы $j$				
	$r_{i1} =$	$r_{i2} =$	$r_{i3} =$	$r_{i4} =$	
1					
2					

Таблица 2

№ партии	№ исполнителя $i$	Значения сообщаемых характеристик $s_{ij}$ при выполнении работы $j$				$\varphi_j$	$\Phi$
		1	2	3	4		
1	1						
	2						
	3						
	4						
	$\lambda_j$						
2	1						
	2						

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем.—М.: Наука, 1977.
2. Бурков В. Н., Кондратьев В. В. Механизмы функционирования организационных систем. — М.: Наука, 1981.

Автор-составитель *Геннадий Михайлович Гришанов*

#### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОТ

Редактор *Е. Д. Антонова*

Техн. редактор *Н. М. Каленюк*

Корректор *Н. С. Куприянова*

Сдано в набор 17.02.83 г. Подписано в печать 3.03.83 г.  
Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная белая.  
Высокая печать. Литературная гарнитура.  
Усл. п. л. 0,46. Уч.-изд. л. 0,4. Тираж 500 экз. Заказ № 139.  
Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени академика С. П. Королёва,  
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Типография УЭЗ КуАИ, г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.



# СЦЕНАРИЙ

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

В игре моделируется функционирование двухуровневой отраслевой системы, содержащей центральный планируемый орган (ЦО) и « $n$ » подчиненных ему предприятий  $A_i$  (рис. 1).

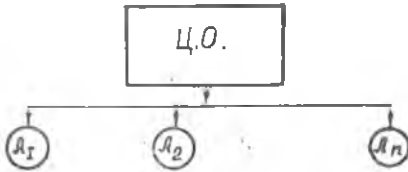


Рис. 1. Структурная схема двухуровневой отраслевой системы

Центральный орган располагает определенными запасами некоторого однородного ресурса. Его задача — распределить имеющееся количество ресурса так, чтобы выигрыш всей системы в целом был наибольшим. Величина этого выигрыша зависит от того, насколько

эффективно используются ресурсы на предприятиях, и от величины выделенного каждому предприятию ресурса.

Принято следующее предположение: каждое предприятие знает величину своего выигрыша в зависимости от количества выделенного ресурса; ЦО известен характер зависимости выигрышей предприятий от количества ресурсов, но точных значений показателей эффективности использования ресурсов на предприятиях ЦО не знает.

Функционирование описываемой системы в течение одного планового периода состоит в следующем:

на этапе формирования данных ЦО получает от предприятий сведения об эффективности переработки (использования) ими ресурса, т. е. оценки показателей эффективности;

на этапе планирования на основании поступивших «снизу» данных ЦО решает задачу оптимального распределения ресурса с целью максимальной эффективности всей системы;

на этапе реализации плана каждое предприятие использует выделенное ему количество ресурса в соответствии с истинным показателем эффективности использования ресурса;

подсчитываются выигрыши отдельных предприятий и всей системы в целом.

Количество предприятий в системе обозначим через « $n$ ».  $R$  — количество ресурса, который имеется в распоряжении ЦО;  $u_i$  — количество ресурса, выделяемое  $i$ -му элементу системы ( $i=1, \dots, n$ );  $\varphi(u_i)$  — функция, определяющая режим потребления ресурса  $i$ -ым предприятием (она одна и та же для всех элементов и известна ЦО);  $r_i$  — коэффициент использования ресурса  $i$ -ым предприятием;  $r_i \varphi(u_i)$  — эффективность

от использования  $i$ -ым элементом ресурса в количестве  $u_i$ ;  $s_i$  — оценка величины  $r_i$ , сообщаемая ЦО на этапе формирования информации.

Целевая функция всей системы определяется выражением

$$\Phi = \sum_{i=1}^n r_i \varphi(u_i). \quad (1)$$

Рассмотрим мотивы, определяющие поведение предприятий.

На этапе реализации плана деятельность предприятий оценивается ЦО путем сопоставления достигнутого предприятием эффекта  $r_i \varphi(u_i)$  и количеством затраченного ресурса. Формально целевая функция предприятия записывается так:

$$\varphi_i = r_i \varphi(u_i) - \tau u_i, \quad (2)$$

где  $\tau$  — цена единицы ресурса.

Таким образом,  $r_i \varphi(u_i)$  — доход предприятия,  $\tau u_i$  — затраты на использование ресурса в количестве  $u_i$ , а величина  $\varphi_i$  есть прибыль предприятия. Графически целевые функции можно представить в виде кривых (рис. 2): разные кривые соответствуют разным ценам. Здесь для простоты вычислений  $\varphi(u_i) = \sqrt{u_i}$ , тогда  $\varphi_i = r_i \sqrt{u_i} - \tau u_i$ . Каждая функция  $\varphi_i$  достигает

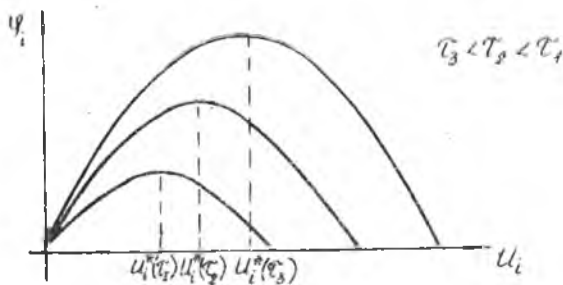


Рис. 2. Функции прибыли  $i$ -го предприятия

максимума в некоторой точке  $u_i^*$ , т. е. для каждого предприятия существует оптимальное количество получаемого ресурса.

Следовательно, выбор оценки  $s_i$  каждым предприятием должен быть таким, чтобы обеспечить максимум его прибыли  $\varphi_i$ .

#### ПРИНЦИП ЖЕСТКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

При условии жесткой централизации ЦО решает задачу оптимального планирования только исходя из интересов всей системы в целом, без учета интересов предприятий. Задача имеет вид:

$$\Phi = \sum_{i=1}^n r_i \sqrt{u_i} \rightarrow \max; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n u_i \leq R.$$

После запроса каждого предприятия  $A_i$  о величине коэффициентов  $r_i$  в ЦО сообщаются оценки  $s_i$ . Далее ЦО подставляет в (3) вместо неизвестных  $r_i$  величины  $s_i$  и на основе этой информации решает задачу оптимального распределения ресурсов

$$\Phi = \sum_{i=1}^n s_i \sqrt{u_i} \rightarrow \max; \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n u_i \leq R.$$

Эта задача решается элементарно: приравнивая к нулю производные функции Лагранжа

$$L = \sum_{i=1}^n s_i \sqrt{u_i} - \mu \left( \sum_{i=1}^n u_i - R \right)$$

по  $u_i$ , получим

$$\frac{\partial L_i}{\partial u_i} = \frac{s_i}{2\sqrt{u_i}} - \mu = 0,$$

$$\text{откуда } u_i = \frac{s_i^2}{4\mu^2}.$$

Подставляя последнее выражение в уравнение  $\sum_{i=1}^n u_i = R$ , имеем

$$\mu^2 = \frac{\sum_{i=1}^n s_i^2}{4R},$$

тогда

$$u_i = \frac{s_i^2}{\sum_{i=1}^n s_i^2} R. \quad (5)$$

Таким образом, в каждый период ЦО производит опрос предприятий, а затем делит ресурс по правилу (5).

В зависимости от того, какая цена фиксирована, возможны:

1.  $\sum_i u_i^* > R$  дефицит ресурса,
2.  $\sum_i u_i^* < R$  избыток ресурса,
3.  $\sum_i u_i^* = R$  спрос равен предложению.

В случае дефицита ресурса все запросы предприятий в сумме больше имеющегося в наличии, поэтому, как бы не делил ЦО ресурс, кто-то получит меньше желаемого количества и, естественно, в следующем периоде увеличит свой запрос. В следующем периоде меньше ресурса, чем «надо», получит, возможно, кто-то другой и станет впоследствии увеличивать запрос. Таким образом, при наличии дефицита ресурса запросы растут до некоторого установленного сверху предела, и система выходит на некоторый предел запросов.

В случае избытка ресурса анализ аналогичен, картина будет такой же, но только предприятия будут занижать запросы до некоторого минимального предела.

Третий вариант представляется благоприятным. Все предприятия в сумме запрашивают ресурса ровно столько, сколько имеется в наличии, — это и есть оптимальное решение задачи (2). Последний вариант служит наглядным примером реализации экономической идеи равновесных цен (равенство 3 — следствие выбора подходящей цены). Для определения равновесной цены нужна достоверная информация. Но раз установленная цена с течением времени перестает быть равновесной, поскольку в реальных условиях коэффициенты эффективности производства меняются с течением времени (ломаются или наоборот модернизируются оборудование и т. д.).

#### ПРИНЦИП СОГЛАСОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Согласованное управление (СУ) характеризуется тем, что ЦО при решении задачи планирования учитывает не только интересы всей системы, но и интересы предприятий. Выше было показано, что подбором цены можно согласовывать интересы предприятий и центра. Для того, чтобы проиллюстрировать это положение, выразим прибыль предприятий как функцию сообщаемых ими оценок  $s_i$ :

$$\varphi_i = s_i \sqrt{u_i} - \tau u_i. \quad (6)$$

Оптимальное значение  $u_i$  определяется как

$$u_i^* = \frac{s_i^2}{4\tau^2}.$$

Значение согласованной цены получим из условия  $\sum_{i=1}^n u_i = R$

$$\tau = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n s_i}{4R}}, \quad (7)$$

тогда значение оптимального плана по ресурсу составит

$$u_i^* = \frac{s_i^2 R}{\sum_{i=1}^n s_i^2} \quad (8)$$

Принцип согласованного управления в применении к рассматриваемой модели означает следующее: получив от элементов  $A_i$  оценки  $s_i$  коэффициентов эффективности  $r_i$ , ЦО принимает за целевые функции элементов функции (6) и далее назначает такую цену и такое распределение ресурсов, при которых каждая функция (6) достигает максимума по  $u_i$ . Отметим, что при этом максимум достигается также критерий оптимальности всей системы.

Распределение (7,8) будем называть согласованным, а такой принцип управления назовем принципом согласованного управления. Формально принцип согласованного управления можно представить следующим образом: определить  $\tau > 0$ ,  $u_i \geq 0$  такие, что

$$\sum_i s_i \sqrt{u_i} \rightarrow \max, \sum_i u_i = R;$$

$$s_i \sqrt{u_i} - \tau u_i = \max (s_i \sqrt{z} - \tau z).$$

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Занятие проводится в несколько этапов:

1. Определение цели игры.
2. Проверка теоретической подготовленности участников игры.
3. Распределение ролей.
4. Объяснение игрокам механизма игры.
5. Выдача участникам исходной информации.
6. Игра.
7. Анализ игры и результатов, достигнутых каждым участником.

Блок-схема взаимодействия игроков (для случая СВ) изображена на рис. 3.

Следует подчеркнуть, что анализ результатов идет по следующей правилу: ЦО оценивает их по значениям  $\Phi (s_i, u_i^*, \tau)$  и  $\varphi_i (s_i, u_i^*, \tau)$ , свою прибыль предприятия определяют по  $\varphi_i (r_i, u_i^*, \tau)$ .



Рис. 3. Блок-схема взаимодействия игроков

## ИНСТРУКЦИИ

### Администратору (преподавателю):

1. Провести проверку подготовленности студентов к игре, ознакомить с особенностями и правилами взаимодействия.
2. Разделить группу на 6—7 подгрупп. Одна подгруппа выполняет роль ЦО, остальные — предприятий.
3. Сообщить «под секретом» ЦО исходные данные  $R$  и  $\tau$  (в случае жесткой централизации).
4. Сообщить каждому предприятию «под секретом» значение его  $r_i$ .
5. Начать игру и следить за правилами взаимодействия.
6. По окончании игры провести разбор и анализ полученных результатов.

### ЦО и членам счетной группы:

1. Получить от администрации исходные данные о  $R$  и  $\tau$ .
2. Получить от предприятий информацию о значениях  $s_i$ .
3. Рассчитать  $u_i$  и  $\tau$  и сообщить их предприятиям.  
Рассчитать  $\Phi$ ,  $\varphi_i(s)$ .
4. Получить от предприятий новые оценки  $s_i$ .

### Предприятиям:

1. Получить от администратора значение  $r_i$ .
2. Выработать свою оценку  $s_i$  и сообщить «под секретом» ЦО.
3. Рассчитать значение истинной прибыли  $\varphi_i(r_i)$  и выработать новое значение оценки  $s_i$ .

## ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

В процессе ведения игры ЦО и предприятия заполняют таблицу

№ партии	$s_1$	$s_2$	...	$s_n$	$\varphi_1(r_1)$	$\varphi_2(r_2)$	...	$\varphi_n(r_n)$	$\Phi$	$\tau$

Графы  $\varphi_i(r_i)$ ,  $\Phi$ ,  $\tau$  заполняются после каждой партии;  
 $s_i$  — после всей игры.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем.—М.: Наука, 1977.
2. Ефимов В. М., Комаров В. Ф. Введение в управленческие имитационные игры. — М.: Наука, 1980.

## ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

В упрощенном виде рассматривается функционирование предприятия (объединения), имеющего несколько цехов, производящих однородную продукцию в течение одного планового периода. Задание на выпуск однородной продукции предприятием его плановый орган должен распределить между цехами таким образом, чтобы суммарные затраты были минимальными. Затраты на производство продукции каждым цехом определяются кадровым составом, оснащенностью оборудованием, степенью использования достижений научно-технического прогресса.

Предположим, что все эти характеристики можно отразить с помощью некоторого коэффициента «мощности» производства, который тем выше, чем лучше организовано и оснащено производство цеха. Кроме того, предполагается, что руководство цехов может достаточно точно определить величину коэффициента «мощности» своего производства, но руководство предприятия знает лишь границы возможных оценок коэффициентов. На основании оценок, поступающих из цехов, им рассчитываются плановые задания.

Функционирование системы в течение одного планового периода происходит последовательно в три этапа:

формирование данных в цехах;

решение задачи оптимального планирования и назначение плановых заданий цехам;

реализация плана и распределение фонда материального поощрения между цехами.

### ПРИНЯТЫЕ В ИГРЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ДОПУЩЕНИЯ

В игре моделируется процесс разработки плана абстрактного предприятия, выпускающего однородную продукцию;

каждый цех характеризуется своим коэффициентом «мощности»;



плановый орган предприятия не знает точно значений коэффициентов «мощности» цехов;

плановый орган предприятия представляет интересы системы в целом.

## СЦЕНАРИЙ

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Введем ряд обозначений:  $R$  — планируемое к выпуску на предприятии количество продукции;  $x_i$  — план на выпуск продукции  $i$ -го цеха;  $k_i$  — коэффициент «мощности»  $i$ -го цеха;  $z_i(x_i, k_i)$  — затраты  $i$ -го цеха в процессе производства продукции.

Для облегчения расчета в ручном варианте принимается, что функция затрат имеет вид:

$$z_i(x_i, k_i) = \frac{1}{2k_i} x_i^2, \quad i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

здесь  $n$  — количество цехов на предприятии.

Затраты на производство продукции по всему предприятию оцениваются суммой

$$F = \sum_{i=1}^n z_i. \quad (2)$$

Целью планирующего органа предприятия является минимизация  $F$  при условии выполнения планового задания по выпуску продукции. Цели можно достигнуть, если определить значения  $x_i$ , которые обеспечили бы справедливость следующих уравнений:

$$F = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2k_i} x_i^2 \rightarrow \min; \quad (3)$$
$$\sum_{i=1}^n x_i \geq R.$$

Целевая функция каждого цеха имеет вид

$$\Phi_i = a P_i + b \Pi_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad (4)$$

здесь  $\Phi_i$  — фонд материального поощрения  $i$ -го цеха за выполнение планового задания;  $P_i = \text{Ц} x_i$  — объем реализации продукции;  $\text{Ц}$  — оптовая цена продукции;  $\Pi_i = \text{Ц} x_i - \frac{1}{2k_i} x_i^2$  — прибыль от реализации продукции; « $a$ » и « $b$ » — нормативные коэффициенты отчисления.

Подставляя в уравнение (4) значения  $P_i$  и  $\Pi_i$  получим

$$\begin{aligned} \Phi_i &= b \left[ \Pi \left( 1 + \frac{a}{b} \right) x_i - \frac{1}{2k_i} x_i^2 \right] = \\ &= b \left( q x_i - \frac{1}{2k_i} x_i^2 \right) = b M_i, \end{aligned} \quad (5)$$

где

$$q = \Pi \left( 1 + \frac{a}{b} \right); \quad M_i = q x_i - \frac{1}{2k_i} x_i^2.$$

Таким образом, цель руководства каждого цеха состоит в получении наибольшего материального поощрения за выполнение планового задания. Для исследования функционирования системы рассмотрим административный метод управления, принципы жесткого и централизованного планирования.

#### АДМИНИСТРАТИВНЫЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ

Реализация этого метода состоит в том, что плановый орган предприятия назначает план цехам, опираясь только на имеющуюся информацию о диапазонах  $[d_i; D_i]$  коэффициентов «мощности» цехов  $k_i$ . Чтобы гарантировать выполнение плана каждым цехом, плановый орган предприятия при разработке плана исходит из того, что значения коэффициентов «мощностей» цехов лежат на нижней границе, т. е.  $k_i = d_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ). Решая задачу (3) с использованием множителей Лагранжа для случая, когда  $k_i = d_i$ , т. е. задачу

$$F = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2d_i} x_i^2 \rightarrow \min;$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \geq R,$$

получим следующий план:

$$x_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} R, \quad i = 1, \dots, n. \quad (6)$$

Теперь следует оценить полученный план с точки зрения возможных затрат на его реализацию. Для этого решается задача (3) при условии, что плановому органу предприятия известны истинные значения коэффициентов мощности каждого цеха.

В результате получим план

$$x_i = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^n k_i} R, \quad i = 1, \dots, n. \quad (7)$$

Подставляя значения (6) и (7) в функцию затрат (2) и сравнивая полученные результаты при различных значениях плана, следует сделать вывод о потерях, которые возникают вследствие неинформированности планового органа предприятия о коэффициентах «мощности».

#### ПРИНЦИП ЖЕСТКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

При реализации этого принципа плановый орган предприятия назначает план, исходя из интересов предприятия без учета интересов цехов. При этом на основании сообщенных цехами оценок коэффициентов мощности  $s_1, \dots, s_n$  решается задача

$$F = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2s_i} x_i^2 \rightarrow \min; \quad \sum_{i=1}^n x_i \geq R,$$

в результате получается следующий план:

$$x_i(s) = \frac{s_i}{\sum_{i=1}^n s_i} R, \quad i = 1, \dots, n.$$

Таким образом, планирование осуществляется при условии, что отношение нормативных коэффициентов отчислений  $a/b$  задано и не меняется, а нормативный коэффициент отчисления « $b$ » определяется из условия, что сумма фондов материального поощрения цехов не превышает фонды материального поощрения предприятия, т. е.

$$b = \frac{\Phi}{\sum_{i=1}^n M_i};$$

где  $\Phi$  — фонд материального поощрения предприятия. Анализ целевой функции цехов  $\Phi$ , показывает, что существует оптимальный план для цеха  $x_i^{\text{опт}} = q k_i$ , при котором фонд материального поощрения максимален.

Действительно, дифференцируя выражение (5) по  $x_i$  и приравнявая производную нулю, получаем

$$\frac{\partial \Phi_i}{\partial x_i} = q - \frac{1}{k_i} x_i^{\text{опт}} = 0,$$

отсюда следует, что  $x_i^{\text{опт}} = q k_i$ .

В зависимости от значений  $q$  возможно, что  $\sum_{i=1}^n x_i^{\text{опт}} < R$ .

Тогда у цехов появляется тенденция к занижению оценок  $s_i$ , сообщаемых в плановый орган предприятия, сохраняющаяся на протяжении всех партий игры. В конце концов все цеха, стремясь получить максимум материального поощрения, сообщают нижние границы оценок  $d_i$ . Поскольку затраты при предельных значениях оценок больше, чем при истинных значениях коэффициентов мощности, можно сделать вывод о том, что формальное введение хозрасчета не дает эффекта в системе и даже может привести к отрицательному эффекту. Разработка рекомендаций по совершенствованию системы стимулирования позволяет избежать этих недостатков, но при этом не разрешается изменять план  $R$  (выступать с предложением уменьшить его), изменять цену выпускаемой продукции  $\Pi$  (просить ее увеличения) или изменять фонд материального поощрения предприятия  $\Phi$  (просить его увеличения). Разрешается изменять процедуру планирования и величины нормативов «а» и «b» (при условии, что фонд материального поощрения предприятия не будет превышен).

#### ПРИНЦИП СОГЛАСОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Разработка согласованного плана проводится с учетом интересов предприятия (достижения минимальных затрат) и интересов цехов (получения максимальной величины материального поощрения). Согласование интересов достигается изменением соотношений нормативов  $a/b$  и, следовательно, величины  $q$ .

Для реализации принципа согласованного планирования необходимо решить задачу

$$F = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2 s_i} x_i^2 \rightarrow \min; \quad \sum_{i=1}^n x_i \geq R;$$

$$b \left( q x_i - \frac{1}{2 k_i} x_i^2 \right) = \max_y b \left( q y - \frac{1}{2 s_i} y^2 \right).$$

Из решения этой задачи следует

$$x_i = \frac{s_i}{\sum_{i=1}^n s_i} R, \quad i = 1, \dots, n;$$

$$q = \frac{R}{\sum_{i=1}^n s_i}.$$

Учитывая, что  $q = \Psi\left(1 + \frac{a}{b}\right)$ , из последнего уравнения в выражении (8) находим, что

$$\frac{a}{b} = \frac{R}{\Psi \sum_{i=1}^n s_i} - 1.$$

Анализируя затраты предприятия и величины материального поощрения цехов, полученные в результате подстановки в выражения (2) и (5) величин  $x_i$ ,  $q$ , делается вывод о целесообразности сообщений достоверной информации о коэффициентах «мощности» для каждого цеха.

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИГРЫ

Студенческая группа разбивается на подгруппы из 5—6 человек. Один человек в подгруппе назначается на роль «планового органа предприятия», остальные выполняют роль руководителя цеха. Преподаватель сообщает открыто значения  $R$ ,  $\Psi$ ,  $\Phi$ , а в случае, если исследуется административный метод управления и принцип жесткой централизации, то сообщается и величина  $q$ . Задаются границы возможных оценок  $s_i = [d_i; D_i]$  (для простоты их можно брать одинаковыми для всех групп).

Началом партии игры является сбор информации о коэффициентах «мощности» цехов. Руководство цехов сообщает (закрыто) оценки  $s_i$  плановому органу предприятия.

На этапе планирования плановый орган предприятия определяет план  $x_i = \frac{s_i}{\sum_{i=1}^n s_i} R$  ( $i = 1, \dots, n$ ) и сообщает значения  $x_i$  ру-

ководителям цехов (сообщение делается открыто). В случае исследования принципа согласованного планирования вычисляются и соблюдаются на каждом этапе игры величины  $q = \frac{R}{\sum_{i=1}^n s_i}$

На этапе реализации планов участники игры последовательно производят следующие действия:

руководители каждого цеха вычисляют величины своих затрат на производство продукции  $z_i = \frac{1}{2k_i} x_i^2$  и сообщают результаты в плановый орган предприятия;

плановый орган предприятия подсчитывает суммарные затраты на производство продукции  $F = \sum_{i=1}^n z_i$ ;

руководители цехов определяют величины  $M_i$  и сообщают их плановому органу предприятия;

плановый орган предприятия вычисляет нормативный коэффициент отчисления  $b = \frac{\Phi}{\sum_{i=1}^n M_i}$  и сообщает руководителям его

цехов;

руководители цехов вычисляют величины фондов материального поощрения  $\Phi_i = bM_i$ .

## ИНСТРУКЦИИ

### *Плановому органу предприятия*

1. Получить от преподавателя значения  $R$ ,  $\Phi$ ,  $q$  (при действии принципа жесткой централизации).
2. Получить от руководителей цехов значения  $s_i$ ,  $M_i$ ,  $z_i$ .
3. Определить значения  $x_i$ ,  $b$ ,  $q$  (при действии принципа согласованного планирования) и сообщить руководителям цехов.
4. Рассчитать значение  $F$  и проанализировать ход игры.

### *Руководителю цеха*

1. Получить от преподавателя значения  $k_i$ , диапазоны оценок  $[d_i; D_i]$ .
  2. Получить от планового органа предприятия значения  $x_i$ ,  $b$ ,  $q$  (при действии принципа жесткой централизации).
  3. Определить значения  $z_i$ ,  $M_i$  и сообщить в плановый орган предприятия.
  4. Рассчитать значения  $\Phi_i$  и проанализировать ход игры.
- Действия игроков описаны в разделе 3, 4 настоящих методических указаний.

## ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

В процессе ведения игры плановый орган предприятия и руководители цехов заполняют таблицы (табл. 1, 2).

Таблица 1

№ партии	Характеристика мощности $i$ -го цеха $k_i =$					
	$s_i$	$x_i$	$q$	$M_i$	$b$	$\Phi_i$
1						
2						

Таблица 2

№ партии	Значения оценок характеристики мощности цехов $s_i$				$q$	Значения плана $x_i$				$b$	$F$
	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$		
2											

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бурков В. П. Основы математической теории активных систем — М.: Наука, 1977.
2. Бурков В. Н., Кондратьев В. В. Механизмы функционирования организационных систем. — М.: Наука, 1981.
3. Ефимов В. М., Комаров В. Ф. Введение в управленческие имитационные игры. М.: Наука, 1980.