

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

В.Н.БУРКОВ, Н.М.КУЛЖАБАЕВ

**АКТИВНЫЕ
СИСТЕМЫ И
ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ**

(УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ)

АЛМАТЫ- 2000

**РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ИЗДАТЕЛЬСКИЙ КАБИНЕТ
КАЗАХСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ
ИМ. И. АЛТЫНСАРИНА**

В.Н.Бурков, Н.М.Кулжабаев

**Активные системы и деловые игры: /Учебное пособие/-
Алматы, Республиканский издательский кабинет Казахской
академии образования им. И.Алтынсарина, 2000 г., 226 с.,
ISBN 9965-487-49-9.**

В пособии изложены основные понятия теории управления активными системами и описаны модели, методы базовых механизмов организационного управления, а также методы принятия решений при планировании и управлении в социально-экономических системах.

На конкретных примерах дано общее описание моделей системы производственно-транспортного типа, предложена методология конструирования автоматизированных деловых игр, на основе которой разработан комплекс деловых игр: “Сбыт”, “Распределение грузопотоков по видам транспорта”, “Распределение грузопотоков по направлениям” и “Распределение ресурсов в режиме “автоматов”.

Пособие предназначено для специалистов в области управления социально-экономических системах, а также для преподавателей, инженеров и студентов высших учебных заведений.

**Рецензенты: Б.Ж.Хисаров- кандидат технических наук, доцент
Алматинского института энергетики
и связи**

**Д.Н.Шукаев- доктор технических наук, профессор
Казахского национального техничес-
кого университета**

**Рекомендовано к печати ученым советом Казахского
национального технического университета**

ISBN 9965-487-49-9 © В.Н.Бурков, Н.М.Кулжабаев

**© Республиканский издательский
кабинет Казахской академии
образования им. И.Алтынсарина, 2000 г.**

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование хозяйственного механизма в условиях рыночной экономики - одна из центральных задач сегодняшнего дня. В новых условиях хозяйствования перевод экономики от централизованного управления на рыночные условия ведения хозяйства стимулирует поиск наиболее эффективных механизмов решения социальных и экономических задач. Естественно, что успешное решение подобных проблем возможно только в том случае, когда проведен детальный анализ задач, возникающих при перестройке хозяйственного механизма и при наличии хорошо отработанных методов управления хозяйственной деятельностью. Кроме этого, необходимо располагать соответствующими методами, позволяющими провести объективный анализ и синтез экономических механизмов и иметь соответствующие средства обучения аппарата управления.

Важное место в решении этой задачи занимает проблема согласования общественных, коллективных и личных интересов. Так как необходимо разработать эффективный метод управления не техническим объектом, а организационной системой, основным звеном которой является человек или коллектив людей.

Для анализа и совершенствования процесса управления прежде всего необходимо овладеть системным подходом, обеспечивающим полноту учета всех существенных элементов, связей и средств достижения целей совершенствования.

Существующий хозяйственный механизм исчерпал свои возможности и требует его коренного изменения, необходим переход на согласованные механизмы управления, повышающие эффективность производства.

Повышение эффективности производства достигается на основе использования таких рычагов - как разработка и совершенствование организационных механизмов планирования, стимулирования и управления.

В этой области можно выделить следующие направления:

- разработка механизмов планирования (принятия рациональных решений);
- разработка механизмов стимулирования, обеспечивающих требуемые свойства организаций;
- разработка автоматизированных имитационных игр, моделирующих управленческие решения.

Каждое из указанных направлений базируется на наборе типовых моделей, методов и механизмов, которые рассмотрены в первой и во-второй главе.

В третьей главе дано общее описание моделей системы производственно-транспортного типа (промышленное предприятие, транспортная система "поставщик-потребители" и система водораспределения). Проведено обсуждение характерных особенностей моделей, которые послужили основанием для выделения производственно-транспортных систем в отдельный объект исследования теории активных систем.

В четвертой и пятой главе предложена методология конструирования автоматизированных имитационных игр, на основе, которой разработан игровой комплекс имитационных или деловых игр для моделирования управленческих решений.

Деловая игра "Сбыт", предназначенная для игрового моделирования взаимоотношений между предприятием-поставщиком и предприятиями-потребителями в процессе сбыта готовой продукции.

Деловые игры "Распределение грузопотоков по видам транспорта" и "Распределение грузопотоков по направлениям"

на базе линейных и нелинейных моделей, описывающих традиционные транспортные и распределительные задачи. Они дают возможность быстро и наглядно анализировать действия различных принципов и законов управления в транспортных системах.

Деловая игра "Распределение ресурсов в режиме "автоматов"", которая позволяет сравнивать правила поведения людей со стратегиями "автоматов" заложенными на ЭВМ.

Все деловые игры реализованы на ЭВМ, для каждой игры подробно проведен сравнительный анализ различных принципов управления.

В целом книга посвящена актуальным проблемам разработки механизмов управления, позволяющей существенно повысить эффективность функционирования организационных систем.

Основная цель - научить специалистов в области управления, а также инженеров, преподавателей и студентов высших учебных заведений основным подходам проектированию организационных механизмов, игровому имитационному моделированию, применяемым при решении задач совершенствования механизмов управления.

Материалы главы 1, 2 написаны Бурковым В.Н., а главы 3, 4 и 5 –Кулжабаевым Н.М.

1. ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНЫМИ СИСТЕМАМИ

1.1. Оргсистема. Оргструктура. Оргмеханизм

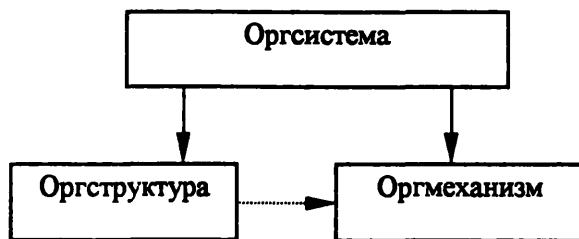
Для решения задач управления в организационных системах необходимо в первую очередь подробнее разобраться с понятиями и системными свойствами, выделяющими организационные системы в особый класс систем.

Начнем с основного понятия - *организационная система* (оргсистема) или организация. Как уже говорилось ранее, в первую очередь это система, т.е. совокупность взаимосвязанных элементов, обособленная от среды и взаимодействующая с ней как целое. Эта целостность проявляется в том, что система не есть простая совокупность взаимосвязанных элементов, а существует или создана искусственно для достижения определенных целей. Система есть средство для достижения целей. Организационная система относится к так называемым социотехническим системам, т.е. системам, включающим технику и коллективы людей, интересы которых существенно связаны с функционированием системы [2]. Завод, школа, институт, семья, государство, ООН - все это организационные системы. С другой стороны, совокупность людей на улице вряд ли можно назвать организационной системой. Общность целей, определенная структура построения и определенные правила взаимодействия элементов - существенные черты организационной системы.

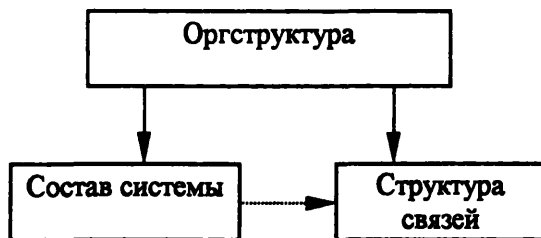
При описании организационной системы в первую очередь выделяют *структурную схему* (оргструктуру) и *механизмы функционирования* организации или организационный механизм (оргмеханизм) (рис. 1.1а).

Описание оргструктуры содержит, в свою очередь, описание *состава системы* и описание *структуры связей* (отношений) между элементами системы (рис.1.1б). Описание состава системы включает описание каждого структурного элемента.

Организационный механизм или механизм функционирования организационной системы - это набор правил (процедур, функций), регламентирующих действия элементов организационной системы в процессе функционирования. Организационный механизм также сложное понятие, допускающее декомпозицию по различным признакам (структурному, функциональному, территориальному, временному и др.) Простейшая декомпозиция по функциональному признаку приведена на рис.1.1в. Здесь выделены механизмы целеполагания и управления.



а)



б)

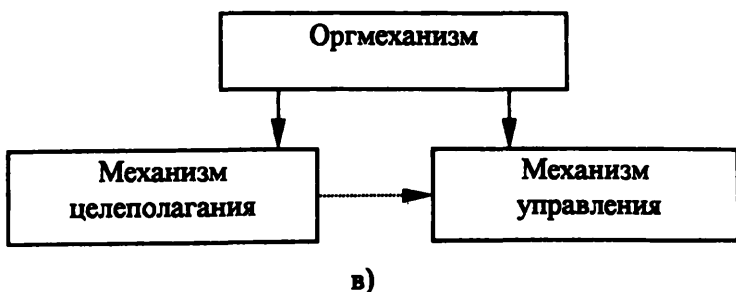


Рис.1.1. Декомпозиция оргсистемы (а), оргструктуры (б) и оргмеханизма (в)

Механизм целеполагания - это набор процедур, позволяющих сформировать комплекс целей, задач функционирования и развития организации, а также дать сравнительную оценку состояний, в которых она может находиться (с точки зрения целей, желаемых состояний организации).

Механизм управления - это совокупность процедур, обеспечивающих определенное развитие организации во времени. Очевидно, что хороший механизм управления обеспечивает улучшение состояния организации, т.е. развитие в направлении поставленных целей. Стрелки на рисунке указывают на определенную первичность (приоритет) одних блоков перед другими при описании оргсистемы. Так, описание оргмеханизма невозможно без знания оргструктуры, описание структуры связей невозможно без знания состава системы и, наконец, судить о качестве механизма управления (хорош он или плох) можно, только умея оценивать состояние организации с позиций, стоящих перед ней целей, т.е. имея механизм целеполагания.

Между понятиями “оргструктура” и “оргмеханизм” существует и приоритетность другого типа. Заметим, во-первых, что и то и другое обладает определенной стабильностью (устойчивостью) во времени. Иначе мы не

могли бы выделить и описать структуры, механизмы и тем более оценить их эффективность, проводить работу по их совершенствованию. Можно, конечно рассматривать динамические (изменяющиеся во времени) структуры и механизмы, но теория таких структур и механизмов только начинает создаваться. Однако при определенной стабильности структуры и механизма последний обладает большей изменчивостью. Так, изменение структуры почти всегда требует изменения механизма, в то время как изменение механизма можно проводить без структурных изменений.

Заметим, что эффективность структуры во многом определяется не столько структурой самой по себе, сколько тем организационным механизмом, который существует в рамках этой структуры. Поэтому задача разработки эффективных организационных механизмов при заданной структуре - необходимый элемент для оценки эффективности самой структуры.

И еще одно замечание. Везде, говоря о структуре и механизме, мы имеем в виду не реально существующие структуры и механизмы, а модели реальных структур и механизмов, определяющие существенные с точки зрения целей описания и исследования стороны реальной организационной системы [3].

1.2. Двухуровневые оргсистемы

Мы уже рассматривали на содержательном уровне основные понятия, применяемые при описании оргсистем и элементов - состояние, множество возможных состояний, план, система мотивации (стимулирования), механизмы целеполагания, формирования данных, планирования и др. Перейдем к формализованному описанию этих понятий на математическом языке, с тем чтобы подойти к строгой постановке задач управления организационными системами. Начнем рассмотрение с двухуровневых оргсистем. С одной

стороны, это простейшие модели социотехнических систем, а с другой - сложная многоуровневая организация может быть описана как совокупность двухуровневых блоков (декомпозиция по блокам наиболее естественна при описании иерархических систем). Структурную схему двухуровневой оргсистемы образуют управляющий элемент верхнего уровня – Центр(Ц), активные элементы(АЭ) нижнего уровня и элемент “внешняя среда”, а также связи между ними (рис.1.2).

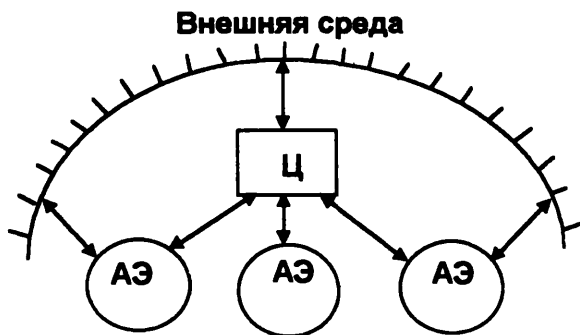


Рис. 1.2. Структурная схема двухуровневой оргсистемы

Состояние. Обозначим множество элементов нижнего уровня $I = \{i: i=1 \div n\}$ и с помощью нижнего индекса будем относить соответствующие величины к i -му элементу. Состояние элемента в данный момент времени - это множество значений существенно важных характеристик элемента. Состояние i -го элемента будем обозначать как вектор $y_i = \{y_{ij}\}, y_i \in Y_i$, где Y_i - множество возможных состояний i -го элемента.

Множество возможных состояний системы. Состояние системы определим как совокупность состояний ее элементов и обозначим как $y = \{y_i: i \in I\}, y \in Y$, где Y - множество возможных состояний. Это множество определяется ограничениями двух типов. Во-первых, ограничения на

состояния отдельных элементов (локальные ограничения), во-вторых, ограничения, определяемые внешней средой и связями элементов между собой. Последние ограничения называют *глобальными (системными)*. Множество возможных состояний, удовлетворяющих глобальным ограничениям, обозначим $Y^{гл}$.

Таким образом, множество возможных состояний системы можно представить как пересечение множества $Y^{гл}$ и декартова произведения $\prod_i Y_i$ множеств локально-допустимых состояний Y_i :

$$Y = \prod_i Y_i \cap Y^{гл}.$$

Внешняя среда. Внешняя среда представляет собой совокупность не входящих в систему объектов, изменение состояния которых может, как изменить множество возможных состояний системы, так и повлиять на цели системы и ее элементов. Внешняя описывается состоянием (множество значений характеристик внешней среды, существенно важных с точки зрения их влияния на систему) и множеством возможных состояний. Следует отметить, что при таком описании предполагается, что во-первых, система не влияет на внешнюю среду и, во-вторых, внешняя среда пассивна по отношению к системе (т.е. не имеет своих целей и соответственно возможностей активно влиять на систему). Если влияние системы на внешнюю среду или активность внешней среды являются существенным и им нельзя пренебрегать, то, как правило, соответствующие элементы внешней среды включают в состав системы (т.е. делают их внутренними). Таким образом, состояние внешней среды - это совокупность не зависящих от системы факторов, изменение значений которых существенно влияет на состояние системы, причем изменения внешней среды не носят активного (целенаправленного, т.е. злонамеренного или доброжелательного) характера.

1.3. Описание состава системы и структуры связей

Начнем с описания отдельного элемента системы. В первую очередь следует различать элементы, включающие людей или коллективы, активно участвующие в деятельности организации, и элементы, в которых участие людей не существенно (подсистемы с автоматическим управлением на производстве, системы, в которых человек выполняет заданный набор операций, т.е. действует строго по инструкции, наконец, чисто технические элементы организационной системы). Первые будем называть *активными* элементами, а вторые - *пассивными*. Разница между ними принципиальна. Описание пассивных элементов, например технических систем, производится стандартным образом в виде описания входов u , выходов v и преобразования Φ входа u в выход v . Если это преобразование неизвестно, то имеем описание в виде модели "черного ящика", если частично известно, то "серого", а если полностью известно - то "белого". Принципиально важно, что такое описание можно провести для каждого элемента системы независимо от механизма функционирования.

Активный элемент. Ситуация в корне меняется, когда речь идет об активных элементах системы. Описание активных элементов в принципе невозможно представить в виде преобразования входных переменных в выходные, не зависящего от механизма функционирования системы. Дело в том, что активные элементы (люди) имеют определенную свободу в выборе состояния, обладают способностью прогнозировать обратное воздействие их выбора через механизмы функционирования на управляющие воздействия со стороны системы (входа) и учитывать результаты этого прогноза при выборе состояния (выходов). Можно сказать, что описание активного элемента состоит не из одного ящика (серого или белого), а из целого склада разных ящиков (моделей). Активный элемент берет с этого склада тот,

который наиболее соответствует целям (интересам) элемента (а не интересам организации!). Этот выбор во многом определяет механизм управления в системе.

Естественно, что цели элемента как части системы не совпадают с целью системы. Поэтому выбранный элементом "ящик", вполне подходящий для него (т.е. соответствующий его целям) может быть невыгодным для системы. Содержимое склада известно элементу, в то время как Центр имеет о нем весьма смутное представление. И понятно, что активный элемент не стремится раскрывать это содержимое Центру, равно как и другим элементам системы. Итак, чтобы описать активный элемент, необходимо описать ансамбль моделей и систему целей элемента. Зная эти два компонента описания, Центр уже может с той или иной надежностью предсказать поведение элемента при выбранном механизме управления.

Подсистема - это часть системы, рассматриваемая как целое (как сложный элемент) и включающая другие элементы или подсистемы. Описание подсистемы включает описание ее элементов и описание существенных характеристик (показателей состояния) самой подсистемы. Как правило, показатели состояния подсистемы формируются на основе показателей состояния входящих в нее элементов, т.е. являются агрегатами состояний элементов. Так, выпуск отрасли определяется как сумма выпусков предприятий отрасли, срок завершения сложного проекта определяется длиной критического пути сетевого графика, проекта и т.д. Соответственно и цели системы, как правило, выражаются через *агрегированные показатели состояния подсистемы*.

Структура связей. Описание структуры связей включает характеристику типа связи. Связи могут быть *информационными* (потoki информации), *технологическими* (потoki продуктов, материалов, энергии), *функциональными*. Соответственно можно выделить *структуру информационных связей, технологическую структуру, структуру меха-*

низма функционирования (функциональную структуру). Нас интересуют в основном функциональные структуры, так как наша цель - изучение механизмов функционирования организаций.

1.4. Механизмы управления, прогнозирования и планирования

Описание механизма управления декомпозируется на описания связанных между собой компонентов. В качестве основания такой композиции используется принятая в теории управления производством декомпозиция по функциям управления. В результате выделяются следующие компоненты: прогнозирование, планирование, учет, оценка функционирования, стимулирование.

Прогнозирование. Механизм прогнозирования применяется на этапе формирования данных, предшествующем этапу планирования (принятия решений). Фактически на этом этапе производится оценка множества возможных состояний системы (внешней среды) в предстоящем периоде функционирования (можно сказать, оценка будущих возможностей системы и будущего состояния внешней среды). Выделим две схемы формирования данных - встречную и адаптивную.

При встречной схеме необходимая информация о множестве возможных состояний сообщается непосредственно активными элементами системы. В качестве таких активных источников информации могут выступать как сами элементы, сообщающие свои множества возможных состояний, так и специальные группы экспертов, задача которых заключается в сборе, обработке и представлении Центру необходимой информации о системе и внешней среде. При адаптивной схеме необходимая информация о системе и внешней среде прогнозируется Центром на основе данных о состоянии системы и внешней среды в прошлые периоды

функционирования. Применяются также комбинированные схемы, в которых используется информация, полученная на основе адаптивных процедур, и на основе встречных.

Примерами встречной схемы формирования данных являются представление предприятиями в органы материально-технического обеспечения заявок на ресурсы; информация о затратах и сроках реализации тех или иных проектов, представляемая исполнителями в органы управления предприятий; представление финансовых планов в финансовые органы и др. Классическим примером адаптивной схемы является планирование от достигнутого производительности труда, норм расхода ресурсов, планов производства, прогнозирование темпов развития экономики на основе соответствующих временных рядов и др.

Как правило, модели, описывающие множество возможных состояний системы и элементов, удае тся представить в параметрическом виде. Таким образом, знание Центром параметров модели i -го элемента позволяет построить все множество возможных состояний. В этом случае задача прогнозирования сводится к оценке будущих значений параметров моделей элементов системы. Первоначально Центру известно только некоторое множество Ω_i возможных значений параметров модели i -го элемента. Встречный способ применяется в тех случаях, когда информированность самих элементов о будущем множестве возможных состояний существенно выше, чем информированность Центра.

Наиболее часто в детерминированном случае принимается гипотеза, что элементы точно знают свое множество возможных состояний или свой вектор параметров $r_i \in \Omega_i$. Оценку этого вектора, сообщаемую элементом Центру, обозначим s_i . Очевидно, что в силу активного поведения элементов у нас нет никаких оснований полагать, что сообщаемые оценки s_i будут соответствовать истинным r_i . Скорее, наоборот, $s_i \neq r_i$, что подтверждается богатой

практикой плановой экономики (как правило, предприятия просят больше, чем надо, обещают меньше, чем могут). Проблема разработки механизмов управления, обеспечивающих сообщение достоверной информации от элементов Центра, - одна из основных проблем теории управления в организационных системах. Механизмы, обладающие таким свойством, получили специальное название механизмов "честной игры" или открытого управления.

Если информированность Центра и элементов примерно одинакова или если нет уверенности в том, что получаемая встречным способом информация будет достоверной, применяется адаптивный способ формирования данных. Для уточнения модели системы, на основе данных о ее состояниях в прошлом периоде функционирования, применяются методы адаптивной идентификации.

В простейшем случае для оценки параметров в планируемом периоде используется информация об оценке этих параметров и о состоянии системы в предыдущем периоде. Так, если z - оценка параметров модели системы, а $\hat{s}, \hat{y}$ и $\hat{x}$ - оценка, состояние и план системы в предыдущем периоде, то оценка z получается с помощью отображения $z = P(\hat{s}, \hat{y}, \hat{x})$.

Планирование. В теории и практике организационного управления понятие планирование означает процедуру принятия решений о желательных для Центра или элементов системы значениях существенно важных характеристик. В качестве таких характеристик могут выступать как непосредственно состояние системы (элементов), так и определенные агрегаты (комплексные характеристики) от параметров состояния. Однако для упрощения описания механизмов планирования включим агрегаты в состав существенно важных характеристик системы. Тем самым они становятся параметрами состояния элементов (системы).

Желательные значения параметров состояния элементов могут устанавливаться как Центром, так и самими элементами. В последнем случае будем считать, что формально эти значения также устанавливаются Центром (можно сказать, что Центр утверждает планы, представленные элементами). Наконец, столь же формально можно принять, что Центр устанавливает желательные значения всех параметров состояния, т.е. размерность пространства планируемых состояний совпадает с размерностью пространства состояний. Действительно, если Центр не планирует тот или иной параметр, то можно принять, что план по нему равен тому значению, которое будет выбрано элементом.

С учетом высказанных соображений мы можем определить механизм планирования как процедуру определения Центром желательного состояния системы. Это желательное состояние и называется *планом системы*. Содержательный смысл компонент плана может быть самым различным. Это могут быть планы: выпуска продукции в натуральном выражении, цены продукции (ценообразование), нормативы образования фондов, финансовый план и др. План i -го элемента будем обозначать x_i , а план системы $x = \{x_i, i \in I\}$.

В организационных системах часто встречаются ситуации, когда заранее известно, что реальные значения ряда параметров состояния будут совпадать с планируемыми. Так происходит, если Центр устанавливает цены продукции или нормативы отчислений в бюджет и в фонды экономического стимулирования (без права предприятия изменять эти цены или нормативы). Возможен и такой случай: Центр распределяет ресурсы, и заранее известно, что предприятие израсходует весь ресурс, выделенный Центром, но не более этого количества. Такие планируемые показатели по аналогии с техническими системами удобно называть *управлением* и обозначать λ .

Механизм планирования определим как процедуру принятия решения о плане системы. Механизмы планирования можно классифицировать по содержательному признаку (планирование материально-технического обеспечения, цен, финансов и др.). При планировании Центр, естественно, опирается на информацию о множестве возможных состояний системы и о целях системы и элементов, полученную из блоков прогнозирования. Таким образом, формально механизм планирования можно представить как отображение информации z в план x , т. е. $x = \pi(z)$.

Реальный процесс принятия решений о плане редко сводится просто к процедуре построения на основе информации z множества возможных состояний системы и выбору из этого множества желательного состояния в качестве плана. Во-первых, прогноз всего множества возможных состояний не простая задача. Обычно удается оценить только часть этого множества. Это приводит к необходимости итеративных процедур планирования. Кроме того, при принятии сложных (стратегических) решений возникает необходимость уточнить прогноз в том или ином направлении, т.е. вернуться к этапу прогнозирования, и такая необходимость в процессе принятия решений может возникать неоднократно.

В подобных ситуациях трудно провести четкое деление на механизм прогнозирования и планирования, и процесс принятия решений рассматривается как единый процесс планирования. Однако при детальном описании этого процесса, как правило, удается выделить повторяющиеся этапы (итерации), включающие подмеханизмы прогнозирования и планирования, в которых план определяется не в одном Центре, а в целом ряде подсистем. В таких случаях итеративная процедура согласования плановых решений - необходимое условие эффективности планирования.

Если планирование производится на основе данных, полученных адаптивным способом, то механизм планирования

также называется адаптивным. При этом, как правило, не выделяется отдельно этап прогнозирования, а процедура планирования сразу определяется как процедура определения параметров плана на основе имеющейся у Центра информации о множестве возможных состояний, а также о состояниях и планах прошлых периодов.

Как уже отмечалось, процедура планирования редко представляет собой одноактный процесс выработки решения в Центре. Как правило, это многократная (итеративная) процедура (особенно, если речь идет о распределенной системе принятия решений). Тем не менее можно выделить элементарные блоки этой процедуры, соответствующие элементарному акту принятия решений либо в Центре, либо в распределительных Центрах, либо в подсистеме (элементах). Слова “элементарный блок” и “элементарный акт” принятия решений не означают, конечно, что это простая процедура. Это может быть результат решения весьма сложной задачи. Главное, что такая процедура принятия решений в данном элементе системы не содержит внутри себя обращений к другим элементам.

1.5. Система мотивации, механизмы стимулирования и целеполагания

Стимулы и мотивация. Поведение человека (группы лиц) определяется системой стимулов (внешних и внутренних), образующих в совокупности *систему мотивации*. Система *внешних стимулов* - во многом управляемая (моральное и материальное поощрение, административные санкции и др.), и она является частью механизма управления, называемой *механизмом стимулирования* [1,4] Система *внутренних стимулов*, как правило, неуправляема в рамках рассматриваемой задачи (быть честным, добросовестным, оказывать помощь, любить труд - это все внутренние качества человека во многом мотивирующие его поступки). Конечно,

при исследовании функционирования оргсистем в течение длительных периодов нельзя не учитывать изменения внутренних стимулов со временем и, в частности, влияния на них механизма управления. История развития нашей страны застойного периода дает хорошую иллюстрацию губительного действия административно-командной системы управления на такие человеческие ценности, как честность, порядочность, уважение к людям, трудолюбие, милосердие.

Таким образом, описание системы мотивации включает описание механизма стимулирования и механизма внутренней мотивации. В организационно-экономических системах механизм стимулирования включает совокупность критериев, отражающих производственно-хозяйственную деятельность элемента. В качестве таких критериев могут выступать объем реализованной продукции, доход, прибыль, фонд оплаты труда, фонд развития производства, премия, заработная плата, штрафы и другие показатели оценки деятельности, выражаемые через показатель состояния и плана. Знание хозяйственного механизма, как правило, позволяет достаточно точно и полно описать зависимость показателей оценки деятельности от состояния и плана системы. Гораздо более трудно описать механизм внутренней мотивации, зависящих от таких качеств человека, как честность, ответственность, угрызения совести, трудолюбие и т.д. Из концепции "человекоустойчивых механизмов" следует ориентация на самый неблагоприятный вариант при оценке эффективности механизма управления. Упрощенно говоря, предполагается, что активные элементы будут обманывать, если им это выгодно, и будут срывать выполнение плана, если им это тоже выгодно.

В этом случае приходим к двум основным факторам стимула, определяющим поведение активных элементов - это *материальные стимулы* и *затраты сил* (физических, умственных) на достижение того или иного состояния, или,

другими словами, приходим к модели экономического поведения типа “затраты - стимулы”. В простейшем случае эта модель описывается в виде скалярной целевой функции, зависящей от плана и состояния активного элемента:

$$f(x, y) = h_M(y) - \chi(x, y) - z(y),$$

где $h_M(y)$ - определяет материальное стимулирование в зависимости от состояния элемента; $\chi(x, y)$ - штраф за отклонение фактического состояния от плана и $z(y)$ - затраты элемента на достижение состояния y , приведенные к тем же единицам, что и $h_M(y)$ и $\chi(x, y)$ (как правило, в денежном выражении). Если различие содержательного смысла функции $h_M(y)$ и $z(y)$ не важно, то их объединяют в одну функцию $h(y) = h_M(y) - z(y)$, которую называют выигрышем. Заметим, что без ограничения общности всегда можно принять, что $\chi(x, x) = 0$. Это позволяет однозначно представить любую функцию $f(x, y)$ в виде $h(y) - \chi(x, y)$, где $h(y) = f(y, y)$ и $\chi(x, y) = f(y, y) - f(x, y)$.

Важный класс системы мотивации представляют системы с неотрицательными штрафами, в которых $\chi(x, y) \geq 0$. Среди них особо можно выделить системы с нулевыми штрафами, для которых $\chi(x, y) \geq h(y) - h(x)$. Первые характерны для чисто рыночных (децентрализованных) механизмов, вторые - для чисто централизованных.

Следует иметь в виду, что описание механизма управления, как правило, включает только управляемую часть системы мотивации, т.е. механизмы стимулирования. Описание механизма внутренней мотивации и соответственно всей системы мотивации необходимо для прогнозирования поведения активных элементов, с тем чтобы оценить эффективность существующего механизма и мер по его улучшению (совершенствованию).

Механизмы целеполагания. Переходим к описанию важной составляющей механизма функционирования, без которой невозможно оценить, эффективен или нет, действующий механизм управления, принесут ли улучшения рекомендации по его совершенствованию. Механизм целеполагания – это совокупность процедур, позволяющих Центру описать в том или ином виде цели оргсистемы. Знание целей необходимо для оценки будущих состояний оргсистемы. Чем более точно дано описание цели системы, тем более точной окажется оценка эффективности механизма управления.

Как и механизм управления, реальные механизмы целеполагания имеют сложное строение и могут включать различные механизмы функционирования.

1.6. Оценка эффективности механизма управления

Итак, организационная система описана, следовательно, описаны ее структура и механизм функционирования (т.е. механизмы целеполагания и управления). Как оценить, насколько эффективен существующий механизм управления и каковы резервы его улучшения?

Для этого необходимо в первую очередь предсказать поведение активных элементов системы. Свобода поведения активных элементов проявляется на двух этапах функционирования - на этапе *формирования данных* и на этапе *реализации планов*.

Рассмотрим встречный способ формирования данных. В этом случае на этапе формирования данных активный элемент должен решать, какую информацию $\hat{s}$ сообщить Центру, а на этапе реализации планов - какое состояние $\hat{y}$ выбрать из множества возможных состояний. Напомним, что множество возможных состояний элемента представляется в параметрическом виде $Y(r)$, где r - истинное значение вектора-параметра, известное активному элементу. Однако сообщит ли он это истинное значение?

Интуитивно представляется, что в эффективно функционирующих системах Центр должен получать достоверную информацию о возможностях активных элементов. Трудно поверить, что можно принимать хорошие решения на основе ложной информации. Более того, для ряда частных задач доказано, что сообщение достоверной информации - одно из свойств оптимального механизма управления. К сожалению, общего результата такого рода получить не удалось. Другими словами, мы не можем доказательно утверждать, что честность - необходимое условие эффективного управления, хотя интуиция и практический опыт склоняют нас к такому выводу. Ввиду особой важности механизмы управления, в которых сообщаемая информация z является достоверной ($\hat{z} = r$), получили специальное название механизмов открытого управления или честной игры.

На этапе реализации плана x свобода элемента заключается в возможности выбора состояния из множества $Y(r)$. Здесь другая проблема - будет ли выполнен (и перевыполнен) план x или нет? Обращаясь опять к здравому смыслу и практическому опыту, можно утверждать, что эффективно работающие организации отличаются выполнением намеченных планов, т.е. выбранное элементами состояние $\hat{y}$ совпадает с планом $x(\hat{y}) = x$. Верно ли это утверждение? Является ли условие выполнения плана свойством оптимальных механизмов управления? На этот вопрос будет дан достаточно исчерпывающий ответ в разд. 1.9. Здесь отметим лишь, что механизмы, обладающие свойством выполнения планов, получили специальное название *согласованных* (точнее, механизмов, согласованных по плану), а механизмы, имеющие оба свойства (т.е. согласованные механизмы открытого управления), названы *правильными*.

Если заранее известно, что данный механизм управления является правильным, то оценка его эффективности производится элементарно. Действительно, так как $\hat{s} = r$ и $\hat{y} = x = \pi(r)$, то достаточно подставить эти значения в целевую функцию Центра:

$$\Phi(\hat{x}, \hat{y}) = H(\hat{y}) - \theta(\hat{x}, \hat{y}) = H(\hat{y}) = H(\pi(r)), (\theta(\hat{y}, \hat{y}) = 0)$$

Иногда в качестве оценки эффективности полезнее относительная оценка

$$K(r) = H(\pi(r)) \geq H_m(r),$$

где $H_m(r)$ - максимально возможное значение целевой функции Центра:

$$H_m(r) = \max_{y \in Y(r)} H(y)$$

Наконец, если оценка эффективности механизма производится до функционирования, когда параметр r неизвестен, то оценивается *гарантированная эффективность*

$$K = \min_{r \in \Omega} \frac{H(\pi(r))}{H_m(r)}$$

В общем случае (если не известно заранее, что механизм является правильным) процедура оценки эффективности механизма становится более сложной, хотя и столь же естественной.

Рассмотрим ее, начиная с этапа реализации. На этом этапе элементы, имея план x , должны выбирать состояние y из множества $Y(r)$. Каждый элемент, естественно, стремится увеличить свой выигрыш $f_i(x, y_i)$. Сложность задачи выбора в том, что элементы не могут выбирать свое состояние независимо в силу наличия глобальных ограничений. Для прогноза поведения элементов необходимо провести исследование полученной игры, определив те или иные гипотезы поведения элементов. Наиболее популярна «гипотеза независимого поведения», которой мы воспользуемся. Согласно этой гипотезе, элементы не учитывают при выборе своего состояния глобальных ограничений и поэтому просто

максимизируют свою целевую функцию на множестве $Y_i(n)$ возможных состояний. Таким образом, выбираемое состояние

$$\hat{y}_i \in \arg \max_{y_i \in Y_i(n)} f_i(x_i, y_i) = P_i(x_i, r_i)$$

Обозначим для дальнейшего

$$P(x, r) = \prod_i P_i(x_i, r_i),$$

$$\Phi_i(x_i, r_i) = \max_{y_i \in Y_i(n)} f_i(x_i, y_i),$$

$$\Psi(x, r) = \min_{y \in P(x, r)} \Phi(x, y)$$

Заметим, что $P(x, r)$ - множество возможных состояний системы, а $\Psi(x, r)$ - гарантированное значение целевой функции Центра при плане x в случае, если выбор состояний элементами осуществляется в соответствии с гипотезой независимого поведения.

Для прогноза будущего плана $x = \pi(s)$ необходимо оценить, что же будут сообщать элементы Центру. Для этого рассмотрим новую игру, в которой стратегиями игроков (активных элементов) являются сообщаемые оценки s_i , а их функциями выигрыша

$$D_i(s) = \Phi_i[\pi_i(s), r_i]$$

Определив тем или иным образом решение игры $\hat{s} \in R(r)$ (как правило, в качестве решения игры будем брать множество ситуаций равновесия Нэша), получаем оценку эффективности механизма

$$K = \min_{r \in \Omega} \min_{s \in R(r)} \Psi[\pi(s), r],$$

либо оценку относительной эффективности

$$K = \min_{r \in \Omega} \left(\min_{s \in R(r)} \Psi(\pi(s), r) / H_m(r) \right)$$

Теперь можно сформулировать *основную задачу* теории управления в организационных системах: *из заданного множества возможных механизмов управления выбрать механизм максимальной эффективности.*

Поставленная задача весьма сложна и в таком общем виде в настоящее время не решается. Сложность задачи обусловлена, конечно, сложностью процедуры оценки эффективности механизма управления. Заметим, однако, что эта процедура методологически следует из содержательного смысла понятия эффективности механизма и взгляда на функционирование оргсистемы как на игру активных элементов, обладающих определенной свободой действий (сообщение информации, выбор состояния).

Сложность решения задач построения оптимальных (или хотя бы достаточно эффективных) механизмов управления привела к тому, что исследования в этой области велись в направлении изучения свойств различных видов механизмов и оценки их эффективности при решении конкретных задач управления. Оказалось, что базовых механизмов достаточно полно в том смысле, что для широкого спектра прикладных задач управления в организационных системах удастся сконструировать (спроектировать) достаточно эффективные механизмы из набора базовых. По сути дела, базовые механизмы являются составными частями, из которых можно "собирать" сложные механизмы управления. Поэтому изучению базовых механизмов уделяется существенное внимание.

1.7. Степень централизации механизма управления

Вопросы централизации и децентрализации управления экономикой занимают центральное место в дискуссиях по перестройке экономического механизма. Под децентрализацией управления, как правило, понимают уменьшение числа планируемых показателей, уменьшение степени ответственности (административной или экономической) в случае невыполнения установленных сверху показателей. Таким образом, степень централизации (децентрализации) характеризует степень влияния Центра на поведение активных

элементов. Поскольку влияние Центра в описанной модели организационной системы проявляется через план и соответствующую систему ответственности (штрафов) при несовпадении планируемого и фактического состояний, то понятие степени централизации должно отражать степень этой ответственности или силу штрафов. Эти соображения приводят к естественному сравнению механизмов правления по степени централизации, основанному на сравнении размеров штрафов при отклонении выбранного элементом состояния от планируемого.

Рассмотрим две системы мотивации активного элемента:

$$f_1(x, y) = h(y) - \chi_1(x, y),$$

$$f_2(x, y) = h(y) - \chi_2(x, y),$$

имеющие одну и ту же функцию дохода $h(y)$, но разные функции штрафа. Пусть X – множество возможных планов, Y – множество возможных состояний.

О п р е д е л е н и е: Система f_1 имеет бóльшую степень централизации, чем f_2 , если $\chi_1(x, y) \geq \chi_2(x, y)$ для всех $x \in X, y \in Y$.

Одно из достоинств этого определения состоит в том, что, отражая содержательный смысл понятия централизации, оно конструктивно. Однако имеется еще одно важное достоинство. Оказывается, с ростом степени централизации сохраняется свойство выполнения плана. Другими словами, если некоторый план x при системе мотивации f_2 выполняется точно (такой план называют согласованным), то при переходе к более централизованной системе f_1 он также будет выполнен точно.

Это свойство сразу следует из условия точного выполнения плана

$$\chi(x, y) \geq h(y) - h(x)$$

В случае равенства возможен, конечно, выбор $\hat{y} = x$. Однако в таких случаях будем предполагать условие благожелательного

отношения элемента к Центру. Смысл этого условия в том, что если элементу безразлично, выполнять план или нет, то он выполнит план в силу благожелательного отношения к Центру. Таким образом, с увеличением степени централизации множество согласованных планов расширяется (не уменьшается). Если обозначить через S множество согласованных планов, то $S_1 \supset S_2$.

В принципе, данное свойство можно положить в основу определения степени централизации. Такое определение является более широким, чем данное нами, поскольку позволяет сравнить более широкий класс системы. Действительно, система более централизованная в смысле данного выше определения окажется и более централизованной при новом определении, но вообще говоря, не наоборот. Более того, такое определение позволяет отказаться от условия совпадения функции выигрыша и появляется возможность сравнить произвольные системы мотивации. Однако сравнение системы по степени централизации становится при этом весьма сложным, и поэтому мы предпочтем данное нами определение. Заметим тем не менее, что многие результаты, использующие понятие степени централизации, связаны именно с сохранением свойства выполнения плана и поэтому остаются справедливыми и при новом определении.

Данное нами определение позволяет провести удобную классификацию систем по степени централизации. В первую очередь, конечно, следует указать на два крайних полюса - полностью децентрализованные системы (чистые ранки) и полностью централизованные (административно-командные) системы. Для первых функции штрафов равны нулю при любых x, y , а для вторых функции штрафов принимают максимально возможные значения, причем такие, что любой план x является согласованным.

Для более богатой классификации рассмотрим производственный элемент, состояние которого описывается тройкой (u, v, λ) , где u - затраты на входе элемента; v - продукция на выходе; λ - цена продукции. В полностью централизованной системе элементу планируются сверху и выпуск, и затраты, и цены продукции с серьезными санкциями при невыполнении плана по выпуску продукции, перерасходе сырья и тем более при нарушении государственной дисциплины цен.

Ослабление этих санкций приводит к определенной свободе элементов при выборе состояния. Так, переход на оптовую торговлю ресурсами создает рынок ресурсов и тем самым полную децентрализацию по входу u . Отказ от планирования производства (что выпускать, в каком количестве и кому поставлять) создает рынок продуктов при государственном регулировании цен (такой рынок можно назвать управляемым или регулируемым). Наконец, переход на свободные договорные цены дает чистый рынок с полной хозяйственной самостоятельностью предприятий. Конечно, этот рынок также регулируется со стороны государства с помощью налоговой, кредитной и инвестиционной политики.

Описанная классификация экономических систем по степени централизации изображена на рис. 1.3. По осям

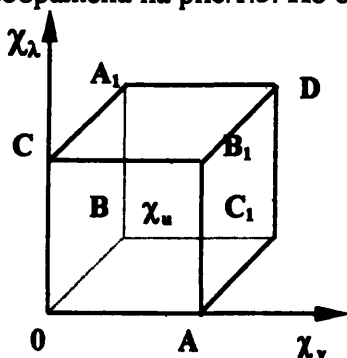


Рис. 1.3. Классификация систем по степени централизации

отложена сила штрафа при отклонении фактического значения соответствующего показателя состояния от установленного Центром. Суммы штрафов, соответствующие точкам А, В, С (и более), определяют системы с полной централизацией управления по соответствующему показателю. Выделены основные (характерные) точки, соответствующие различного вида рынкам. Так, рынку ресурсов соответствует точка В₁, рынку продуктов - точка А₁, рынку, где государство регулирует только цены, - точка С₁, наконец, административно-командной системе - точка D, а чистому рынку - точка 0 (начало координат).

В принципе любой точке соответствует система мотивации с определенной степенью централизации, хотя не все такие системы представляются естественными в практическом плане. Так, точке С₁ соответствует "рынок цен", когда Центр планирует и ресурсы, и объемы выпуска, давая предприятиям право продавать продукцию по договорным ценам. Хотя теоретически такой механизм можно рассматривать, практически он по меньшей мере не логичен и вряд ли эффективен.

1.8. План и рынок

Государственное регулирование в экономике. Сейчас модно ругать административную командную систему. И есть за что, поскольку именно эта система - основной виновник кризисного положения в экономике и обществе. Однако следует ли из этого, что плановая система (или система с полной централизацией управления по нашей терминологии) в принципе проигрывает в эффективности рыночной системе. Или все дело в том, что мы не научились хорошо управлять в условиях плановой экономики, не сумели найти достаточно эффективные механизмы управления.

То, что ответ на этот вопрос не очевиден, подтверждается опытом развитых капиталистических стран. Роль

государственного регулирования в экономике этих стран весьма велика.

Для того чтобы разобраться с этим непростым вопросом, рассмотрим очень простую экономическую систему и попробуем оценить эффективность ее функционирования при механизмах управления с различной степенью централизации - от чистого рынка до полной централизации управления.

В системе имеется n предприятий, выпускающих одну и ту же продукцию. Примем сначала, что потребность в продукции (спрос) равна некоторой величине R . Обозначим z_i - затраты, y_i - выпуск продукции и λ_i - цену продукции i -го предприятия. В качестве целевой функции i -го предприятия примем прибыль

$$f_i = \lambda_i y_i - z_i$$

Затраты на выпуск продукции зависят от выпуска. Возьмем эту зависимость в виде $z_i = (2r_i)^{-1} y_i^2$, где r_i - параметр, характеризующий эффективность работы i -го предприятия. Цель системы - обеспечить выпуск продукции в количестве R (удовлетворить потребность) с минимальными затратами $\Phi = \sum_i z_i$. Для оценки эффективности того или

иного механизма управления необходимо оценить минимальные затраты. Для этого решим следующую задачу:

$$\Phi = \sum_i z_i = \sum_i \frac{1}{2r_i} y_i^2 \rightarrow \min$$

при условии $\sum_i y_i = R$. (Предоставляем читателям решить ее самостоятельно, применив метод множителей Лагранжа). Оптимальное решение

$$y_i^0 = \frac{r_i}{H} R, \quad H = \sum_i r_i, \quad i = 1, \dots, n,$$

а минимальные затраты

$$\Phi_n = \frac{1}{2N} R^2$$

Запомним эту величину и перейдем к исследованию механизмов управления с различной степенью централизации.

Чистый рынок. В этом случае Центр никак не вмешивается в деятельность предприятий, предоставляя регулирующие функции рыночному механизму. Каждое предприятие самостоятельно определяет объем выпуска y_i и устанавливает цену на продукцию $\lambda_i = \text{var}$.

Как же действует рыночный механизм? Естественно, в первую очередь продукция покупается у тех предприятий, которые предлагают ее по меньшей цене. Из этого основного свойства рыночного механизма следует, что цены продукции предприятий должны выравниваться и со временем должна установиться единая рыночная цена продукции. Действительно, рассмотрим два предприятия с ценами λ_1 и λ_2 и количеством продукции y_1 и y_2 соответственно. Если $\lambda_1 > \lambda_2$, то второе предприятие может увеличить цену (но оставляя не меньше λ_1) и одновременно выпуск продукции, продавая ее бывшим покупателям продукции первого предприятия. Первому предприятию придется снижать цену, чтобы не лишиться покупателей. При этом предполагаем, что предприятия сравнимы по эффективности, q - число всех предприятий - достаточно велико, так что каждое отдельное слабо влияет на рыночную ситуацию (случай монопольных предприятий рассмотрим отдельно).

Итак, пусть λ - единая рыночная цена продукции. При этой цене предприятию i выгодно обеспечить выпуск $y_i = \lambda g_i$, который дает максимум прибыли. Общее количество продукции в системе равно $\sum y_i = \lambda N$ и из условия удовлетворения потребности R можно получить значение рыночной цены в равновесии:

$$\lambda^* = R / H$$

Легко заметить, что выпуск $\lambda^* = \lambda^* = r_1 R / H$ в точности равен оптимальному и, значит, суммарные затраты в системе минимальны. Теперь нетрудно учесть зависимость спроса R от цены λ . Как правило, с увеличением цены спрос падает, т.е. зависимость $R(\lambda)$ -убывающая функция λ . Для всех параметров вышеприведенные рассуждения остаются справедливыми, за исключением рыночной цены λ^* , которая в данном случае определится из уравнения (рис. 1.4.).

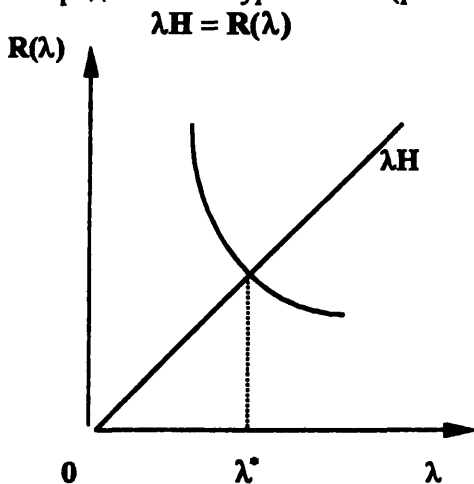


Рис. 1.4. Определение равновесной цены

Управляемый (регулируемый) рынок. Увеличим степень централизации в системе, а именно введем полную централизацию ценообразования. Цена является единственной компонентой плана и фактически продажа продукции разрешена только по ценам, установленным государством (к нарушителям применяются достаточно серьезные санкции).

Для анализа управляемого рынка необходимо определить механизм ценообразования и гипотезу поведения предприятий. Если исходить из гипотезы независимого

поведения, то каждое предприятие максимизирует прибыль при установленной цене λ . В этом случае его выпуск $y_i = \lambda r_i$. Однако для выполнения глобальных ограничений на спрос продукции, т.е. условия $\sum y_i = \lambda H = R$, необходимо, чтобы цена, установленная Центром, была равна $\lambda^* = R/H$. Таким образом, какой бы ни был механизм ценообразования, он должен привести к становлению цены λ^* .

Можно предложить различные варианты механизма ценообразования. Например, организовать итерационную процедуру обмена информацией между Центром и предприятиями. На каждой итерации Центр сообщает (корректирует) цену λ , а предприятия - выпуск y при этой цене. При этом если суммарный выпуск (предложение) превышает спрос, то цена на следующей итерации уменьшается, а если предложение меньше спроса - увеличивается. Процедура заканчивается при равенстве спроса и предложения с требуемой точностью (иногда такие процедуры называют информационным рынком).

Можно изменить цену от периода к периоду по той же процедуре. В этом случае система будет стремиться к рыночному равновесию. Можно, наконец, обязать предприятия сообщать информацию об эффективности производства (т.е. оценки s_i коэффициентов r_i) и устанавливать цену $\lambda = R/S$, где $S = \sum s_i$. Здесь свои проблемы - предприятия могут занижать оценки s_i , тем, чтобы была установлена повышенная цена λ . Поэтому необходимо продумать меры, уменьшающие опасность обмана. Исследование сходимости подобных процедур - тема отдельного разговора. Для нас важно одно - *равновесие управляемого рынка в точности совпадает с равновесием чистого рынка.*

Частичная централизация планирования. Пойдем дальше и введем выпуск продукции в число планируемых показателей.

Обозначим через x_i план по выпуску i -го предприятия. Теперь нам нужен не только механизм ценообразования, но и механизм планирования выпусков (план производства). Для этого Центру нужна информация о функциях затрат предприятий. Ограничимся встречным способом формирования данных и примем, что каждое предприятие сообщает Центру оценку s_i коэффициента эффективности r_i функции затрат. На основе этой информации Центр определяет цену λ и план x_i .

Рассмотрим следующий механизм планирования:

$$f_i = \lambda x_i - \frac{1}{2r_i} x_i^2 = \lambda^2 s_i \left(1 - \frac{s_i}{2r_i} \right)$$

Определим максимум прибыли по оценке s_i . Этот максимум достигается при $s_i = r_i$ (проверьте самостоятельно). Таким образом, каждому предприятию выгодно сообщать Центру достоверную информацию о своих возможностях. А в этом случае имеем

$$\lambda = R/H = \lambda^*, x_i = r_i R/H = y_i^*, i = 1, \dots, n,$$

что опять же в точности совпадает с равновесием в рыночной экономике. Итак, что плановая экономика, что рыночная - в данном случае все равно.

Более того, если в рыночной экономике вопросы устойчивости рыночного равновесия и сходимости к нему весьма сложны (так, мы до сих пор не знаем, удастся ли нам прийти к равновесию при переходе к регулируемому рынку), то в плановой экономике эти вопросы решаются значительно проще. Так, на нашем примере каждое предприятие заинтересовано сообщать достоверную информацию, и если оно ее знает, то сходимость к равновесным ценам и планам достигается за один шаг. В чем же дело? Почему мы отказываемся от плановой экономики и идем к рыночной?

По крайней мере три причины заставляют нас сделать этот шаг. Первая: рыночная экономика - это экономика во

многим автоматического действия и в этом ее огромное преимущество. Плановая экономика не имеет такого автоматизма и ее эффективность во многом определяется выбором механизма управления. Механизм который мы рассмотрели, выбран не случайно. Это оптимальный механизм для данной системы (нетрудно заметить, что это механизм честной игры, поскольку он обеспечивает достоверность сообщаемой Центру информации). Но его нужно знать и добиться, чтобы он действовал в системе. Нужна культура управления, нужны методы проектирования эффективных плановых механизмов.

Ни требуемой культуры управления, ни надежных методов проектирования плановых механизмов старая административно-командная система не имела. Более того, не хотела иметь - и это вторая причина. Бюрократическая система заинтересована в сохранении своей власти, а не в повышении эффективности управления. Заметим, что это характерно и для развитых зарубежных стран, и это одна из причин, тормозящих усиление централизации управления.

Наконец, третья причина - в необходимости расчета в Центре соответствующих цен, планов, нормативов и т.д. И если в нашей простой модели это не представляет затруднений, то в реальной экономике пренебрегать "проклятием размерности" нельзя.

Существует простая и образная формула эффективности управления - *знать, уметь, хотеть, успеть*. Если говорить о плановой экономике, то для ее эффективности необходимо знать эффективные плановые механизмы, уметь их использовать на практике, хотеть повышения эффективности производства и, наконец, успеть проводить все необходимые расчеты. Административно-командная система страны не знает, не умеет, не хочет и не успевает. В этих условиях альтернативы рынку нет.

Однако на уровне предприятия в условиях хозяйственной самостоятельности картина совсем другая. Вряд ли можно серьезно говорить о рыночных механизмах управления на уровне цеха или предприятия в целом. Хозрасчет предприятия - это не рыночный механизм, а эффективный механизм централизованного управления, учитывающий экономические интересы цехов, бригад и отдельных работников (и в этом он близок к рыночному механизму).

Трудно сказать заранее, какой механизм будет сегодня наиболее эффективен на уровне объединения предприятий (концернов, трестов, ассоциаций, компаний и др.). Зарубежная практика демонстрирует широкий спектр применяемых механизмов от почти полной децентрализации до весьма высокой степени централизации. В наших условиях многое определится подготовленностью таких крупных объединений работать в условиях внутренней плановой экономики, т.е. их знанием, умением, желанием и наличием соответствующих технических средств и информационных технологий, способных обеспечивать оперативное принятие плановых решений и контроль за их выполнением.

Полная централизация. Осталось рассмотреть случай полной централизации, т. е. установления не только цены и плана по выпуску, но и плана по затратам (что эквивалентно плану по прибыли). Может возникнуть вопрос: а для чего это нужно, если планирование цены и выпусков оказалось достаточным для обеспечения потребности с минимальными затратами? Действительно, если цель системы именно такая, то дальнейшее увеличение степени централизации не целесообразно. Однако цель системы может быть и другой. Так, например, предприятия по-разному загрязняют окружающую среду, и общество, естественно, заинтересовано в уменьшении производства на экологически грязных предприятиях. Рыночные механизмы в данной ситуации беспомощны. Конечно, можно ввести новые механизмы

(изменить структуру механизма), например, штрафы за загрязнение окружающей среды. Однако подготовка соответствующих законов, создание соответствующих служб, обеспечение их оборудованием и т.д. - все это требует времени.

Посмотрим возможности плановой экономики в решении этих вопросов. Для учета экологических последствий деятельности предприятий поступим следующим образом. Умножим коэффициент эффективности r_i каждого предприятия на коэффициент p_i , характеризующий уменьшение эффективности производства (с точки зрения общества) по причине его вредного воздействия на окружающую среду (очевидно, $p_i \leq 1$, поскольку мало вероятно производство с положительным влиянием на окружающую среду). С учетом экологических потерь общественные затраты при выпуске продукции в количестве y_i будут оцениваться величиной $y_i^2 / (2p_i r_i)$. Оптимальными для общества (при условии обеспечения потребности) окажутся выпуски

$$y_i^* = \frac{p_i r_i}{\sum_j p_j r_j} R, i = 1, \dots, n$$

Понятно, что при $y^* \neq y^0$ не являются рыночным равновесием. Обозначим через w_i плановые затраты и введем штрафы при отклонении фактических затрат z_i от плановых w_i : $\chi_i = \alpha |w_i - z_i|$. Плановые затраты естественно определять как оценку функции затрат: $w_i = (\frac{1}{2} s_i) x_i^2$. С учетом штрафов

$$\text{прибыль предприятия} \quad f_i = \lambda x_i - \frac{1}{2 r_i} x_i^2 - \frac{\alpha}{2} x_i^2 \left| \frac{1}{s_i} - \frac{1}{r_i} \right|$$

Рассмотрим следующую процедуру планирования:

$$x_i = \lambda p_i s_i, i = 1, \dots, n, \lambda = \frac{R}{\sum_j p_j s_j} \quad (1.1)$$

Если бы предприятия по-прежнему сообщали достоверную информацию, то эта процедура была бы оптимальной с точки зрения потерь общества (т.е. с учетом экологического загрязнения).

Получим условия достоверности сообщаемых оценок в данном случае. Для этого заметим, что, поскольку $p_i \leq 1$, каждое предприятие получает план меньше, чем самый выгодный по прибыли план при установленной цене. Желая получить более высокий план, предприятие будет увеличивать оценку s_i , т.е. сообщать $s_i > r_i$. Но при этом плановые затраты окажутся меньше, чем фактические, и предприятие потеряет на штрафах. Подставляя процедуру планирования в выражение для прибыли с учетом штрафов, получим

$$f_i = \lambda^2 \left[p_i s_i + \frac{p_i^2 s_i^2}{2} \left[\frac{1}{r_i} + \alpha \left(\frac{1}{r_i} - \frac{1}{s_i} \right) \right] \right]$$

Для обеспечения достоверности информации необходимо, чтобы эта функция была убывающей функцией s_i при $s_i > r_i$. Взяв производную, получим *условие достоверности информации*:

$$p_i \geq 2(2 + \alpha)^{-1}$$

Как видим, при любых p_i можно, увеличивая силу штрафов (коэффициент α), обеспечить выполнение этого условия, а следовательно, достоверность информации и оптимальность плана выпуска продукции. Заметим теперь, что оптимальный план выпуска инвариантен к умножению всех p_i на одно и то же положительное число δ . Подставляя в процедуру (1.1.) δp_i вместо p_i , получаем целое множество процедур:

$$x_i = \frac{p_i s_i}{\sum_j p_j s_j} R, \quad \lambda = \frac{R}{\delta \sum_j p_j s_j}$$

С увеличением δ уменьшается цена λ . Однако если δp_i становится больше 1, то условия достоверности окажутся уже другими, так, как предприятие получит план больше оптимального по прибыли, и, стремясь получить меньший план, будет не увеличивать, а уменьшать сообщаемую оценку. Условия достоверности в этом случае имеют другой вид:

$$\delta p_i \leq 2(2-\alpha)^{-1}$$

Важно отметить, что в данном случае, в отличие от предыдущего, коэффициент штрафной функции α не может быть больше 1. Действительно, если $\alpha > 1$, то при сообщении заниженной оценки (а значит, завышенных плановых затратах) предприятию экономически выгодны и завышенные фактические затраты, т. е. экономически выгодно выполнить план по затратам. Поэтому максимальное δ , при котором еще можно обеспечить достоверность информации от предприятий и сохранить стимулы к минимизации затрат, определяется выражением

$$\sigma_{\max} = \frac{2}{p_{\max}}$$

Отсюда следует, что минимальная цена продукции

$$\lambda_{\min} = \frac{R}{\delta_{\max} \sum_j p_j r_j} = \frac{R p_{\max}}{2 \sum_j p_j r_j}$$

Заметим, что при $p_i=1$ для всех i (это соответствует случаю экологически чистых производств) полная централизация управления позволяет почти в два раза уменьшить цену продукции по сравнению с рыночной ценой. Хорошо это или плохо - особый разговор. Дело не в этом. Наша задача - показать, что полная централизация управления, если выбрать эффективные механизмы и, в частности, не

забыть о согласовании интересов предприятий и Центра, позволяет отслеживать гораздо более широкий спектр общественных целей, чем рыночные механизмы, эффективно отслеживающие, как правило, чисто экономические цели.

Таким образом, при заданной цене λ назначение любого плана из области

$$\frac{2\lambda r_i}{2+\alpha} \leq x_i \leq \frac{2\lambda r_i}{2-\alpha}, i=1, \dots, n \quad (1.2.)$$

обеспечивает достоверность информации, получаемой от предприятий. Если задан отрезок допустимых значений цены $\lambda \in [a, b]$, то можно определить область допустимых планов как объединение областей (1.2). Вид областей допустимых планов для случая двух предприятий показан на рис. 1.5. При $\alpha = 0$ эта область, естественно, вырождается в луч рыночных равновесий.

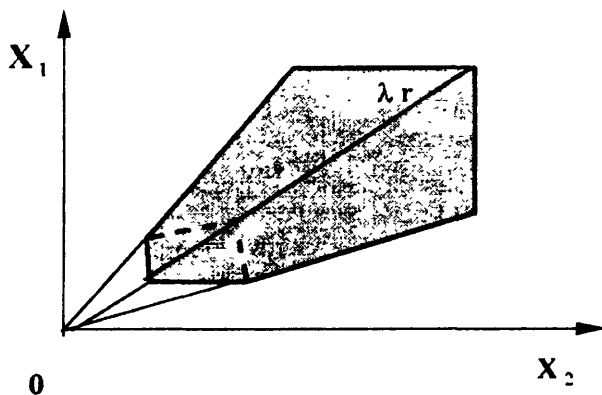


Рис. 1.5. Область правильных механизмов

Вернемся, однако, к рыночным механизмам, поскольку на современном этапе ввиду указанных выше трех причин переход к регулируемому рынку (не только цен, но в первую

очередь налоговой и кредитной политики) - основное направление выхода из кризиса.

Такая модель безусловно предельно проста. Существуют и детально исследованы более сложные модели рыночных систем. Рассмотрим некоторые из них.

Рынки с малым числом участников и монопольные рынки. До сих пор мы рассматривали рыночные механизмы в системе с большим числом предприятий, сравнимых по эффективности. Это позволило принять гипотезу слабого влияния при определении рыночных равновесий. Однако, если число предприятий мало, и имеется одно или несколько (но не большое число) предприятий с существенно более высокой эффективностью, чем остальные, то гипотеза слабого влияния уже не правомерна и исследование становится более сложным.

Здесь возможны различные комбинации предприятий-производителей (продавцов) и потребителей (покупателей), и каждый вариант требует отдельного анализа. Так, монопольный случай характеризуется наличием одного крупного (монопольного) предприятия (производителя или потребителя) и, возможно, нескольких мелких. Более сложный вариант, когда на рынке два предприятия, сравнимые по эффективности. Интересна для наших условий модель рынка с двумя участниками: один - производитель, а другой - потребитель.

Проведем исследование монопольного случая, используя, как и ранее, простые описания моделей предприятий.

Пусть в рассмотренной выше модели из n предприятий, выпускающих одну и ту же продукцию, первое предприятие является монополистом в том смысле, что его эффективность r_1 существенно повышает суммарную эффективность всех других предприятий $N_1 = \sum_{i=1} r_i$, т.е. $r_1 \gg N_1$. Как будет вести себя монополист?

Предположим, он установил цену продукции $\lambda > \lambda^*$. Тогда все малые предприятия повысят цену до $\lambda - \varepsilon$, где $\varepsilon > 0$ малая величина т.е. будут продавать продукцию по цене немного меньше, чем монопольная цена. Конечно, продукция в первую очередь будет куплена у малых предприятий в количестве $R_1 \approx \lambda H_1$. На долю монополиста остается $R - \lambda H_1$. Выпуская это количество продукции, монополист получает прибыль

$$f_1 = \lambda(R - \lambda H_1) - (1/2r_1)(R - \lambda H_1)^2$$

Определим оптимальную цену для монополиста. После несложных вычислений получим

$$\lambda_M = \frac{R}{H} \frac{H^2}{H^2 - r_1^2} = \lambda^* \frac{H^2}{H^2 - r_1^2} > \lambda^*$$

В случае $r_1 \gg H_1$

$$\lambda_M \approx \lambda^* \frac{r_1}{2H_1} \approx \frac{R}{2H_1}$$

Оптимальный объем выпуска продукции для монополиста

$$y_1 = R \frac{r_1}{H_1 + 2r_1} \approx \frac{R}{2}$$

Заметим, что при гипотезе слабого влияния и соответственно при классическом рыночном равновесии выпуск первого предприятия составил бы $y_1^* \approx R$, т.е. фактически первое предприятие удовлетворило бы всю потребность. Монополист сознательно идет на снижение выпуска примерно в 2 раза, с тем чтобы увеличить цену и тем самым увеличить свою прибыль. Несложно учесть и зависимость спроса от цен $R(\lambda)$. Так, если монопольное предприятие является единственным производителем продукции и других нет ($H_1=0$), то монопольная цена определяется из условия максимума прибыли монополиста

$$\lambda R(\lambda) - (1/2r_1)R^2(\lambda)$$

Пример 1.1. Пусть $R(\lambda) = R_0 - a\lambda$. Максимизируя по λ прибыль

$$\lambda(R_0 - a\lambda) - (1/2r)(R_0 - a\lambda)^2,$$

получаем

$$\lambda^* = \frac{R_0}{a + r_1}$$

Интересно отметить, что при достаточно быстром изменении спроса при изменении цен (а точнее, если $a > r_1$) монопольная цена становится меньше равновесной! Это свойство можно использовать для борьбы с монополистом. Если оценить (хотя бы грубо) коэффициент r_1 и искусственно ввести зависимость $R(\lambda) = R_0 - r_1\lambda$, то монопольная цена будет в точности равна равновесной рыночной. Конечно, введение такого искусственного регулирования спроса возможно, если часть продукции заказывается государством.

Рассмотрим теперь механизм планового управления в монопольном случае, когда Центр определяет цену и план выпуска на основе информации об эффективности производства, получаемой от предприятий. Для обычных рынков, когда правомерна гипотеза слабого влияния, мы показали, что равновесные планы и цена в точности совпадают с рыночным равновесием. Будет ли такое совпадение в монопольном случае? Для ответа на этот вопрос необходимо определить оценку эффективности s_1 , которую сообщит монополист, так как малые предприятия в силу слабого влияния будут сообщать достоверную информацию. Подставим выражения для цены λ и плана x_1

$$\lambda = R / (s_1 + H_1), \quad x_1 = \lambda s_1$$

в выражение для прибыли первого предприятия

$$f_1 = \lambda x_1 - \frac{1}{2r_1} x_1^2 = \frac{s_1(1 - s_1/2r_1)}{(s_1 + H_1)^2} R^2$$

и определим максимум прибыли по s_1 . Прделав эти несложные вычисления, получим

$$s_m = r_1 \frac{H_1}{(H_1 + r_1)}, \lambda_m = R \frac{H}{(H^2 - r_1^2)},$$

$$x_m = \frac{Rr_1}{(H_1 + 2r_1)},$$

что полностью совпадает с равновесием при рыночном механизме.

1.9. Синтез оптимальных механизмов

Как уже отмечалось, задачи построения оптимальных механизмов управления крайне сложны. В настоящее время достаточно законченная теория создана только для случая полной информированности Центра о множествах возможных состояний и целевых функций элементов. В случае полной информированности отпадает этап формирования данных, что существенно упрощает анализ и синтез.

Действительно, пусть заданы и известны Центру множества возможных состояний $\{Y_i\}$, целевые функции $f_i = h_i(y_i) - \chi_i(x_i, y_i)$ всех элементов и целевая функция Центра $\Phi = \pi(y) - \theta(x, y)$. Будем считать, что глобальные ограничения в системе отсутствуют. В этом случае, естественно, поведение элементов определяется *гипотезой независимого поведения*, согласно которой выбираемое состояние

$$\hat{y}_i \in P_i(x_i) = \arg \max_{y_i \in Y_i} f_i(x_i, y_i),$$

$$\hat{y} \in P(x) = \prod_i P_i(x_i)$$

При этом эффективность механизма управления, определяемая как гарантированное значение целевой функции Центра на множество возможных выборов элементов, составляет

$$\Psi(x) = \min_{y \in P(x)} \Phi(x, y)$$

Если задано множество X допустимых планов, то оптимальный план определяется как решение задачи

$$\max_{x \in X} \Psi(x) \quad (1.3)$$

Полученная задача решается весьма непросто. Основная причина этого в том, что множество $P(x)$ определяется как множество оптимальных решений ряда задач математического программирования. Тем не менее процедура (1.3) является оптимальной процедурой планирования. Содержательный смысл ее достаточно прозрачен. Центр прогнозирует состояние, выбираемые элементами при том или ином назначении плана, и устанавливает такой план, при котором выбор элементов будет наиболее благоприятен для Центра. Эта процедура так и называется - *оптимальное планирование с прогнозом состояний* (ОПП). Заметим, что, вообще говоря, полученный оптимальный план не обязательно будет выполнен. Это можно показать на простом примере.

Пример 1.2. Пусть $f(x, y) = y - \frac{1}{2}(x - y)^2$, $x \geq 0, y \geq 0$,

$\Phi(x, y) = |y - 5|$. Таким образом, оптимальное для Центра состояние $y_0 = 5$. Осуществим прогноз состояния, выбираемого элементом при плане x . Для этого определим максимум его целевой функции по y при плане x : $\hat{y} = x + 1$.

Таким образом, чтобы система попала в оптимальное состояние $y_0 = 5$, Центр должен назначить план $x_0 = 4$! В то же время практический опыт учит нас, что в эффективно функционирующей экономике планы должны выполняться. С одной стороны, это требование может быть дополнительным условием к выбираемому механизму, с другой - может оказаться, что оно является свойством, которое следует из условия оптимальности механизма. В связи с этим возникают две задачи. Первая - определить оптимальную процедуру планирования при дополнительном требовании точного выполнения плана и вторая - определить условия, при которых выполнение плана является свойством процедуры оптимального планирования с прогнозом состояний.

Рассмотрим первую задачу. План x будем называть *согласованным по выполнению*, если $x \in P(x)$.

Соответствующая процедура планирования также называется *согласованной*. При этом предполагаем, что в случае, если $P(x)$ содержит кроме x и другие состояния, элементы выбирают $\hat{y} = x$ в силу благожелательного отношения к Центру. Множество согласованных планов обозначим S . Таким образом,

$$S = \{x : \chi(x, y) \geq h(y) - h(x), \forall y \in Y\}$$

Теперь задачу оптимального согласования планирования (ОПС) можно сформулировать как следующую задачу математического программирования:

$$\max_{x \in S} H(x)$$

Обозначим $\Phi_{\text{ОП}}$ - значение целевой функции Центра в решении задачи оптимального планирования с прогнозом состояния, $\Phi_{\text{ОСП}}$ - значение целевой функции Центра в решении задачи оптимального согласованного планирования. Очевидно, что

$$\Phi_{\text{ОП}} \geq \Phi_{\text{ОСП}}.$$

В каких случаях $\Phi_{\text{ОП}} = \Phi_{\text{ОСП}}$? Другими словами, в каких случаях оптимальная процедура планирования является согласованной, т.е. когда оптимальный план будет выполнен? Необходимое и достаточное условие очевидно: если Q множество оптимальных планов, то

$$Q \cap S \neq \emptyset,$$

т.е. в множестве Q должен найтись хотя бы один согласованный план. К сожалению, это условие неконструктивно. Нам нужны легко проверяемые достаточные условия.

Приведем одно такое достаточное условие.

Теорема 1.1. Пусть $X \supset P$, где $P = \bigcup_{x \in X} P(x)$ и $P \subset S$. Тогда

$$Q \cap S \neq \emptyset$$

Доказательство. Пусть $x \in Q$ и $x \notin S$, т.е. $x \notin P(x)$. Возьмем любое $z \in P(x)$. Так как $z \in S$, то $\hat{y} = z$ и

$$\Phi(z, \hat{y}) = H(\hat{y}) - \theta(x, \hat{y}) \geq H(z) - \theta(x, z),$$

поскольку $\theta(x, z) \geq 0$. Таким образом, $z \in Q$ и, следовательно $Q \cap S \neq \emptyset$.

Системы мотивации, для которых выполняется свойство $P=S$, называются *максимально согласованными*. Возникает вопрос: достаточно ли общим является условие $P=S$, т.е. много ли существует согласованных систем мотивации? На первый взгляд представляется, что это условие может выполняться лишь для узкого класса систем мотивации и поэтому представляет лишь теоретический интерес. Несколько неожиданными оказались результаты, утверждающие обратное: класс согласованных систем мотивации весьма широк. Приведем наиболее известные достаточные условия для свойства $P=S$, которые уже сами по себе выделяют широкий класс систем мотивации. Эти условия известны как "*неравенство треугольника*" для функций штрафа.

Теорема 1.2. Пусть $X \supset P$ и для любых $x \in X, y, z \in Y$ выполняется следующее неравенство *треугольника*:

$$\chi(x, z) + \chi(z, y) \geq \chi(x, y)$$

Тогда $P = S$

Доказательство. Пусть $z \in P(x)$, т.е.

$$h(z) - \chi(z, x) \geq h(y) - \chi(x, y), y \in Y$$

Предположим, что $z \in S$, т.е. существуют такие $y \neq z$, что

$$h(y) - \chi(z, y) > h(z)$$

Складывая эти два неравенства, получаем

$$\chi(x, z) + \chi(z, y) < \chi(x, y),$$

что противоречит неравенству треугольника. Теорема доказана.

В частности, любая функция $\rho(x, y)$, измеряющая расстояние между точками x и y , может быть взята в качестве функции штрафа в согласованной системе мотивации.

Приведем еще два примера функций, удовлетворяющих неравенству треугольника.

Пример 1.3. Пусть $\chi(x, y) = \sum_{j=1}^m \chi_j(x_j - y_j)$, где $\chi_j(\Delta_j)$ - вогнутые на полуосях функции Δ_j (рис.1.6). Тогда $\chi(x, y)$ удовлетворяет неравенству треугольника. Очевидно, достаточно доказать справедливость неравенства для каждой функции $\chi_j(\Delta_j)$ или, если не учитывать индекс j , просто для вогнутой на полуосях функции. Пусть x, z, y - три несовпадающие точки. Имеем

$$\chi(x - z) + \chi(z - y) \geq \chi(x - y),$$

или, обозначая $x - z = \Delta_1, z - y = \Delta_2, x - y = \Delta_1 + \Delta_2$, получаем

$$\chi(\Delta_1) + \chi(\Delta_2) \geq \chi(\Delta_1 + \Delta_2)$$

Очевидно, что если Δ_1 и Δ_2 разного знака, то неравенство выполняется. Пусть Δ_1 и Δ_2 одного знака, например, $\Delta_1, \Delta_2 > 0$. В силу вогнутости χ имеем

$$\chi(\Delta_1) \geq \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \chi(\Delta_1 + \Delta_2),$$

$$\chi(\Delta_2) \geq \frac{\Delta_2}{\Delta_1 + \Delta_2} \chi(\Delta_1 + \Delta_2)$$

Складывая, получаем требуемое неравенство. Широко распространенным и в теории, и в практике является, в частности, кусочно-линейные функции штрафов:

$$\chi(x - y) = \begin{cases} \alpha(x - y), & \text{если } x \geq y, \\ \beta(y - x), & \text{если } x \leq y, \end{cases}$$

где $\alpha, \beta > 0$

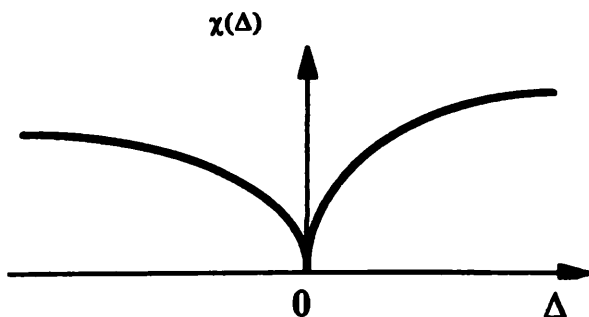


Рис. 1.6. Вогнутые на полуосях функции штрафа

Пример 1.4. (Функции штрафа, не зависящие от плана или НП -функции штрафа). Это также весьма популярные функции штрафа:

$$\chi(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{если } x = y, \\ \rho(y), & \text{если } x \neq y, \end{cases}$$

где $\rho(y) \geq 0$. Размер штрафа не зависит от плана, а только от выбранного состояния. Задание плана x как бы “выкалывает” из функции $\rho(y)$ ее значение $\rho(x)$ в точке x , делая его равным нулю (рис.1.7). Покажем, что НП-функции штрафа

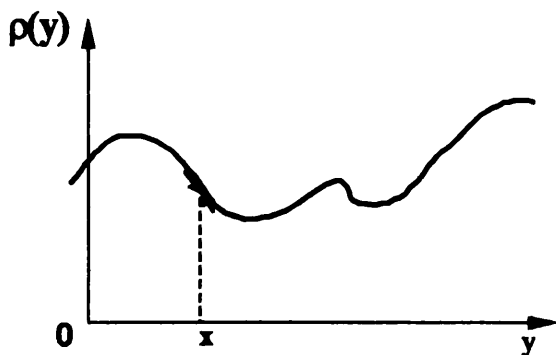


Рис. 1.7. Функция штрафа, не зависящая от плана

удовлетворяют неравенству треугольника. Имеем для любых трех не совпадающих x, z, y

$$\chi(x, z) + \chi(z, y) = \rho(z) + \rho(y) \geq \rho(y) = \chi(x, y)$$

Системы мотивации с НП-штрафами интересны еще и тем, что для них довольно легко описать множество согласованных планов. Действительно, если элемент не выполняет план, то его целевая функция равна $h(y) - \rho(y)$. Обозначим $\Delta = \max_{y \in Y} (h(y) - \rho(y))$. Величина Δ определяет

максимальное значение целевой функции элемента в случае невыполнения плана. Поэтому если $h(x) < \Delta$, то такой план безусловно не будет выполнен. Наоборот, любой план, такой, что $h(x) \geq \Delta$, будет выполнен (в случае равенства, в силу благожелательного отношения элемента к Центру).

Итак, множество согласованных планов определяется условиями

$$S = \{x \in X : h(x) \geq \Delta\} \quad (1.4)$$

и задача оптимального согласованного планирования сводится к обычной задаче математического программирования: определить $\max H(x)$ при условиях (1.4).

До сих пор мы рассматривали задачу выбора процедуры планирования при заданной системе мотивации, естественно, имея ввиду выбор ее управляемой части-системы стимулирования.

Формально задача ставится следующим образом: задано множество G допустимых систем мотивации и множество X допустимых планов. Определить механизм управления, т.е. систему мотивации $\{f_i(x_i, y_i)\}$ и план x максимальной эффективности.

Методы решения этой задачи разработаны в основном для случая согласованных систем мотивации и существенно опираются на понятие степени централизации механизма управления. Основная идея решения заключается в том, что

система с большей степенью централизации имеет большее (не меньшее) множество согласованных планов. Поэтому чем больше степень централизации, тем выше эффективность согласованного механизма управления (поскольку решение задачи оптимального согласованного планирования определяется на большем множестве согласованных планов). Поэтому если на множестве допустимых систем мотивации G удастся найти систему с максимальной степенью централизации, то эта система и будет определять оптимальное решение задачи.

Наиболее просто определяется оптимальное решение в том случае, если множество G задано ограничениями на функции штрафов активных элементов вида

$$\chi(x, y) \leq \chi_{\max}(x, y)$$

Если функция $\chi_{\max}(x, y)$ является согласованной (например, удовлетворяет неравенству треугольника), то она же и будет определять оптимальное решение.

В ряде случаев множество допустимых систем определяется ограничениями снизу и сверху непосредственно на целевые функции элементов вида

$$f_{\min}(x, y) \leq f(x, y) \leq f_{\max}(x, y),$$

где

$$f_{\max}(x, y) = h_{\max}(y) - \chi_{\max}(x, y),$$

$$f_{\min}(x, y) = h_{\min}(y) - \chi_{\min}(x, y),$$

$$\chi_{\max}(x, y), \chi_{\min}(x, y) \geq 0$$

Оказывается, что при выполнении условия на функции $f_{\max}, f_{\min}$

$$\chi_{\max}(x, y) \geq \chi_{\min}(x, z) - \chi_{\min}(y, z) \quad (1.5)$$

максимальную степень централизации будет иметь система мотивации

$$f^0(x, y) = \begin{cases} h_{\max}(x), & \text{если } y = x, \\ f_{\min}(x, y), & \text{если } y \neq x \end{cases}$$

В частности, этот результат позволяет решить задачу оптимального синтеза при следующих ограничениях:

$$\rho_{\min}(y) \leq f(x, y) \leq \rho_{\max}(y)$$

Проверьте самостоятельно, что условия (1.5) выполняются для функций $\rho_{\min}$ и $\rho_{\max}$. Поэтому оптимальная система стимулирования имеет вид

$$f^*(x, y) = \begin{cases} \rho_{\max}(x), & \text{если } y = x, \\ \rho_{\min}(y), & \text{если } y \neq x \end{cases}$$

Так как эта система является согласованной, более того, со штрафами типа НП, то оптимальный согласованный план определяется в результате решения следующей задачи:

$$\max H(x)$$

при ограничениях

$$x \in X, \rho_{\max}(x) \geq \max_{y \in Y} \rho_{\min}(y)$$

Рассмотрим еще один способ задания множества допустимых систем мотивации, а именно: примем, что план x является не точкой, а функцией $x = \eta(y)$, зависящей от состояния y . Такой план можно назвать *гибким*, поскольку его значение определяется в конце периода функционирования. Задача заключается в выборе функции $\eta(y)$, определяемой на множестве Y со значениями в X , такой, что эффективность механизма

$$\Psi = \min_{y \in P_\eta} \Phi[\eta(y), y]$$

где $\tau_\eta = \arg \max f[\eta(y), y]$, максимальна.

Рассмотрим некоторую пару x^*, y^* , где $x^* \in X$, $y^* \in Y$. Будем называть пару (x^*, y^*) достижимой, если существует функция $\eta(y)$, такая, что $\eta(y^*) = x^*$ и $y^* \in P_\eta$, а значит y^* будет выбрано элементом при системе мотивации $f[\eta(y), y]$. Докажите самостоятельно, что пара (x^*, y^*) достижима тогда и только тогда, когда

$$f(x^*, y^*) \geq \max_{y \in Y} \min_{x \in X} f(x, y) = \Delta$$

Таким образом, множество всех достижимых пар описывается условиями

$$f(x, y) \geq \Delta, x \in X, y \in Y$$

Определим оптимальную пару, решая задачу максимизации $\Phi(x, y)$ на множестве достижимых пар. Обозначим ее (x^*, y^*) . Определим функцию

$$\eta(y) = \begin{cases} x^*, & \text{если } y = y^*, \\ \eta^H(y), & \text{если } y \neq y^*, \end{cases}$$

где $\eta^H(y)$ определяют из условия

$$f[\eta^H(y), y] = \min_{x \in X} f(x, y),$$

и называют *стратегией наказания*.

Нетрудно убедиться, что в данном случае центральной также является идея максимальной степени централизации или максимального наказания при отклонении состояния y от рекомендованного Центром y^* . Фактически y^* играет роль плана. Результат крайне интересен в методологическом плане. Действительно, устанавливая зависимость $x = \eta(y)$, мы как бы уходим от системы директивного командного управления (т.е. жесткого назначения плана x), заменяя ее гибкой схемой, более соответствующей понятию экономических методов управления. Тем не менее поиск оптимальной реализации этой гибкой схемы приводит нас снова к назначению плана y^* с максимально возможным наказанием $\eta^H(y)$ при его невыполнении. Таким образом, оптимальный экономический механизм оказывается директивным.

Все предыдущие выводы получены при предположении, что поведение элементов определяется гипотезой независимого поведения, причем глобальные ограничения, определяющие взаимозависимость между состояниями

элементов, отсутствовали. Учетом теперь наличие глобальных ограничений. В согласованных системах учет глобальных ограничений не представляет особых сложностей. Действительно, поскольку в таких системах $\hat{y} = x$, достаточно обеспечить, чтобы план $x \in Y^{r^n}$, т.е. удовлетворял глобальным ограничениям. Для существования такого плана необходимо, чтобы существовал хотя бы один согласованный план, удовлетворяющий глобальным ограничениям, т.е. $S \cap Y^{r^n} \neq \emptyset$. Простота учета глобальных ограничений - еще одно серьезное преимущество согласованных механизмов.

Остановимся отдельно на механизмах с частичной децентрализацией управления, когда центр определяет управляющие параметры λ (например, цены), а элементы выбирают состояния y . Обозначим

$$P_i(\lambda) = \arg \max_{y_i \in Y_i} f_i(\lambda_i, y_i),$$

$$P(\lambda) = \prod_i P_i(\lambda), \lambda \in L,$$

$$P = \bigcup_{\lambda \in L} P(\lambda)$$

Очевидно, мы имеем дело в этом случае также с согласованным механизмом, так как в качестве плана можно принять любую пару (λ, x) , где $\lambda \in L$, $x \in P(\lambda)$, так как параметр λ не имеет права изменять элемент, а состояние $y = x$ в силу благожелательного отношения элемента к Центру (соответствующий план x можно назвать планом-рекомендацией).

Множество согласованных планов

$$S = \{\lambda, x : \lambda \in L, x \in P(\lambda)\}$$

Учет глобальных ограничений требует определения $\lambda \in L$ такого, что $P(\lambda) \cap Y^{r^n} \neq \emptyset$, а это фактически и есть задача определения рыночного равновесия.

2. БАЗОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

2.1. Виды базовых механизмов

Механизмы функционирования реальных организационных систем представляют собой достаточно сложный набор процедур, правил, положений, инструкций, регламентирующих поведение лиц, готовящих и принимающих решения на всех этапах функционирования. Тем не менее развитие теории и практики организационного управления привело к выделению некоторого набора базовых механизмов, из которых, как из типовых блоков, собираются сложные механизмы (рис.2.1).

К первому классу относятся механизмы, в которых при формировании планов в существенной степени используются некоторые *показатели приоритета* активных элементов. Как правило, показатели приоритета характеризуют ожидаемую эффективность деятельности элементов, и поэтому планы устанавливаются пропорционально эффективности (планы выпуска продукции, планы распределения ограниченных ресурсов и др.). Такие механизмы так и называются - *приоритетные*. Особый класс приоритетных механизмов образуют *конкурсные* механизмы, в которых в зависимости от ожидаемой эффективности определяются победители, получающие право на выполнение того или иного проекта, финансирование или получение дефицитного ресурса.

Близкими к конкурсным по характеру воздействия на элементы являются так называемые *многоканальные организационные* механизмы, в которых план (решение) принимается на основе проектов планов, предлагаемых различными элементами (*каналами выработки решения*). В качестве таких каналов выработки решений могут выступать эксперты или группы экспертов, а также компьютерные системы поддержки принимаемых решений. Организуется своего рода конкурс между каналами с обязательным

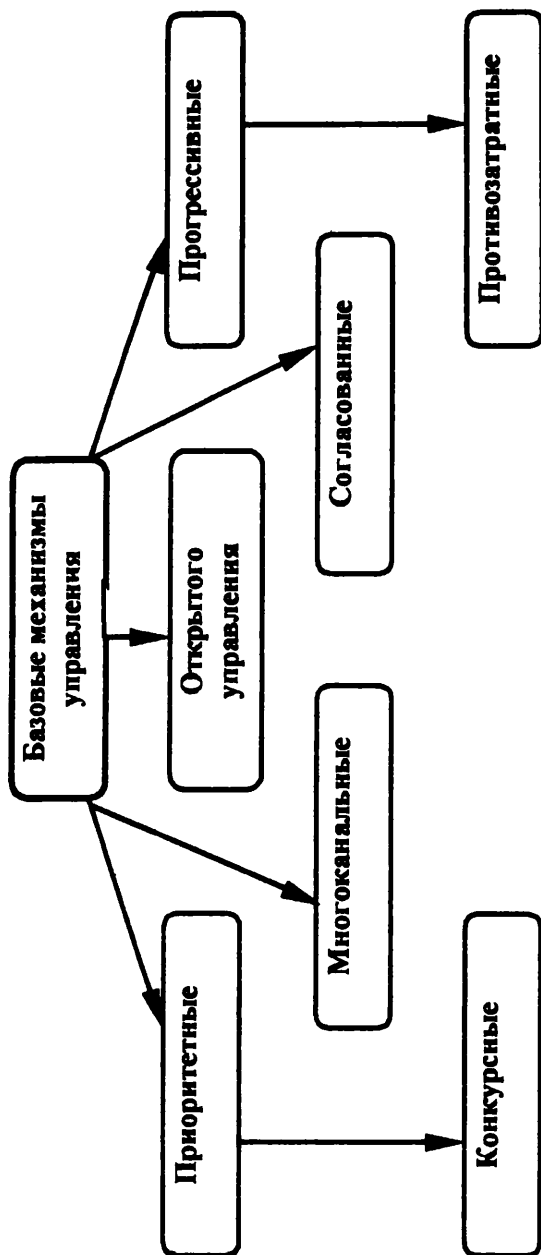


Рис. 2.1. Виды базовых механизмов

стимулированием в зависимости от эффективности предлагаемого или принятого решения, полученной после его реализации.

Пояснить принцип действия многоканальных механизмов проще всего на примере прогноза температуры. Пусть группа экспертов по предсказанию погоды, пользуясь различными методами, дала прогноз температуры $t_3 = 15^\circ\text{C}$. Бюро по прогнозированию погоды, отвечающее за качество прогноза, на основе собственных методов и наблюдений с учетом прогноза экспертов дало прогноз температуры $t_6 = 10^\circ\text{C}$. На самом деле температура оказалось равной 13°C . Ошибка в прогнозе, т.е. его качество, оказалась равной для экспертов $\Delta_3 = 2^\circ\text{C}$, а для бюро $\Delta_6 = 3^\circ\text{C}$. Далее осуществляется стимулирование работников бюро и групп экспертов на основе приоритетного либо конкурсного механизма. Например, устанавливается премия, зависящая от точности прогноза, которая делится между работниками бюро и группой экспертов в зависимости от сравнительного качества их прогнозов.

Особенностью многоканальных механизмов является определенная асимметрия элементов. Один элемент (канал) является принимающим решение, а остальные - советующими.

Во второй класс входят механизмы *открытого управления*, называемые также механизмами честной игры или мотивирующими механизмами. Их основное свойство - стимулирование достоверности информации, сообщаемой элементами Центру, принимающему решения. Можно сказать, что механизмы открытого управления воспитывают честность. Они незаменимы, в частности, при поиске компромиссных решений по вопросам, затрагивающим интересы стран (международный уровень), и вообще при разрешении различного вида межрегиональных конфликтов (экологические проблемы, ограничение гонки вооружений, реализация совместных проектов и др.).

В механизмах открытого управления каждый элемент получает план, обеспечивающий максимум своей *функции предпочтения* на некотором множестве допустимых планов (функцией предпочтения элемента называется оценка его целевой функции (системы мотивации), представляемая элементом Центру). Поэтому, сообщая Центру о своих истинных предпочтениях, элемент может рассчитывать на наиболее благоприятное (предпочтительное) для него решение Центра. Механизмы открытого управления могут составить основу для различного вида общественных институтов, выработки компромиссных решений ("институтов согласия", по выражению Н. Моисеева).

К третьему классу относятся *согласованные* механизмы (механизмы согласованные по выбору), обеспечивающие выбор элементами состояний из заданного множества. Например, механизмы, согласованные по плану, обеспечивает точное выполнение плана всеми элементами (можно сказать они воспитывают ответственность).

Наконец четвертый класс составляют *прогрессивные* механизмы, стимулирующие развитие элемента в требуемом для системы направлении (рост эффективности производства). Прогрессивные механизмы нашли широкое применение в системах ценообразования и налогообложения, где они получили название противозатратных механизмов.

Заметим, что класс механизма определяет лишь основные (определяющие) его свойства. Поэтому приоритетный механизм может оказаться в то же время механизмом открытого управления, механизм открытого управления - согласованным, прогрессивным и т.д. Описание и исследование свойств базовых механизмов будем проводить на примерах типовых задач, рассмотренных в предыдущих главах. В первую очередь это задачи распределения ресурсов, планирования производства, назначения проектов.

2.2. Приоритетные механизмы

Процедура распределения ресурсов. Рассмотрим сначала простой случай распределения ресурса одного вида. В распоряжении Центра (системы снабжения) имеется ресурс в количестве R . Этот ресурс нужен потребителям (активным элементам), количество которых равно n . Обозначим x_i – количество ресурса, получаемое i -м потребителем, $x = \{x_i, i = 1, \dots, n\}$ – план распределения ресурса (иногда будем писать просто – распределение ресурса x). Предположим, что каждый потребитель полностью использует выделенный ему ресурс, т.е. реальное потребление ресурса y_i равно планируемому x_i . Очевидно, в этом случае множество допустимых планов описывается неравенством

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq R, x_i \geq 0, i = 1, \dots, n \quad (2.1)$$

От использования ресурсов потребитель получает эффект $\Phi_i = \Phi_i(x_i)$. Наиболее часто, особенно в системах снабжения, распределение ресурсов производится на основе заявок потребителей на ресурс. Обозначим через s_i заявку i -го потребителя. Приоритетные механизмы в этом случае можно описать следующей процедурой распределения ресурсов:

$$x_i = \begin{cases} s_i, & \text{если } \sum_{j=1}^n s_j \leq R, \\ \min[s_i; \gamma \eta_i(s_j)], & \text{если } \sum_{j=1}^n s_j > R, \end{cases} \quad (2.2)$$

где $\eta_i(s_i)$ – монотонная функция приоритета i -го потребителя в зависимости от его заявки (рис.2.2).

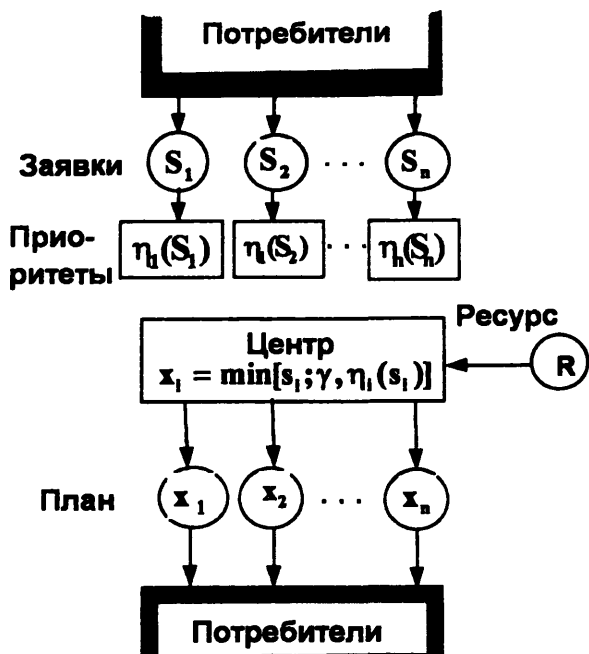


Рис. 2.2. Приоритетные механизмы распределения ресурсов

Операция минимума отражает простое содержательное условие - потребитель получает ресурс в количестве не более заявленной величины. Параметр γ выбирается из условия

$$\sum_{j=1}^n \min[s_j; \gamma \eta_j(s_j)] = R, \quad (2.3)$$

что отражает требование полного использования ресурса в случае его дефицита. В зависимости от вида функций $\eta_i(s_i)$ можно выделить два типа приоритетных механизмов: *прямых приоритетов*, где $\eta_i(s_i)$ - возрастающие функции заявок, и *обратных приоритетов*, в которых $\eta_i(s_i)$ - убывающие функции заявок.

Механизмы прямых приоритетов. Примем, что функции эффекта $\varphi_i(x_i)$ являются строго возрастающими функциями x_i .

В этом случае цель каждого потребителя - получение возможно большего количества ресурса. Заметим теперь, что в механизмах прямых приоритетов $\eta_i(s_i)$ - возрастающая функция заявки s_i . Поэтому доминантной стратегией любого потребителя (наилучшей при любых заявках других потребителей), очевидно, является представление максимально допустимой заявки на ресурс.

Пусть в системе заданы ограничения на максимально допустимую величину заявки ($s_i \leq D_i$, $i = 1, \dots, n$). В этом случае все потребители заявят $s_i^* = D_i$. Это заявление широко известно в экономике как тенденция завышения заявок на сырье, энергию, финансы в условиях дефицита, приводящая к такому неприятному явлению, как «искусственный дефицит» (малый реальный дефицит приводит к большому искусственному дефициту). Поэтому механизмы прямых приоритетов, работающие по принципу «больше просишь - больше получишь», справедливо критикуется и в теории, и в практике, хотя все еще достаточно широко распространены.

Если функции эффекта имеют максимум в некоторой точке $x_i = m_i$, то теоретико-игровой анализ механизма становится несколько сложнее, но основные выводы сохраняются. В системе возникает тенденция значительного роста заявок даже при небольшом дефиците:

$$\Delta = M - R, \text{ где } M = \sum_{i=1}^n m_i$$

Механизмы обратных приоритетов. Проведем исследование механизма обратных приоритетов с функциями приоритета $\eta_i(s_i) = A_i / s_i$, $i = 1, \dots, n$ (именно в такой форме этот механизм был предложен впервые). Содержательно A_i характеризует эффект в народном хозяйстве при получении потребителем ресурса в необходимом количестве (например, A_i может определяться как планируемый выпуск продукции соответствующего предприятия). Тогда A_i/s_i характеризуетдельный эффект (*эффективность*) от использования ресурса.

Поэтому механизмы обратных приоритетов называют еще механизмами *распределения ресурсов пропорционально эффективности* (ПЭ-механизмы).

Сначала исследуем случай монотонных функций эффекта, когда целью потребителей является получение максимального количества ресурса. Довольно несложно определить *ситуацию равновесия Нэша*. Действительно, легко заметить, что функция $\min [s_i, \gamma(A_i/s_i)]$ достигает максимума по точке s_i в точке s_i^* , удовлетворяющей условию

$$s_i = \gamma A_i / s_i$$

Отсюда получаем $s_i^* = x_i^* = (\gamma^* A_i)^{1/2}$; из условия $\sum x_i^* = \sum s_i^* = R$ имеем

$$\gamma^* = (R / \sum_j A_j^{1/2})^2, \quad (2.4)$$

$$x_i^* = s_i^* = \frac{A_i^{1/2} R}{\sum_j A_j^{1/2}}$$

Сложнее показать, что ситуация (2.4) также и гарантирующая, т.е. s_i^* - гарантирующая стратегия каждого потребителя. Однако это действительно так.

Теорема 2.1. *Стратегия $s_i^* = (\gamma^* A_i)^{1/2}$ является гарантирующей для i -го потребителя.*

Доказательство. Пусть s - некоторая ситуация. Так как $x_i = \min (s_i; \gamma A_i / s_i)$, то для оценки гарантированного количества ресурса x_i^r при заявке s_i необходимо определить минимально возможное значение γ . Так как γ определяется из уравнения

$$\min \left[s_i; \gamma \frac{A_i}{s_i} \right] + \sum_{j \neq i} \min \left(s_j; \gamma \frac{A_j}{s_j} \right) = R,$$

то минимум γ достигается при условии $s_j^* = (\gamma A_j)^{1/2}$. Для определения этого "наихудшего" γ^* необходимо решить уравнение

$$\min \left(s_i; \gamma^* \frac{A_i}{s_i} \right) + \sum_{j \neq i} (\gamma^* A_j)^{1/2} = R$$

Нетрудно показать, что максимум гарантированного результата достигается в случае $s_i^* = (\gamma^* A_i)^{1/2} = \frac{RA_i^{1/2}}{\sum A_j^{1/2}}$

Пусть теперь функция эффекта потребителя имеет максимум в точке m_i . К каким изменениям это приведет? Очевидно, что если $s_i^* > m_i$, то i -й потребитель закажет ровно m_i и столько же получит, как при уменьшении заявки его приоритет только возрастет. Таким образом, определится множество "приоритетных" потребителей (возможно, пустое), которое будут получать оптимальное для себя количество ресурса m_i . Для определения этого множества пронумеруем всех потребителей по убыванию $A_i^{1/2}/m_i$, т. е.

$$A_1^{1/2}/m_1 \geq A_2^{1/2}/m_2 \geq \dots \geq A_n^{1/2}/m_n$$

Определим минимальный номер k , такой, что

$$\frac{A_k^{1/2}}{\sum_{j=k}^n A_j^{1/2}} \left(R - \sum_{j=1}^{k-1} m_j \right) \leq m_k$$

Множество Q образует $k-1$ потребителей (если $k=1$, то $Q = \emptyset$).

Полученные свойства механизма обратных приоритетов весьма привлекательны. Во-первых, все потребители заказывают не более оптимального количества m_i , т.е. отсутствует завышение заявок. Во-вторых, каждый получает столько ресурса, сколько просит (естественно, если он ведет себя разумно). Следовательно, суммарный спрос равен имеющемуся количеству ресурса.

Конечно, у механизма обратных приоритетов есть и свои недостатки. Во-первых, теряется информация о реальной потребности $M = \sum_{i=1}^n m_i$, а значит, о размерах реального

дефицита $\Delta = M - R$. Во-вторых, не ясно, насколько полученное распределение ресурса близко к оптимальному, например, по критерию суммарного эффекта. Тем не менее простота и надежность принципа обратных приоритетов сделали его весьма популярным в системах распределения ресурсов самого различного вида (финансов, оборудования, комплектующих). Конечно, его эффективность во многом определяется обоснованностью определения приоритетов потребителей.

Оптимальность механизмов обратных приоритетов. Недостаток рассмотренных выше приоритетных механизмов заключается в том, что потребители сообщают только заявки на ресурс. Естественно, что на основании одной заявки трудно судить об эффективности использования ресурсов у потребителя, а значит, об оптимальности получаемого плана распределения. В ряде случаев реальной представляется ситуация, когда потребитель вместе с заявкой на ресурс сообщает и оценку w_i ожидаемого эффекта от его использования, если он получит ресурс в полном объеме. При этом если фактический эффект не совпадает с ожидаемым, то потребитель штрафуются (если фактический эффект ниже ожидаемого) или поощряется (в противном случае).

Рассмотрим линейные функции “штраф-поощрение” вида

$$\chi_i(w_i - \varphi_i) = \alpha(w_i - \varphi_i), \quad \alpha > 0$$

Теперь функция приоритета зависит от двух параметров - заявки s_i и оценки эффекта w_i , т.е. $\eta_i = \eta_i(s_i; w_i)$.

Приоритетный механизм в этом случае будем относить к механизмам обратных приоритетов, если η_i - возрастающая функция w_i и убывающая функция вида s_i . Рассмотрим зависимости $\eta_i(s_i, w_i)$ следующего вида:

$$\eta_i(s_i, w_i) = w_i^2 / s_i \quad (2.5)$$

З а м е ч а н и е. Если потребитель получил ресурс $x_i < s_i$, то возникает вопрос, как определять ожидаемый эффект $w_i(x_i)$. Обычно принимается, что $w_i(x_i) = (x_i / s_i) w_i$. Для проведения теоретико-игрового анализа зафиксируем оценку эффективности w_i и определим гарантирующую стратегию s_i^* (т.е. какую заявку на ресурс делает потребитель, если он решил сообщить оценку эффекта w_i). Эта задача была рассмотрена выше для случая $\eta_i = A_i / s_i$, что совпадает с нашим случаем, если положить $A_i = w_i^2$. Было показано, что для возрастающих функций эффекта гарантирующей и равновесной (по Нэшу) является ситуация

$$x_i^* = s_i^* = (w_i / W) R,$$

где $W = \sum_{i=1}^n w_i$. Подставим x_i^* в целевую функцию потребителя (с учетом штрафов и премий). Получим

$$\varphi_i(x_i^*) - \alpha(w_i - \varphi_i(x_i^*)) = (1 + \alpha)\varphi_i(w_i, \sqrt{\gamma^*}) - \alpha w_i, \quad (2.6)$$

где $\gamma^* = (R/W)^2$ в данном случае.

Заметим теперь, что при достаточно большом числе потребителей влияние отдельного потребителя на значение γ мало. Поэтому примем, что при выборе оценки ожидаемого эффекта потребители не учитывают влияния w_i на γ и считают γ просто параметром (такое предположение в теории активных систем называется *гипотезой слабого влияния*). Покажем, что в этом случае полученное распределение ресурса является оптимальным. Действительно, оценка w_i обеспечивает максимум (2.6). Следовательно, сумма этих оценок обеспечивает максимум суммы

$$(1 + \alpha) \sum_i \varphi_i(x_i^*) - \frac{\alpha \sum_i x_i^*}{\sqrt{\gamma^*}} = (1 + \alpha) \sum_i \varphi_i(x_i^*) - \frac{\alpha}{\sqrt{\gamma^*}} R,$$

что эквивалентно максимуму суммарного эффекта. Таким образом, мы доказали важную теорему.

Теорема 2.2. *Механизм обратных приоритетов с функциями приоритета $\eta_i = w_i^2/s_i$, при гипотезе слабого влияния обеспечивает оптимальное распределение ресурсов.*

Рассмотрим случай кусочно-линейных функций штрафа-премии вида

$$\chi_i(w_i - \varphi_i) = \begin{cases} \alpha(w_i - \varphi_i), & \text{если } w_i \geq \varphi_i, \\ \beta(\varphi_i - w_i), & \text{если } w_i \leq \varphi_i, \end{cases}$$

где $0 \leq \beta < 1$, $\alpha > 0$.

Ограничимся исследованием двух крайних случаев. Будем говорить, что имеет место случай слабых штрафов, если α настолько мало, что максимум функции

$$\varphi_i(w_i^* \sqrt{\gamma^*}) - \alpha[w_i - \varphi_i(w_i \sqrt{\gamma^*})] \quad (2.7)$$

по w_i достигается в точках w_i^* . Удовлетворяющих условиям $w_i^* \geq \varphi_i(w_i^* \sqrt{\gamma^*})$ для всех потребителей. В этом случае сохраняет силу результат теоремы 2.2.

Будем говорить, что имеет место случай сильных штрафов, если α настолько велико, что максимум (2.7) по w_i достигается в точках w_i^* , удовлетворяющих условиям $w_i^* < \varphi_i(w_i^* \sqrt{\gamma^*})$ для всех потребителей. В этом случае очевидно, что оценка ожидаемого эффекта будет определяться из условий

$$\varphi_i(w_i^* \sqrt{\gamma^*}) = w_i^*, \quad i=1, \dots, n. \quad (2.8)$$

Для случая сильных штрафов результат об оптимальности распределения ресурсов $x^* = w^* \sqrt{\gamma^*}$ в общем случае не имеет места. Однако справедлива следующая теорема.

Теорема 2.3. Пусть вогнутые функции эффекта $\varphi_i(x_i)$ всех потребителей удовлетворяют дифференциальному уравнению

$$\frac{d\varphi_i}{dx_i} = \theta\left(\frac{\varphi_i}{x_i}\right), \quad i=1, \dots, n, \quad (2.9)$$

где $\theta(\cdot)$ - возрастающая функция. Тогда x^* - оптимальный план распределения ресурсов.

Доказательство. Из условия (2.8) с учетом соотношения $x_i^* = w_i^* \sqrt{\gamma^*}$ следует

$$\frac{\varphi_i(x_i^*)}{x_i^*} = \frac{1}{\sqrt{\gamma^*}}$$

Поэтому с учетом (2.9)

$$\frac{d\varphi_i(x_i^*)}{dx_i} = \theta\left(\frac{\varphi_i(x_i^*)}{x_i^*}\right) = \theta\left(\frac{1}{\sqrt{\gamma^*}}\right),$$

что является достаточным условием оптимальности плана x^* .

З а м е ч а н и е. Уравнение (2.8) разрешимо в явном виде. Его решение

$$\varphi_i(x_i) = r_i \varphi(x_i / r_i),$$

где $\varphi(\cdot)$ - вогнутая функция. При этом независимо от вида функции $\varphi(\cdot)$ оптимальное распределение ресурсов таково:

$$x_i^* = r_i R / \sum_j r_j,$$

т.е. ресурс распределяется пропорционально коэффициентам эффективности r_i . Более того, зависимость максимального эффекта $\Phi_{\max}(R) = \sum_i \varphi_i(x_i^*)$ от количества ресурсов R имеет

такой же вид:

$$\Phi_{\max}(R) = H_{\varphi}(R/H),$$

где $H = \sum_i r_i$.

Предлагаем эти факты доказать самостоятельно.

П р и м е р 2.1. Пусть $\varphi_i(x_i) = 2(r_i x_i)^{1/2}$, $i = 1, \dots, n$.

Определим максимум функции

$$2(r_i x_i)^{1/2} - \alpha [x_i / \gamma^{1/2} - 2(r_i x_i)^{1/2}]$$

по x_i . После несложных вычислений получим

$$x_i = \gamma \left[\frac{(1 + \alpha)}{\alpha} \right]^2 r_i$$

Из соотношения (2.8) имеем $x_i = 4\gamma r_i$.

Таким образом, если $\alpha > 1$, имеет место случай сильных штрафов, а если $\alpha < 1$ - случай слабых штрафов.

Пусть $\alpha > 1$. Легко проверить, что дифференциальному уравнению (2.9) удовлетворяют все функции $2(r_i x_i)^{1/2}$, если взять $\theta(z) = \frac{1}{2}z$. Действительно,

$$\frac{d\varphi_i}{dx_i} = \left(\frac{r_i}{x_i} \right)^{1/2} = \frac{1}{2} \left[\frac{2(r_i x_i)^{1/2}}{x_i} \right] = \frac{1}{2} \frac{\varphi_i(x_i)}{x_i}$$

Поэтому распределение ресурсов

$$x_i^* = 4\gamma^* r_i = r_i R / \sum_j r_j$$

является оптимальным.

Распределение ресурсов многих видов. Рассмотренные выше механизмы распределения ресурсов одного вида несложно обобщить на случай многих видов ресурсов. Сначала рассмотрим два крайних случая: *комплектные поставки и взаимозаменяемые ресурсы*. На практике довольно часто ресурсы различных видов нужны потребителям в определенной пропорции (комплекте). Обозначим: a_{ij} - количество ресурсов j -го вида, входящих в единичный комплект для i -го потребителя; x_i - количество комплектов, планируемых i -му потребителю; $\varphi_i(x_i)$ - эффект у потребителя i в зависимости от количества комплектов; R_j - количество ресурсов j -го вида,

$j=1, \dots, m$. Тогда множество допустимых планов распределения ресурсов будет описываться системой линейных неравенств

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq R_j, \quad j=1, \dots, m$$

Фактически мы получим задачу распределения ресурсов одного вида (комплектов) с более сложной областью допустимых планов. Однако многие результаты, полученные для ресурсов одного вида, остаются справедливыми и в данном случае. Так, например, для механизма обратных приоритетов

$$x_i = \min(s_i; \gamma A_i / s_i),$$

где γ определяется как максимальное решение системы неравенств

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} \min[s_i; \gamma A_i / s_i] \leq R_j, \quad j=1, \dots, m,$$

остается справедливым свойство ситуации равновесия

$x_i^* = s_i^* = (\gamma^* A_i)^{1/2}$, что позволяет определить ее в явном виде

$$x_i^* = s_i^* = \min_j \frac{R_j A_j^{1/2}}{\sum_k a_{kj} A_k^{1/2}}$$

В случае взаимозаменяемых ресурсов введем для каждого потребителя некоторый "основной" ресурс и обозначим как a_{ij} количество этого основного ресурса, эквивалентное единице j -го ресурса. Если обозначить через y_{ij} количество j -го ресурса, получаемое i -м потребителем, то весь

набор $\{y_{ij}\}$ эквивалентен $x_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} y_{ij}$ единицам основного

ресурса. В данном случае функция $\phi_i(x_i)$ зависит от эквивалентного количества основного ресурса. Задача опять свелась к распределению ресурса одного вида (основного). Множество X допустимых планов x определяется следующим образом:

$$x_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} y_j, i=1, \dots, n,$$

где $\{y_j\}$ удовлетворяет ограничениям

$$\sum_{i=1}^n y_j \leq R_j, y_j \geq 0, i=1, \dots, n, j=1, \dots, m$$

В данном случае для определения ситуации равновесия в механизме обратных приоритетов необходимо решить следующую задачу линейного программирования: определить $u \geq 0$ и $y_j \geq 0$ такое, что $u \rightarrow \max$.

$$u A_i^{1/2} - \sum_{j=1}^m a_{ij} y_j = 0, i=1, \dots, n,$$

$$\sum_{i=1}^n y_j \leq R_j, j=1, \dots, m$$

Если u^* -оптимальное решение этой задачи, то $x_i^* = s_i^* = u^* A_i^{1/2}$

В общем случае, как правило, нет полной взаимозаменяемости и жесткой комплектности не требуется. В этом случае применяют две схемы распределения ресурсов многих видов. В первой предполагают, что заявка потребителя определяет комплект, т.е. соотношение ресурсов различных видов. Во второй схеме ресурс каждого вида распределяют независимо.

2.3. Конкурсные механизмы

Конкурсные механизмы относятся к особому типу приоритетных механизмов, в которых на основе приоритетов определяется множество победителей. Победители конкурса либо получают право на получение ресурса (финансирование проектов, материальные ресурсы и т.д.), либо получают выгодный заказ (рис.2.3).

Рассмотрим свойства конкурсных механизмов на примере задачи распределения ресурсов. Распределение ресурсов на конкурсной основе, означает, что в первую

очередь ресурс получают потребители (участники конкурса), у которых ожидаемая эффективность использования ресурсов наибольшая. Понятие эффективности использования ресурса мы вводили при описании механизмов обратных приоритетов. Если определен эффект $\Phi(x_i)$, который потребитель i ожидает получить от использования ресурса x_i , то эффективность равна эффекту на единицу ресурса:

$$\xi_i = \Phi_i(x_i)/x_i.$$

Напомним, что в механизмах обратных приоритетов ресурс распределения пропорционально эффективности ξ_i .

В конкурсном механизме принцип распределения ресурсов другой - ресурс распределяется в очередности убывания эффективностей. Итак, каждое предприятие (участник конкурса) сообщает организаторам конкурса (это может быть государственный орган, ассоциация, коммерческий банк, общественный фонд и т.д.) две величины: средства s_i , требуемые для проведения мероприятий по повышению производства, и оценку ξ_i ожидаемой эффективности от этих мероприятий. Под этим могут подразумеваться освоение новой технологии или новой продукции, реконструкция предприятия, строительство нового цеха и т.д. Ожидаемый эффект в народном хозяйстве от проекта i -го предприятия определяется как произведение эффективности на величину требуемых средств, т.е. $w_i = \xi_i s_i$.

Присвоим предприятиям номера в порядке убывания ξ_i , так что

$$\xi_1 \geq \xi_2 \geq \dots \geq \xi_n$$

Сначала ресурс получает первое предприятие (в количестве s_1), затем второе и т.д., пока хватает ресурса. В случае равенства эффективностей победители определяются неоднозначно (как правило, для однозначности привлекаются дополнительные критерии). Далее победители должны "засучить рукава",

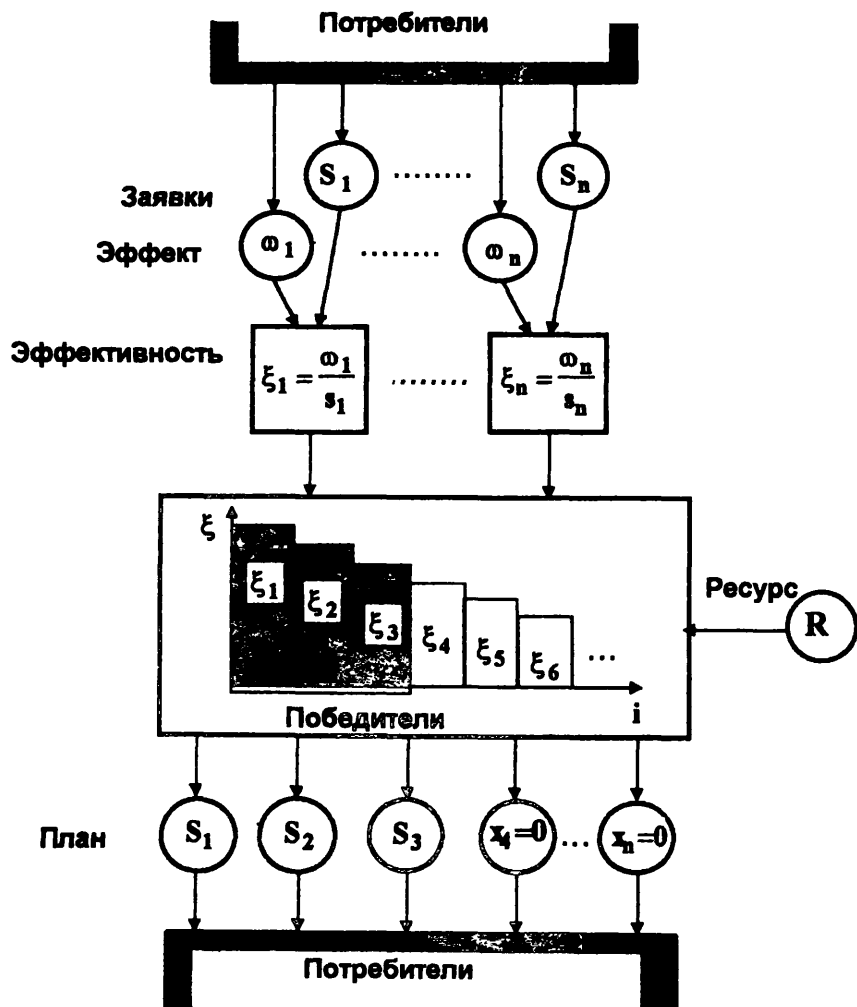


Рис. 2.3. Конкурсные механизмы распределения ресурсов

взяться за реализацию намеченных мероприятий и дать народному хозяйству обещанный эффект в виде новой качественной продукции, современной технологии, либо нового цеха.

Могут возникнуть сомнения в эффективности такого механизма: сначала предприятие наобещает “золотые горы”, станет победителем, получит средства, а потом пройдет время, найдутся объективные причины неудач. Сомнения обоснованные, и можно привести немало примеров, когда так и было. Хотя при переходе к хозяйственной самостоятельности и самофинансированию ответственность предприятий за взятые обязательства возросла, однако и сегодня многие руководители придерживаются принципа, который можно назвать “принципом Ходжи Нассреддина”. Он пообещал шаху лет за десять научить ишака говорить. Рассуждал Ходжи очень просто: за это время либо умрет шах, либо ишак. Сегодняшний руководитель в соответствии с этим принципом может рассуждать аналогично: главное получить средства, а затем можно придумать сотню “объективных” причин, оправдывающих невыполнение обещаний. Поэтому для эффективности конкурсных механизмов необходима действенная система контроля (для проектов, требующих большого времени, необходима система поэтапного контроля).

Заметим, что реальный эффект, который предприятие действительно рассчитывает получить, если ему выделят средства в размере s_i , составляет $\varphi_i(s_i)$. Разность $\xi_i s_i - \varphi_i(s_i)$ определяет то самое сознательное завышение эффекта, проще говоря, тот обман, на который предприятие может сознательно пойти для того, чтобы победить в конкурсе и получить необходимые средства. Действенность системы контроля будем характеризовать штрафами

$$x_i = \alpha(\xi_i s_i - \varphi_i(s_i))$$

или премиями, если $\varphi_i(s_i) > s_i \xi_i$

Рассмотрим только экономические санкции (премии) за недостижение (перевыполнение) обещанного эффекта. В этом случае величина α определяет долю от потерь народного хозяйства, которую предприятие обязано компенсировать.

Так, если ожидаемый (обещаемый предприятием) эффект составит 2 млрд.тенге, а после реализации проекта фактический эффект составил 1 млрд.тенге, то при $\alpha = 0,5$ предприятие уплачивает штрафы в размере 0,5 млрд. тенге, т.е. компенсирует 50% потерь народного хозяйства. Заметим, что α не может быть слишком большой для "рисковых" проектов, т.е. таких, эффект от которых является неопределенным и риск неудач достаточно велик.

Чтобы завершить описание конкурсного механизма, осталось описать систему стимулирования предприятий, побуждающую их участвовать в конкурсе. В качестве целевой функции предприятия примем эффект с учетом штрафов (премий), т.е.

$$f_1 = \varphi_1(s_1) - \alpha[\xi_1 s_1 - \varphi_1(s_1)] \quad (2.10)$$

Наша задача - определить, какую оценку эффективности сообщит предприятие и какой окажется его заявка на ресурс. Заметим, что если предприятие определилось со значением сообщаемой оценки эффективности ξ_1 , то оптимальная заявка на ресурс определяется из условия максимума (2.10) по s_1 . Так, если φ_1 - вогнутые, дифференцируемые функции s_1 , то оптимальная заявка определяется из уравнения

$$\frac{d\varphi_1(s_1)}{ds_1} = \frac{\alpha\xi_1}{1+\alpha}$$

(конечно, если это уравнение имеет положительное решение). Если теперь предоставить оптимальную заявку $s_1^*(\xi_1)$ в (2.10), то получим зависимость целевой функции $h_1(\xi_1)$ предприятия от сообщаемой им оценки ξ_1 в случае, если предприятие сумеет победить в конкурсе. Можно показать, что

зависимости $h_i(\xi_i)$ являются непрерывными убывающими функциями ξ_i .

Пример 2.2. Пусть $\varphi_i(s_i) = 2(r_i s_i)^{1/2}$, $i = 1, \dots, n$

Из уравнения

$$\frac{d\varphi_i}{ds_i} = \left(\frac{r_i}{s_i} \right)^{1/2} = \frac{\alpha \xi_i}{1 + \alpha}$$

определим

$$s_i^* = \left(\frac{1 + \alpha}{\alpha \xi_i} \right)^2 r_i$$

Подставив это в (2.10), получим

$$h_i(\xi_i) = \frac{(1 + \alpha)^2 r_i}{\alpha \xi_i}$$

Таким образом, предприятию выгодно сообщать оценку ξ_i , возможно меньшую, однако такую, чтобы войти в число победителей.

Покажем, что в ситуации равновесия все предприятия-победители будут сообщать одну и ту же оценку ξ_1 . Действительно, пусть для двух предприятий-победителей имеет место $\xi_1 > \xi_2$. Тогда первому предприятию выгодно уменьшать оценку и увеличивать заявку, поскольку его выигрыш увеличивается. При этом второе предприятие может «выпасть» из состава победителей, и чтобы снова попасть в этот состав, оно будет увеличивать оценку. Итак, оценки ξ_1 и ξ_2 должны сближаться. Таким образом, все победители сообщат одну и ту же оценку ξ^* . Заметим, что для победителей $h_i(\xi^*) > 0$, а для остальных предприятий $h_i(\xi^*) \leq 0$.

Пусть Q - множество победителей. Равновесная оценка ξ^* определяется из уравнения

$$\sum_{i \in Q} s_i(\xi^*) = R$$

Продолжение примера 2.2. Так как $h_i(\xi) > 0$ для всех предприятий, то в равновесии все предприятия окажутся победителями. Из уравнения

$$\sum \left(\frac{1+\alpha}{\alpha \xi^*} \right)^2 r_i = R$$

получим $\xi^* = \frac{1+\alpha}{\alpha} \left(\frac{H}{R} \right)^{1/2}$, где $H = \sum_i r_i$, $x_i^* = s_i^* = r_i R / H$

Полученное распределение ресурсов является оптимальным по критерию суммарного эффекта. Это не случайно. Имеет место следующая важная теорема.

Теорема 2.4. (Теорема оптимальности конкурсных механизмов) *Конкурсный механизм обеспечивает в равновесии (точке Нэша) оптимальное распределение ресурсов.*

Доказательство. Так как заявка каждого предприятия максимизирует его целевую функцию, совокупность заявок обеспечивает максимум суммы целевых функций предприятий

$$\sum_i f_i = \sum_i \left[\varphi_i(s_i^*) - \alpha (\xi^* s_i^* - \varphi_i(s_i^*)) \right] = (1+\alpha) \sum_i \varphi_i(s_i^*) - \alpha \xi^* R,$$

что эквивалентно максимуму суммарного эффекта.

В предыдущих рассуждениях предполагалось, что предприятие борется за победу в конкурсе, если его ожидаемый выигрыш, т.е. величина $h_i(\xi_i)$, положителен.

Более реальным является предположение о том, что предприятие борется за победу в конкурсе, если его ожидаемый выигрыш окажется не менее некоторой величины $\Delta_i > 0$, зависящей от возможностей предприятия получить другие заказы, от его экономического положения и т.д. Если $h_i(\xi^*) \geq \Delta_i$ для всех i , то это предположение не меняет сделанных выше выводов. Если же $h_i(\xi^*) < \Delta_i$ для некоторых

предприятий, то оптимальность распределения ресурсов уже не будет иметь места, хотя сохранится оптимальность распределения ресурсов среди победителей.

2.4. Многоканальные механизмы

При решении многих экономических, социальных, политических и просто житейских проблем человечество давно использует институты экспертов, советников, консультантов, т.е. лиц, не принимающих решения, а предполагающих и обосновывающих варианты решений.

В последнее время широкое распространение получили экспертные системы поддержки принимаемых решений.

В последнее время широкое распространение получили экспертные системы поддержки принимаемых решений. В таких системах варианты решений предлагаются и обосновываются ЭВМ на основе заложенных в память машины знаний, математических моделей и обработки экспертных суждений. Так, например, в промышленности применяется система управления типа "советчик оператора" ("советчик мастера доменной печи", "советчик сталевара" [2]). В медицине большую помощь врачам оказывают различного вида системы диагностики, концентрирующие передовой опыт в соответствующей области.

Основная особенность механизмов управления, использующих "советчиков", заключается в том, что решения (рекомендации) формируются в нескольких блоках (каналах) формирования решений. На основе сформированных рекомендаций лицо, принимающее решение (основной канал), вырабатывает свое решение, которое может совпасть, а может и не совпасть ни с одним из рекомендованных. Поэтому механизмы такого типа и получили название "многоканальных механизмов". В чем причина их эффективности? Конечно, во взаимодействующей работе каналов: как говорят, "ум хорошо, а два – лучше".

Дело в том, что руководитель, лицо принимающее решение (ЛПР), по-разному ориентируется в громадном разнообразии ситуаций, требующих решения. Где-то он накопил большой опыт и знания (области *П* на рис.2.4) и стал профессионалом, где-то чувствует себя новичком (области *Н*). В то же время могут найтись эксперты (либо можно настроить экспертную систему на ЭВМ), которые достаточно эффективны в тех областях, которые трудны для руководителя. Использование рекомендаций экспертов в указанных областях позволит обеспечить высокую эффективность принимаемых решений в любой ситуации и, более того, ускорить процесс повышения квалификации руководителя или оператора.

Так, результирующая эффективность трехканального механизма на рис.2.4 определяется огибающей трех кривых.

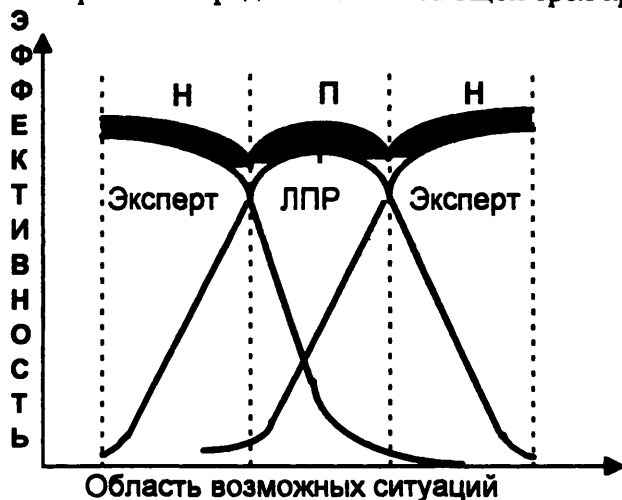


Рис. 2.4. Эффективность многоканальных механизмов

Однако эффективность трехканального механизма управления во многом определяется заинтересованностью и доверием руководителя к рекомендациям экспертов, с одной стороны, и отсутствием слепой веры в эти рекомендации - с другой. При

отсутствии заинтересованности и доверия он может пропустить эффективный совет, а при слепой вере - принять неэффективную рекомендацию. Создание такого заинтересованного и в то же время критического отношения к советам других каналов - одна из главных функций многоканальных механизмов. Не менее важным является и создание заинтересованности экспертов (экспертных систем) в выработке эффективных решений.

Для достижения указанных целей применяют специальные системы сравнительной оценки эффективности решений каналов и стимулирования на основе этих оценок.

Блок сравнительной оценки эффективности решений различных каналов является наиболее важной и в то же время наиболее сложной для разработки частью многоканального механизма. На вход этого блока поступает информация о состоянии внешней среды, о решении, принятом основным каналом (ЛПР), и о фактической эффективности, достигнутой в результате принятого решения (рис.2.5). На основе этой информации необходимо оценить "что было бы, если...", т.е. какова была бы эффективность при тех же условиях, если бы было принято решение, рекомендуемое тем или иным каналом.

Для такой оценки необходимо иметь модель процесса, связывающую эффективность $\mathcal{E}$ и принятое решение u , т.е. $\mathcal{E} = \varphi(u, q)$, где q - параметры модели и внешней среды. Принципиальная схема сравнительной оценки решений канала достаточно проста. Сначала на основе принятого решения u_0 и фактической эффективности $\mathcal{E}_0$ корректируются (уточняются) параметры модели $q = \xi(u_0, \mathcal{E}_0, q_0)$. Затем в уточненную модель подставляются решения u_i , предложенные советующими каналами, и оценивается (пересчитывается), какова была бы эффективность

$$\mathcal{E}_i = \varphi[u_i, q(u_0, \mathcal{E}_0, q_0)], i = 1, \dots, m,$$

где m - число советующих каналов.

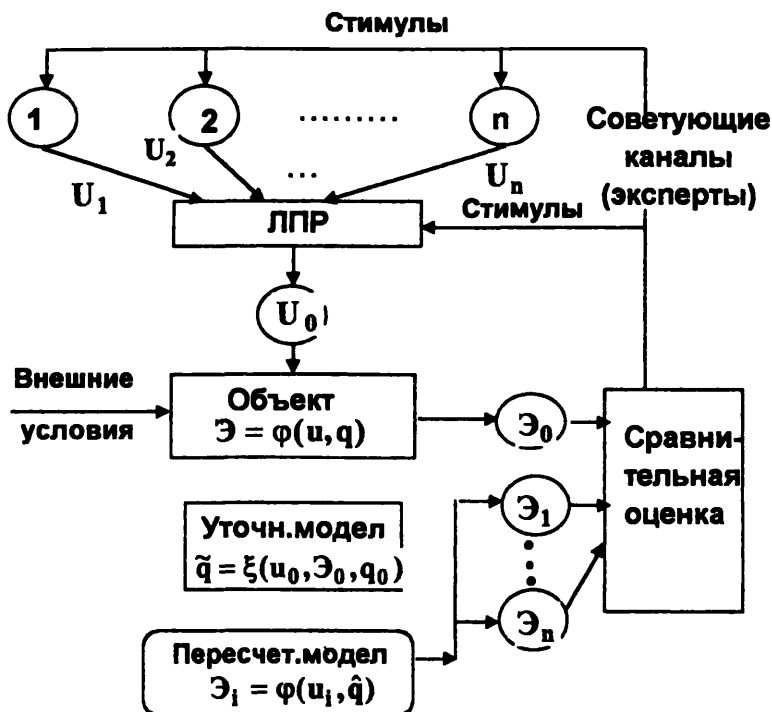


Рис. 2.5 Многоканальный механизм

Ясно, что “качество” блока сравнительной оценки решений каналов определяется в первую очередь качеством пересчетной модели. К сожалению, мы не имеем сегодня достаточно хороших моделей, многих сложных как технологических, так и социально-экономических процессов. Как, например, оценить, что было бы сегодня, если бы два года назад была проведена денежная реформа. Однако для ряда технологических процессов построены достаточно хорошие пересчетные модели [2].

Примем, что блок сравнительной оценки качества решений каналов разработан (т.е. построена пересчетная

модель) и тем самым оценены эффективности $\mathcal{E}_1$ решений каналов u_1 по сравнению с фактической эффективностью $\mathcal{E}_0$ принятого ЛПР решения u_0 . Заметим, что u_0 может совпасть с одним из u_1 (т.е. ЛПР может принять совет одного из каналов). В этом случае, очевидно, $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_0$. Стимулирование ЛПР и персонала, вырабатывающих решения каналов (это либо эксперты, либо специалисты, разрабатывающие соответствующие модели), производится в зависимости от сравнительной эффективности их решений. Как правило лучшее из решений каналов принимается в качестве определенного норматива при оценке деятельности ЛПР:

$$\mathcal{E}_n = \max_i \mathcal{E}_i$$

Соответствующее решение u_n называется *нормативным*. Стимулирование ЛПР в простейшем случае имеет вид

$$f_0 = \mathcal{E}_0 - \begin{cases} \alpha(\mathcal{E}_0 - \mathcal{E}_n), & \text{если } \mathcal{E}_0 \geq \mathcal{E}_n, \\ \beta(\mathcal{E}_n - \mathcal{E}_0), & \text{если } \mathcal{E}_n \geq \mathcal{E}_0, \end{cases}$$

где $0 < \alpha < 1, \beta > 0$

Заметим, что оценка $\mathcal{E}_1$ строится на основе реальной эффективности $\mathcal{E}_0$ и решения u_0 . При этом не исключена ситуация, в которой ЛПР, имея возможность влиять на фактическую эффективность принятого им решения, сознательно уменьшит эту эффективность для того, чтобы тем самым повлиять на оценку эффективности каналов. Как правило, в пересчетных моделях существует монотонная зависимость между фактической эффективностью $\mathcal{E}_0$ и эффективностью каналов $\mathcal{E}_1$, получаемой на основе $\mathcal{E}_0$. Другими словами, чем выше $\mathcal{E}_0$, тем выше $\mathcal{E}_1$. Поэтому, если $\mathcal{E}_0 \geq \mathcal{E}_n$ то ЛПР не заинтересован в снижении $\mathcal{E}_0$, так, как

$$f_0 = (1 - \alpha)\mathcal{E}_0 + \alpha\mathcal{E}_n$$

является возрастающей функцией $\mathcal{E}_n$ (с учетом того, что $\mathcal{E}_n$ растет с ростом $\mathcal{E}_0$). Проблема возникает, если $\mathcal{E}_0 < \mathcal{E}_n$, т.е. решение ЛПР менее эффективно, чем нормативное решение. В этом случае

$$f_0 = (1+\beta)\mathcal{E}_0 - \beta\mathcal{E}_n,$$

ЛПР заинтересован в снижении эффективности каналов $\mathcal{E}_n$ и в связи с этим может быть заинтересован в снижении фактической эффективности $\mathcal{E}_0$.

Пример 2.3. Пусть $\mathcal{E} = u - u^2/2q$, где u - решение ЛПР, а q - случайный параметр, значение которого ЛПР и эксперты (каналы) могут прогнозировать с той или иной точностью в зависимости от их опыта, наличия моделей прогнозирования и т.д. Пусть ЛПР принял решение u_0 , и фактическая эффективность оказалась равной $\mathcal{E}_0$. На основе этих данных можно оценить параметр

$$q = u_0^2 / 2(u_0 - \mathcal{E}_0)$$

Мы получили пересчетную модель

$$\mathcal{E}_1 = u_1 - u_1^2(u_0 - \mathcal{E}_0)/u_0^2$$

Пусть $\mathcal{E}_n$ и u_n соответственно нормативная эффективность и нормативное управление, причем $\mathcal{E}_n > \mathcal{E}_0$. В этом случае

$$\begin{aligned} f_0 &= (1+\beta)\mathcal{E}_0 - \beta\mathcal{E}_n = (1+\beta)\mathcal{E}_0 - \beta u_n \left(1 - \frac{u_n}{u_0}\right) - \beta \frac{u_n^2}{u_0^2} \mathcal{E}_0 = \\ &= \beta u_n \left(\frac{u_n}{u_0} - 1\right) + \mathcal{E}_0 \left(1 + \beta - \beta \frac{u_n^2}{u_0^2}\right), \end{aligned}$$

Если $u_n > u_0$ и β достаточно велико, то

$$\beta(u_n^2/u_0^2 - 1) > 1$$

и ЛПР заинтересован в снижении фактической эффективности $\mathcal{E}_0$. Для того чтобы исключить такую заинтересованность, β не следует брать слишком большим, а именно

$$\beta < u_0^2 / (u_n^2 - u_0^2)$$

Пусть параметр q может принимать значения на отрезке $[a, b]$. Так как оптимальное управление $u=q$, решение u_1 является фактически прогнозируемой оценкой параметра q . Поэтому можно принять, что $a \leq u_1 \leq b$. В этом случае достаточным

условием выбора β является $\beta \leq a^2 / (b^2 - a^2)$. Большие штрафы в случае, если решение ЛПР хуже нормативного, нежелательны и по другой причине. Не желая проиграть, ЛПР может предпочесть просто выбрать одно из решений, предлагаемых каналами, а если имеется всего один советующий канал, то просто реализовать предложенное решение. Такая ситуация, например, может сложиться в АСУ технологическими процессами, в которых роль советчика выполняет модельно-действующая управляющая система. По существу, оператор начинает полагаться на эту систему, что означает переход на автоматическое управление. В случае возникновения нестандартной ситуации это может привести к существенному снижению эффективности управления, а то и к аварии. Однако слабые штрафы (или премии) могут привести к пассивному отношению со стороны ЛПР к решениям советующих каналов, что, показывает практика, также приводит к снижению эффективности многоканальных механизмов.

2.5. Механизмы открытого управления

Поиск оптимального механизма открытого управления. Проблема достоверности информации, представленной активными элементами Центра - это центральная проблема в теории и практике управления организационными системами. Действительно, трудно поверить, что можно принимать эффективные решения на основе ложной информации. И хотя строгого доказательства необходимости иметь истинную информацию для эффективного управления мы не имеем (более того, есть экзотические примеры оптимальных механизмов управления, работающих на основе недостоверной информации), практический опыт свидетельствует о важности этого требования.

Как уже отмечалось, механизмы, в которых сообщение достоверной информации является доминантной стратегией каждого элемента, называются механизмами открытого управления (или механизмами честной игры). Как определить, является ли некоторый механизм $(\pi(s); f(x, y))$ механизмом открытого управления? Для этого сначала определим функции

$$\varphi_i(x_i, s_i) = \max_{y_i \in Y_i(s_i)} f_i(x_i, y_i), \quad i = 1, \dots, n$$

их называют *функциями предпочтения элементов*. Получив от элементов оценки s_i , Центр может построить функции $\varphi_i(x_i, s_i)$ и тем самым получить представление о степени выгоды (предпочтительности) для элементов тех или иных планов. Определим еще одну важную конструкцию. Обозначим через $s(i) = (s_1, s_2, \dots, s_{i-1}, s_{i+1}, \dots)$ совокупность оценок всех элементов, за исключением i -го (в теории игр $s(i)$ называют обстановкой для i -го элемента), $s = (s(i), s_i)$ - совокупность оценок элементов (ситуация в игре),

$$Q[s(i)] = \bigcup_{i \in \Omega} \pi_i[s(i), s_i]$$

Содержательно $Q_i[s(i)]$ определяет множество планов, которые может получить i -й элемент, выбирая свою оценку $s_i \in \Omega_i$ при заданной обстановке s_i .

Теорема 2.4. *Для того, чтобы $(\pi(s), f(x, y))$ был механизмом открытого управления, необходимо и достаточно, чтобы для любой $s \in \Omega$ имело место*

$$\varphi_i[\pi(s), s_i] = \max_{z \in Q_i[s(i)]} \varphi_i[z, s_i] \quad (2.11)$$

Соотношение (2.11) называют условиями совершенного согласования.

Д о к а з а т е л ь с т в о. Достаточность очевидна. Действительно, множество $Q_i[s(i)]$ не зависит от оценки s_i . Поэтому, если (2.11) имеет место, то сообщение достоверной оценки $s_i = r_i$ - доминантная стратегия каждого элемента.

Докажем необходимость. Пусть $s_i = r_i$ - доминантная стратегия и пусть условия (2.11) нарушаются для некоторого $s_i \in \Omega_i$. Тогда существует план x_i такой, что

$$\varphi_i[x'_i, s'_i] = \max_{z \in Q_i[s(i)]} \varphi_i[z, s'_i],$$

и существует оценка $s'_i \neq s_i$ такая, что $x'_i = \pi_i[s(i), s'_i]$. Если принять s'_i за истинную оценку r_i , то s'_i , уже не будет доминантной стратегией, что противоречит условиям теоремы.

Итак, условия (2.11) являются определяющим признаком механизма открытого управления. Задача синтеза оптимальных механизмов открытого управления сводится тем самым к определению множеств $Q_i[s(i)]$, $i=1, \dots, n$. В общем случае эта задача не решена. Мы уже отмечали, что в общем случае не известно, являются ли оптимальные механизмы открытого управления, т.е. не мешает ли требование достоверности информации оптимальности управления в

организационных системах. Однако в случае одного активного элемента этот факт имеет место.

Теорема 2.5. *В системе с одним активным элементом для любого механизма $\pi(s)$ существует механизм открытого управления не меньшей эффективности.*

Доказательство. Пусть $\pi(s)$ - произвольный механизм управления, $Q = \bigcup_{i \in Q} \pi(s)$. Очевидно, что оценка s^* , выбираемая активным элементом, будет удовлетворять условию

$$\Phi[\pi(s^*), r] = \max_{i \in Q} \Phi(z, r)$$

Определим следующий механизм открытого управления $\pi^{o,y}(s)$:

$$\begin{aligned} \max_{i \in X} \Psi(x, r), \\ \Phi(x, s) = \max_{i \in Q} \Phi(z, s) \end{aligned} \quad (2.12)$$

Так как это механизм открытого управления, то элемент должен сообщать достоверную информацию. А в этом случае план $x^* = \pi(s^*)$ будет удовлетворять ограничениям задачи (2.12), т.е. окажется допустимым планом. Поэтому для оптимального решения $x^0(s)$ задачи (2.12) при $s = r$ имеет место

$$\Psi(x^0, r) \geq \Psi(x^*, r).$$

Итак, в случае одного активного элемента оптимальный механизм можно искать на множестве механизмов открытого управления.

Пример 2.4. Пусть $\Psi(x, r) = Cx - \frac{1}{2r}x^2$,

$$\Phi(x, r) = \lambda x - \frac{1}{2r}x^2,$$

где $C > \lambda$, $r \in [d, D]$.

Эффективность механизма открытого управления $\pi(r)$ будем оценивать по отношению

$$K = \Psi[\pi(r), r] / \Psi_{\max}(r),$$

$$\text{где } \Psi_{\max}(r) = \max_x \Psi(x, r) = \frac{1}{2} C^2 r$$

Для определения оптимального механизма открытого управления поступим следующим образом. Зафиксируем K и попытаемся найти механизм открытого управления эффективности не ниже K .

Максимальное K , при котором такой механизм еще найдется, и определит оптимальное решение задачи. Итак, пусть $K \leq 1$ задано. Тогда планы $\pi(r)$ должны удовлетворять неравенствам

$$C\pi(r) - \frac{1}{2r} \pi^2(r) \geq \frac{1}{2} K C^2 r,$$

или

$$Cr[1 - (1 - K)^{1/2}] \leq \pi(r) \leq Cr[1 + (1 - K)^{1/2}] \quad (2.13)$$

Предположим сначала, что луч $Cr[1 - (1 - K)^{1/2}]$ идет выше луча λr самых выгодных планов для элемента. Тогда в силу условий совершенного согласования нижняя граница множества Q должна быть не ниже точки $CD[1 - (1 - K)^{1/2}]$, но не выше точки $CD[1 + (1 - K)^{1/2}]$. Иначе либо при $r = D$, либо при $r = d$ Центр должен будет назначить план за пределами (2.13), и эффективность механизма будет меньше K . Итак, должно быть

$$Cd[1 + (1 - K)^{1/2}] \geq CD[1 - (1 - K)^{1/2}]$$

Найдем максимальное K , удовлетворяющее этому неравенству:

$$K_1 = 4k / (1 + k)^2,$$

где $k = d/D$. При этом оптимальный план x_1 не зависит от сообщаемой оценки:

$$x_1 = 2C(1/d + 1/D)^{-1}$$

Может однако оказаться, что при $K = K_1$ луч λr лежит внутри конуса (2.13). В этом случае, очевидно, механизм открытого управления принимает вид $x = \lambda r$ и его эффективность

$$K_2 \frac{C\lambda r - 1/2r^{-1}\lambda^2 r^2}{\frac{1}{2}C^2 r} = \frac{\lambda}{C} \left(2 - \frac{\lambda}{C} \right) = \delta(2-\delta), \delta = \frac{\lambda}{C} < 1$$

Окончательно получаем оптимальный механизм открытого управления:

$$x = \pi(r) = \begin{cases} 2c \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{D} \right)^{-1}, & \text{если } K_1 \geq K_2, \\ \lambda r, & \text{если } K_1 < K_2 \end{cases}$$

Его эффективность $K = \max(K_1, K_2)$

Интересен содержательный смысл полученного оптимального механизма. Фактически он состоит из двух механизмов. Первый механизм - это механизм директивного (командного) планирования без какого-либо учета информации, получаемой от элемента. Можно сказать, что Центр является диктатором. Второй механизм, наоборот, дает все права элементу, поскольку Центр фактически соглашается (утверждает) на план λr , самый выгодный для элемента. Можно сказать, что в данном случае диктатором является элемент. Кто будет диктатором, зависит от двух величин - степени информированности Центра $k = d/D$ и степени согласованности интересов Центра и элементов, выражаемой отношением выгодных для них планов.

$$\lambda r / \lambda C = \lambda / C = \delta$$

Так, если

$$\delta > 2k/(1+k),$$

то диктатором является элемент, а если $\delta < 2k/(1+k)$ - Центр. В случае равенства $\delta = 2k/(1+k)$ предпочтительнее диктат Центра, что обеспечивает большую эффективность при

$r \in (d, D)$. На рис.2.6 показаны области диктаторства элемента и Центра.

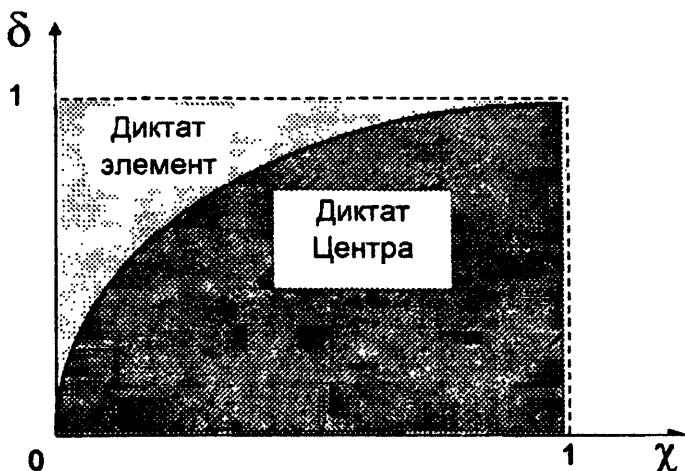


Рис. 2.6. Области диктаторства элемента и Центра

Свойства диктаторства является в определенном смысле характерным для механизмов открытого управления. Действительно, если максимум в условиях совершенного согласования достигается внутри множества $Q_i[s(i)]$, то это можно интерпретировать как диктат элемента, а если на границе, то как диктат Центра, поскольку граница определяется Центром.

Рассмотрим теперь пример механизмов открытого управления для системы с несколькими активными элементами.

Задача распределения ресурсов. Напомним постановку задачи. Имеется ресурс в количестве R единиц, которым распоряжается Центр. Элементы - потребители ресурса - сообщают заявку s_i на ресурс. Распределение ресурса производится в соответствии с принятой процедурой

$$x_i = \pi_i(s), i=1,...,n,$$

такой, что $\sum_i \pi_i(s) \leq R$. От использования ресурса в количестве x_i потребитель i получает эффект $\phi_i(x_i, m_i)$, где m_i — оптимальное для потребителя i количества ресурса. Интерес представляет, естественно, случай дефицита ресурса, когда $\sum_i m_i > R$. Будем считать, что в этом случае распределяется весь ресурс, т.е. $\sum_i \pi_i(s) = R$

Примем еще ряд естественных свойств процедуры распределения ресурса. Во-первых, будем рассматривать только такие процедуры, для которых существует точка Нэша, т.е. ситуация s^* , такая, что

$$\phi_i[\pi_i(s^*), m_i] = \max_j \phi_i[\pi_j[s^*(i), s_j], m_i], i=1,...,n \quad (2.14)$$

Далее будет считать, что если потребитель i получает некоторое количество ресурса $x_i^* = \pi_i(s^*)$, то он всегда может, изменив заявку, получить любое меньшее количество. Наконец, примем, что с ростом количества ресурса, получаемое каждым потребителем, не уменьшается.

Рассмотрим сначала простой случай, когда функции эффекта - возрастающие функции количества ресурса. В этом случае цель каждого потребителя - получить максимальное количество ресурса, и ситуация равновесия Нэша определяется следующим образом:

$$x_i^* = \pi_i(s^*) = \max_j \pi_j[s^*(i), s_j], i=1,...,n$$

Как легко видеть, ситуация равновесия определяется только принятой процедурой распределения ресурса. В этом случае Центр может заранее вычислить распределение ресурса x^* в ситуации равновесия, а следовательно, и сразу распределить ресурсы соответствующим образом. Таким

образом, любой процедуре $\pi(s)$ можно поставить в соответствие директивное распределение ресурса Центром x_π^* , совпадающее с равновесием Нэша при процедуре $\pi(s)$, а значит, эквивалентное ей по эффективности. Заметим, что заявки $[s_i]$ при этом абсолютно не принимаются во внимание.

Полученная директивная процедура распределения ресурса формально является механизмом открытого управления. Это в определенной степени вырожденный механизм открытого управления, поскольку в условиях совершенного согласования множества $Q_i[s(i)]$ в данном случае состоят из одной точки x_π^* . Тем не менее элементам нет необходимости искажать заявки, т.е. сообщать $s_i \neq m_i$, поскольку эти заявки никак не учитываются при распределении ресурса. Итак, мы доказали простой, но важный факт. *При монотонных функциях эффекта для любой процедуры $\pi(s)$ найдется механизм открытого управления, дающий распределение ресурса, совпадающее с равновесным распределением при процедуре $\pi(s)$.*

Откажемся теперь от требования монотонности. Как определить ситуацию равновесия в этом случае? Примем сначала, что каждый потребитель ставит цель получить максимальное количество ресурса. Тогда, как и в предыдущем случае, установится некоторое равновесное распределение x^* . Если при этом $x_i^* \leq m_i$ для всех i , то это равновесие Нэша. Если же для некоторого подмножества P_1 имеет место $x_i^* > m_i$, то каждый потребитель $i \in P_1$ может получить ровно m_i в силу указанных выше свойств процедуры $\pi(s)$. При этом количество ресурса для остальных потребителей $Q_1 I - P_1$ увеличится:

$$R_1 = R - \sum_{i \in P_1} m_i > R - \sum_{i \in P_1} x_i^*$$

Определим ситуацию равновесия $x^*(R_1)$ для потребителей Q_1 , полагая, что каждый из них желает получить максимальное

количество ресурса. Заметим, что $x_i^*(R_i) \geq x_i^*$, $i \in Q_1$. Продолжая таким образом, получим ситуацию равновесия. Она выглядит следующим образом. Все множество потребителей разбивается на два множества: P и Q . Подмножество P - это приоритетные потребители (возможно, $P = \emptyset$). Они получают столько ресурса, сколько заказали. Остальные потребители (неприоритетные) получают определенное количество ресурса $x_i^* < s_i$, $i \in Q$, $\sum_{i \in Q_1} x_i^* = R - \sum_{i \in P} s_i$

независимо от заказанного количества.

Как видите, здесь мы сталкиваемся с диктатом двойного рода. С одной стороны, диктат приоритетных потребителей по отношению к Центру, который должен обеспечить их заявки полностью. С другой стороны, диктат Центра по отношению к неприоритетным потребителям, который выделяет им ресурс, не считаясь с заявками. Можно ли сразу получить это равновесное распределение? Безусловно, достаточно выделить множество P приоритетных потребителей и определить распределение ресурсов среди приоритетных. Покажем, что полученный механизм также является механизмом открытого управления. Действительно, приоритетным потребителям нет необходимости искажать заявку, так как они получают все, что просят. Неприоритетным потребителям искажение заявки также не поможет, так как их заявка не учитывается при распределении ресурса. Итак, мы получили следующий результат.

Теорема 2.6. *Для любой процедуры распределения ресурса существует механизм открытого управления той же эффективности.*

Из теоремы следует, что поиск оптимальных механизмов распределения ресурсов достаточно ограничить множеством механизмов открытого управления.

Пример 2.5. Пусть $\phi_i(x_i, m_i) = 2(x_i m_i)^{1/2} - x_i$, где $m_i \in [d, D]$. С точки зрения Центра, все потребители одинаковы, поэтому на первом шаге он делит ресурс поровну: $x_i^1 = R/n$, $i=1, \dots, n$. Множество P_1 приоритетных потребителей на первом шаге образуют те потребители, заявки которых не превышают R/n . На втором шаге все приоритетные потребители получают $x_i^2 = m_i$, а остальные $x_i^2 = (R - \sum_{i \in P_1} m_i) / (n - n_1)$, где n_1 - число приоритетных потребителей. Если $x_i^2 \geq m_i$, то соответствующие потребители добавляются к множеству приоритетных и процедура повторяется.

Пусть, например, $n = 5$, $R = 3$, $m_1 = 2$, $m_2 = 4$, $m_3 = 5$, $m_4 = 7$, $m_5 = 9$. На первом шаге $x_i^1 = 20/5 = 4$ и определяются два приоритетных потребителя - первый и второй. На втором шаге для неприоритетных потребителей имеем $x_i^2 = (23-6)/3 = 5 \frac{2}{3}$. В число приоритетных попадает и третий потребитель.

Окончательно получаем распределение ресурсов:

$$x_1 = 2, x_2 = 4, x_3 = 5, x_4 = 6, x_5 = 6$$

Причем первые три потребителя являются приоритетными, а последние два - неприоритетными.

2.6. Коллективное принятие решений

Экспертные оценки. Рассмотрим еще одну задачу, в которой оптимальным также оказывается механизм открытого управления. Речь пойдет об оценке группой экспертов некоторого параметра (например, объема финансирования крупного проекта). Каждый эксперт имеет свое мнение о требуемой сумме финансирования (эксперт может представлять, например, заинтересованное ведомство) и, естественно, заинтересован в том, чтобы результирующая оценка совпала с его истинным мнением.

Обозначим: r_i истинное мнение i -го эксперта, s_i -сообщаемая им оценка, $x = \pi(s)$ -процедура получения итоговой оценки (механизм экспертизы). Примем, что эксперты могут сообщать любые оценки $s \in [d, D]$. Заинтересованность эксперта в совпадении итоговой оценки с его истинной отразим как стремление к минимизации функции

$$\varphi_i(x, r_i) = |x - r_i| \rightarrow \min_{x_i}$$

Соответственно в качестве решения соответствующей игры примем ситуацию равновесия Нэша, т.е. ситуацию s^* , такую, что

$$|\pi(s^*) - r_i| = \min_{s_i \in [d, D]} |\pi[s^*(i), s_i] - r_i|, \quad i = 1, \dots, n$$

Естественным свойством процедуры $\pi(s)$ является монотонность по оценкам s_i . Кроме того, если оценки всех элементов совпали ($s_i = a$), то естественно принять $\pi(a) = a$. Имея в виду эти свойства, проведем исследование ситуации равновесия. Из монотонности по оценкам, в частности, следует:

$$\text{если } x^* = \pi(s^*) < r_i, \quad \text{то } s_i^* = D,$$

$$\text{если } x^* = \pi(s^*) > r_i, \quad \text{то } s_i^* = d,$$

$$\text{если } d < s_i^* < D, \quad \text{то } x^* = r_i.$$

Пусть r_i пронумерованы по возрастанию, т.е. $r_1 \leq r_2 \leq \dots \leq r_n$. Определим $(n-1)$ число w_i следующим образом. Положим $s_j = d, j = 1+i, s_j = D, j = 1+1, \dots, n$ и найдем

$$w_i = \pi \left(\underbrace{d, d, \dots, d}_i, \underbrace{D, D, \dots, D}_{n-i} \right), \quad i = 1, \dots, n$$

Заметим, что $D \geq w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_{n-1} \geq d$. Итоговая оценка в ситуации равновесия определяется теперь следующим образом:

$$x^* = \max_{1 \leq i \leq n} \min(r_i, w_{i-1}), w_0 = D \quad (2.15)$$

Предоставляем читателям самостоятельно получить эту формулу.

Таким образом, определив по заданной процедуре $\pi(s)$ числа $\{w_i\}$ и $\{r_i\}$, мы можем определить равновесную итоговую оценку. Но мы не знаем истинных оценок $\{r_i\}$. Что получится если вместо r_i воспользоваться полученными от экспертов оценками s_i ? Конечно, сначала их нужно упорядочить по возрастанию и для этого упорядочения найти соответствующие числа $\{w_i\}$. Оказывается, что такая процедура получения итоговой оценки является механизмом открытого управления. Строгое доказательство этого факта несколько громоздко, и мы не будем его здесь приводить. А если так, то итоговая оценка в точности совпадает с (2.15), так как каждый эксперт будет сообщать свое истинное мнение. Таким образом, в данном случае, как и в случае задачи распределения ресурсов для любой процедуры, существует механизм открытого управления, дающий ту же итоговую оценку и в этом смысле эквивалентный исходной процедуре.

Интересно отметить, что и в данном случае мы сталкиваемся с проявлением диктата (точнее относительно диктата). Действительно нетрудно показать, что если $w_i \leq r_i \leq w_{i-1}$, то эксперт i является диктатором, т.е. его оценка определяет итоговую. С другой стороны, если для всех i либо $r_i < w_i$, либо $r_i > w_{i-1}$, то диктатором является Центр, поскольку итоговой оценкой окажется одно из чисел w_i . Таким образом, любой механизм открытого управления задается путем определения чисел $w(Q)$ для всех подмножеств Q экспертов ($w(\emptyset) = D, w(I) = d$). При этом, если $Q_1 \subset Q_2$, то $w(Q_1) \geq w(Q_2)$.

В общем случае механизм открытого управления определяется 2^n числами $w(Q)$. Представление любого механизма открытого управления в указанном виде позволяет

ставить и решать задачи определения оптимального механизма, как задачи математического программирования.

Приведем пример такой задачи. Пусть задана некоторая базовая процедура, например $x = \frac{1}{n} \sum_i s_i$, (в качестве итоговой берется средняя оценка). Эта оценка считается наиболее объективным отражением общего мнения при условии, что все эксперты сообщают свои истинные оценки. Теперь мы можем сравнить итоговую оценку, получаемую на основе механизма открытого управления, с базовой процедурой и оценить погрешность:

$$\Delta = \max_{d \leq r \leq D} \left| \pi^{o,y}(r) - \frac{1}{n} \sum_i r_i \right|$$

Поставим задачу определить механизм открытого управления, дающий результат, наиболее близкий к оценке базовой процедуры, т.е. механизм для которого Δ минимальна. Поскольку базовая процедура симметрична относительно экспертов, соответствующий механизм открытого управления также оказывается симметричным и определяется всего $(n-1)$ числом w_i^0 :

$$w_i^0 = D - i(d-d)/n, i=1, \dots, n-1,$$

что соответствует делению шкалы оценок $[d, D]$ на n равных отрезков. Этот пример является одним из немногих случаев точного решения задачи синтеза оптимального механизма управления в системе с несколькими активными элементами.

Гипотеза слабого влияния. Приведенные примеры механизмов открытого управления могут породить определенный пессимизм в связи с явным проявлением диктата - либо со стороны Центра, либо со стороны элементов. Особенно нежелателен, конечно, диктат со стороны Центра, что по существу означает возврат к административно-командной системе. Однако положение оказывается не столь плохим. Дело в том, что в реальных организационных

(особенно экономических) механизмах существуют управленческие параметры (цены, нормативы, налоговые ставки и т.д.), устанавливаемые Центром, но являющиеся общими (едиными) для всех или, во всяком случае, для большой группы элементов. Мы сталкивались с такими параметрами при изучении приоритетных и конкурсных механизмов при обсуждении вопросов централизации и децентрализации управления, Главное здесь в том, что, хотя эти параметры устанавливаются в зависимости от информации, получаемой от элементов, влияние отдельного элемента на изменение управляющих параметров пренебрежимо мало. Отсюда и следует *гипотеза слабого влияния*, согласно которой элементы, сообщая информацию z , не учитывают ее влияния на указанные параметры управления.

Выделим эти параметры в особую группу планируемых показателей и обозначим λ . Соответственно целевые функции элементов запишем в виде $f_i(\lambda, x_i, y_i)$ и $\phi_i(\lambda, x_i, r_i)$, целевую функцию центра - $\Phi(\lambda, x, y)$, а ее гарантированное значение на множестве возможных выборов элементов - $\Psi(\lambda, x, r)$. Ограничимся рассмотрением механизмов управления следующего вида: $\lambda = \eta(s), x_i = \pi_i(\lambda, s_i), i = 1, \dots, n$. Их особенность в том, что план i -го элемента определяется общим управлением λ и оценкой i -го элемента. Обозначим $Q_i(\lambda) = \bigcup_{s_i \in Q_i} \pi_i(\lambda, s_i)$. Теперь можно сформулировать теоремы, аналогичные теоремам 2.4 и 2.5.

Теорема 2.7. *Для того, чтобы механизм $(\eta(s), \pi(\lambda s))$ был механизмом открытого управления, необходимо и достаточно выполнение условий совершенного согласования:*

$$\phi_i \left[\lambda, p_i(\lambda, s_i), s_i \right] = \max_{z \in Q_i(\lambda)} \phi_i(\lambda, Z, s_i)$$

Теорема 2.8. Для любого механизма (η, π) существует механизм открытого управления не меньшей эффективности.

Доказательство этих теорем проводится по аналогии с доказательствами теорем 2.4 и 2.5.

Таким образом, введение управляющих параметров, слабо зависящих от поведения отдельного предприятия, организации, фирмы, позволяет получить эффективные механизмы согласования интересов.

Пример 2.6. Рассмотрим задачу распределения ресурсов с функциями эффекта

$$\varphi_i(\lambda, x_i, r_i) = 2(r_i x_i)^{1/2} - \lambda x_i - x_i,$$

где λ - цена ресурса. Определим максимум φ_i по x_i :

$$x_i^0 = r_i / (\lambda + 1)^2, \quad i = 1, \dots, n$$

Рассмотрим механизм распределения ресурса

$$\pi_i(\lambda, s_i) = s_i / (\lambda + 1)^2, \quad i = 1, \dots, n$$

Цену λ определим из условия ограниченности ресурса

$$\sum_{i=1}^n \frac{s_i}{(\lambda + 1)^2} = R,$$

или

$$\lambda = \left(\frac{S}{R} \right)^{1/2} - 1, \quad S = \sum_{i=1}^n s_i$$

Очевидно, это механизм открытого управления, если принять гипотезу слабого влияния. Поэтому все элементы будут сообщать достоверные заявки на ресурс $s_i^* = r_i$. А в этом случае распределение ресурса

$$x_i^* = \frac{r_i}{H} R, \quad i = 1, \dots, n, \quad H = \sum_{i=1}^n r_i$$

является оптимальным по критерию суммарного эффекта.

Еще раз проведем аналогию между рыночным механизмом и рассмотренными механизмами открытого управления, которую мы уже обсуждали в разд. 1.8. Основным предположением в моделях конкурентного (рыночного) равновесия является предположение о слабом влиянии отдельных хозяйственных организаций на рыночные цены, играющее ту же роль, что и гипотеза слабого влияния в механизмах открытого управления. Поэтому любому рыночному механизму можно поставить в соответствие эквивалентный ему по эффективности директивный (административно-командный) механизм открытого управления. Собственно процедура “информационного рынка”, или итерационная процедура получения рыночного равновесия на основе обмена информацией между Центром и элементами, есть процедура определения плана и цен в соответствующем механизме открытого управления.

В свете сказанного еще раз подчеркнем простую, но важную мысль: *директивное управление не является само по себе плохим - плохим является его неумелое применение*, т.е. чисто волевое принятие решения без учета интересов тех, кому это решение выполнять. Об этом необходимо помнить и об этом необходимо говорить, чтобы увлечение рыночной экономикой не завело нас в другую крайность - к неустойчивому рынку с его анархией, кризисами, непредсказуемым развитием.

Согласованные механизмы управления. Рассмотрим некоторое множество X допустимых планов, и пусть для каждого x задано множество состояний $L(x)$, выбор которых желателен для системы при плане x .

О п р е д е л е н и е . *Механизм управления называется согласованным по выбору состояния, или L -согласованным, если для любого $x \in X$ имеет место $y \in L(x)$.*

Принимая условие независимого поведения элементов при выборе состояния, условие L -согласованности можно записать в виде

$$P(x) \subset L(x)$$

Если предположить благожелательное отношение элементов к Центру, т. е. выбор L -согласованного состояния, когда такое состояние имеется в $P(x)$, условие L -согласованности принимает вид

$$P(x) \cap L(x) = \emptyset$$

Примером L -согласованных механизмов являются механизмы, согласованные по выполнению плана ($L(x)=x$), или x -согласованные механизмы, подробно рассмотренные в предыдущей главе.

Другим примером является $L(x)=Y^{гл}$, т.е. требование выполнения глобальных ограничений. Наконец, отметим механизмы, согласованные по выполнению и перевыполнению плана ($L(x)=\{y: y \geq x\}$), и механизмы, согласованные по отклонению от плана ($L(x)=\{y: \|y-x\| \leq \Delta\}$) и др. Методы построения L -согласованных механизмов слабо разработаны, за исключением случая x -согласованных механизмов, для которых существует хорошо развитая теория.

2.7. Противозатратные механизмы ценообразования

Противозатратные и слабопротивозатратные механизмы. Это механизмы управления, стимулирующие снижение затрат (слабая противозатратность) и цен (противозатратность). В случае слабой противозатратности при снижении затрат растут экономические показатели, в увеличении которых заинтересован производитель. Это могут быть прибыль, доход, фонд оплаты труда и др. Соответственно механизм называют слабопротивозатратным по прибыли, доходу, фонду оплаты труда и др. Аналогично можно охарактеризовать противозатратные механизмы. Классическим примером

противозатратных механизмов является рыночный механизм конкуренции. Стремление к росту прибыли толкает производителей снижать затраты, а механизм конкуренции вынуждает при этом снижать цены. Однако в монопольном случае обычный рыночный механизм является только слабопротивозатратным и требуются специальные механизмы, побуждающие монополиста снижать цены. Такого типа механизмы регулируемого ценообразования исследуются в этом разделе.

Рассмотрим предприятие, выпускающее один или несколько видов продукции (продуктов). Каждый продукт характеризуется двумя величинами - *себестоимостью производства и эффектом в народном хозяйстве* (полезностью, техническим уровнем, качеством и т.д.), данным также в денежном выражении. На этих двух основных характеристиках продукта остановимся подробнее.

Себестоимость - это сумма всех видов затрат на производство единицы продукта. Укрупненно она состоит из затрат живого труда a и затрат привлеченного и овеществленного (прошлого) труда z (сюда мы включаем и перенесенную часть стоимости основных фондов). Себестоимость является основой определения цены C продукта, которая количественно выражает созданную стоимость. Эффект в народном хозяйстве (обществе) является оценкой потребительной стоимости продукта. То, что измерение созданной потребительной стоимости необходимо как для планирования, так и для оценки деятельности и стимулирования производственных коллективов, в настоящее время почти не вызывает сомнений. Проблема в другом - как измерить потребительную стоимость.

Здесь имеются и принципиальные, и технические трудности. К принципиальным обычно относят несравнимость (несоизмеримость) различных потребительных стоимостей (воздух, пища, искусство, оборона и т.д.). Да это так:

различные потребительные стоимости несоизмеримы (потребности общества носят векторный характер). Однако приращение потребительных стоимостей, или, иначе говоря, массы потребительных стоимостей, уже можно и нужно соизмерять - во всяком случае, общество (потребители) обязано это делать, принимая решение о распределении ограниченных средств (например, государственного бюджета) с целью увеличения массы потребительных стоимостей.

Один из реальных путей - предоставить право оценки потребительной стоимости непосредственно потребителям. Так, например, предприятие предлагает потребителям новый станок, имеющий больший срок службы, большую надежность и более высокую производительность. Потребитель может определить, что, во-первых, ему потребуется меньше станков (поскольку каждый служит больший срок), во-вторых, уменьшатся потери от простоев (станок реже выходит из строя) и, в-третьих, возрастет производительность труда. С учетом всего этого потребитель считает, что новый станок эффективнее старого, скажем, в 3 раза. Поэтому, если станок не более чем в 3 раза дороже старого, то потребитель, по-видимому, его приобретет.

Конечно, оценить эффект от новой продукции в ряде случаев непросто. Например, как оценить эффект от нового рентгеновского аппарата? Разумеется, это сложно. Однако, оценив ряд характеристик этого аппарата (удобство в обращении, время обследования больного, надежность диагностики заболеваний и т. п.), можно на основе заключений опытных врачей-экспертов сделать вывод о сравнительной эффективности его применения и определить на основе этого максимальную цену нового аппарата. Во всяком случае, для рассматриваемых ниже моделей мы примем, что для каждого продукта потребитель (в роли потребителя могут выступать и государственные органы) может определить оценку полезности продукта (социально-экономического эффекта,

научно-технического уровня, качества и т.д.), отражающую его потребительную стоимость. Для определенности именно эту оценку будем называть эффектом и обозначать I .

Итак, каждый продукт в нашей модели имеет две характеристики - себестоимость производства $C = a + s$, определяемую производителем и эффект I , определяемый потребителем. Если не оговорено особо, будем предполагать, что величины C и I не зависят от объема выпуска продукции.

Условия противозатратности механизма ценообразования. Итак, имеется предприятие, выпускающее некоторый продукт себестоимостью C , который дает потребителю эффект I . Наша задача - установить цену Π продукта. Цена представляет собой сумму себестоимости C и прибыли π . Обычно при определении цены задается норматив ρ прибыли на тенге затрат (норматив рентабельности). В этом случае $\pi = \rho C$ и цена

$$\Pi = (1 + \rho)C \quad (2.16)$$

Если y -объем выпуска продукта в натуральном выражении, то выпуск в денежном выражении составит

$$P = \Pi y = (C + \pi)y = Z + \Pi, \quad (2.17)$$

где P - валовый выпуск или объем товарной продукции (часть этого объема, отгруженная потребителям и оплаченная ими, называется объемом реализованной продукции), Z - затраты на выпуск продукта, Π - прибыль предприятия. Далее мы будем предполагать, что объем реализованной продукции равен объему товарной продукции P , т.е. вся производственная продукция реализована потребителям. Полученная прибыль распределяется между государством и предприятием. В первую очередь предприятие производит отчисления от прибыли в бюджет, расплачивается с банком за кредит. Далее образуются фонд развития производства, фонд социального развития и фонд оплаты труда.

Рассмотрим пути построения противозатратного механизма (по прибыли). Ясно, что при уменьшении себестоимости и росте потребительских свойств прибыль

должна увеличиваться. Поскольку $\pi = \rho C$, единственный путь достижения этого - поставить норматив рентабельности в зависимость от себестоимости C и эффекта I , причем таким образом, чтобы ρ увеличивалось при уменьшении C и увеличении I . Для этого введем новый показатель

$$\Xi = I/C \quad (2.18)$$

и назовем его *эффективностью продукта* (фактически это эффект у потребителя на тенге затрат у производителя). Очевидно, что с ростом эффективности норматив рентабельности ρ должен увеличиваться. Однако этого мало. Для того чтобы механизм ценообразования был противозатратным, необходимо, чтобы прибыль $\pi = \rho(\Xi)C$ была убывающей функцией затрат (чем меньше затраты, тем больше прибыль). С другой стороны, цена $\Pi = (1 + \rho)C$ должна быть возрастающей функцией затрат (чем меньше затраты, тем меньше цена).

Из первого условия получаем

$$\frac{d\pi}{dC} = \frac{d}{dC} \left[r \left(\frac{I}{C} \right) C \right] = r(\Xi) - \Xi \frac{dr}{d\Xi} < 0,$$

а из второго

$$\frac{d\Pi}{dC} = \frac{d}{dC} [(1 + \rho(\Xi))C] = 1 + \rho(\Xi) - \Xi \frac{d\rho}{d\Xi} > 0$$

Оба неравенства можно записать в следующем виде:

$$0 < \Xi \frac{d\rho}{d\Xi} - \rho < 1 \quad (2.19)$$

Если обозначить $\Xi \frac{d\rho}{d\Xi} - \rho = h(\Xi)$, то неравенства (2.19) можно записать в форме дифференциального уравнения

$$\Xi \frac{d\rho}{d\Xi} - \rho(\Xi) = h(\Xi), \quad (2.20)$$

где $h(\varepsilon)$ - произвольная функция, принимающая значения в интервале $(0,1)$. Данное дифференциальное уравнение легко решается. Для этого перейдем к другой функции:

$$u(\varepsilon) = \frac{1}{\varepsilon} - \rho(\varepsilon), \rho(\varepsilon) = \varepsilon u(\varepsilon),$$

$$\frac{d\rho}{d\varepsilon} = u(\varepsilon) + \varepsilon \frac{du}{d\varepsilon}$$

Подставляя в (2.19), получаем

$$du/d\varepsilon = h(\varepsilon)/\varepsilon^2, u(\varepsilon) = \int_1^{\varepsilon} \frac{h(x)}{x^2} dx$$

Здесь мы воспользовались условием $\rho(1) = 0$. Смысл его заключается в том, что продукт, для которого эффект равен затратам, не дает прибыли. Таким образом, получаем общий вид зависимости $\rho(\varepsilon)$, обеспечивающий противозатратность (по прибыли) механизма ценообразования:

$$\rho(\varepsilon) = \varepsilon \int_1^{\varepsilon} \frac{h(x)}{x^2} dx \quad (2.21)$$

Пример 2.7. Пусть $h(\varepsilon) = k$, $0 < k < 1$. В этом простейшем случае имеем

$$\rho(\varepsilon) = \varepsilon \int_1^{\varepsilon} \frac{k}{x^2} dx = k(\varepsilon - 1)$$

Цена определяется выражением

$$Ц = ([1 + k(\varepsilon - 1)]C = (1 - k)C + k\varepsilon,$$

а прибыль

$$\pi = Ц - C = k(\varepsilon - C)$$

Легко видеть, что с уменьшением C цена также уменьшается, в то время как прибыль увеличивается. Заметим, что разность $(1 - C)$ определяет “чистую прибыль” в народном хозяйстве как разность эффекта у потребителя и затрат производителя. Часть k этой прибыли отдается предприятию как его прибыль, а остальная часть должна обеспечить рост

прибыли потребителя. Выбор зависимости $h(\varepsilon)$ производится из следующих соображений. Так как $d\pi/dC = -h(\varepsilon)$, а $d\Pi/dC = 1 - h(\varepsilon)$, то чем ближе $h(\varepsilon)$ к нулю, тем сильнее влияние уменьшения затрат на снижение цены и тем слабее - на рост прибыли. Наоборот, чем эта величина ближе к единице, тем слабее влияние уменьшения затрат на снижение цены, но тем сильнее - на рост прибыли предприятия. Чтобы обе тенденции были одинаково сильны, следует брать $h(\varepsilon) = 1/2$.

Возможна другая стратегия: при больших затратах (малой эффективности) естественно в первую очередь стимулировать предприятие к снижению затрат, для чего целесообразно $h(\varepsilon)$ брать ближе к единице. Наоборот, при большей эффективности естественно стимулировать снижение цен, для этого $h(\varepsilon)$ должна быть ближе к нулю. Таким требованиям удовлетворяет, например, зависимость $h(\varepsilon) = 1/\varepsilon$. В этом случае

$$\rho(\varepsilon) = \varepsilon \int_1^{\varepsilon} \frac{dx}{x^3} = \frac{1}{2} \left(\varepsilon - \frac{1}{\varepsilon} \right),$$

$$\Pi = C + \frac{1}{2} l (1 - C^2 / l^2),$$

$$\pi = \frac{1}{2} l (1 - C^2 / l^2)$$

В а ж н о е з а м е ч а н и е. Все предыдущие выводы имеют силу для плановой прибыли. Их ни в коей мере нельзя переносить на фактическую прибыль. Действительно, поскольку при росте планируемой себестоимости цена растет, фактическая прибыль $\hat{\pi} = \Pi - \hat{C}$ также растет. Для исключения этой тенденции, очевидно, отчисления от сверхплановой прибыли в бюджет должны быть больше, чем от плановой. Для получения необходимых соотношений введем μ -норматив отчислений в бюджет (ставка налога) от плановой прибыли, μ_c - норматив отчислений от сверхплановой прибыли. Прибыль

предприятия после отчислений в бюджет (остаточная прибыль) в случае $\hat{C} < C$ составит

$$(1 - \mu_c) p C + (1 - \mu_c) (C - \hat{C})$$

Условия противозатратности принимают вид

$$(1 - \mu_c) / (1 - \mu) < h(\Xi) < 1$$

Таким образом, противозатратные механизмы ценообразования работают только в условиях планирования прибыли, т.е. они применимы в основном для государственных предприятий. Конечно, плановая экономика и частная собственность в принципе вполне совместимы, как уже отмечалось выше. Вполне можно допустить, что прибыль, заявленная частным предприятием в начале периода (т.е. планируемая прибыль), облагается меньшим налогом, поскольку позволяет государству более обосновано осуществлять перспективное планирование бюджета.

2.8. Противозатратные механизмы налогообложения

Механизмы регулирования экономики. В условиях перехода к рыночной экономике государство осуществляет регулирование экономики, применяя различные механизмы (ценообразования, налогообложения, госзаказов и др.). Важнейшим из них является механизм налогообложения. С одной стороны, он должен быть достаточно "мягким", чтобы не снизить деловую активность и заинтересованность хозяйственных организаций в росте эффективности производства и уменьшения затрат, а с другой стороны, должен обеспечивать необходимые отчисления в бюджет, а также осуществлять антимонопольные функции (изымать сверхприбыль, стимулировать конкурентную борьбу). Рассмотрим класс налоговых механизмов, обладающих свойством противозатратности, т.е. стимулирующих рост качества (полезного эффекта) и снижение затрат (слабая

противозатратность), а также снижение цен даже в случае монопольного производства (противозатратность).

Виды налоговых систем. Существуют различные виды налоговых систем. Во-первых, налогом может облагаться прибыль или доход. Во-вторых, налоговая ставка может зависеть от какого-либо показателя. В качестве такого показателя может оказаться опять же прибыль или доход, удельный доход и т.д.

Ограничимся исследованием налоговых систем, в которых налогом облагается прибыль, а налоговая ставка зависит от рентабельности.

Система “прибыль-рентабельность”. Налогом облагается прибыль, а налоговая ставка растет (не уменьшается) с ростом рентабельности. Так как прибыль

$$\Pi = pC,$$

где p - рентабельность, $p = (Ц - C)/C$, $Ц$ - цена, а C - себестоимость, то налог

$$H = \mu(p)\Pi = \mu(p)pC, \quad (2.22)$$

где $\mu(p)$ - налоговая ставка. Остаточная прибыль

$$\Pi_0 = \Pi - H = [1 - \mu(p)]pC \quad (2.23)$$

В случае мягкой налоговой системы Π_0 -возрастающая функция цены, или, что то же самое -возрастающая функция рентабельности, так как $Ц = (1 + p)C$.

С другой стороны, Π_0 -убывающая функция себестоимости. Подставив $C = Ц/(1 + p)$ в (2.23), получим

$$\Pi_0 = [1 - \mu(p)] \frac{p}{1 + p} Ц \quad (2.24)$$

Очевидно, что если Π_0 - убывающая функция себестоимости, то (2.24) - возрастающая функция рентабельности. Заметим, что это требование является более сильным, чем требование возрастания по рентабельности выражения (2.23), так как если (2.24) - возрастающая функция p , то и (2.23) также

возрастающая функция ρ . Дифференцируя (2.24) по ρ , получаем следующее условие “мягкости” налоговой системы:

$$\rho(1+\rho)\frac{d\mu}{d\rho} + \mu \leq 1 \quad (2.25)$$

Получим общий вид мягких налоговых шкал. Для этого обозначим

$$h(\rho) = \mu(\rho) + \rho(1+\rho)\frac{d\mu}{d\rho} \quad (2.26)$$

и рассмотрим дифференциальное уравнение (2.26), где $h(\rho) \leq 1$.

Его решение

$$\mu(\rho) = \frac{1+\rho}{\rho} \int_0^{\rho} \frac{h(x)}{(1+x)^2} dx \quad (2.27)$$

Для того, чтобы мягкая налоговая система была прогрессивной, т.е. $\mu(\rho)$ была возрастающей функцией, необходимо дополнительное условие $\frac{d\mu}{d\rho} \geq 0$. Дифференцируя (2.27), получаем

$$\frac{d\mu}{d\rho} = -\frac{1}{\rho^2} \int_0^{\rho} \frac{h(x)}{(1+x)^2} dx + \frac{h(\rho)}{\rho(1+\rho)} \geq 0,$$

или учитывая (2.21),

$$\mu(\rho) \leq h(\rho) \quad (2.28)$$

Пользуясь отношениями (2.27), (2.28), можно проектировать мягкие прогрессивные налоговые шкалы, удовлетворяющие заданным требованиям.

Пример 2.8. Рассмотрим прогрессивную налоговую систему (рис.2.7):

$$\mu(\rho) = \begin{cases} K\rho, & \text{если } \rho \leq a, \\ K a, & \text{если } \rho > a \end{cases}$$

В каких случаях эта система является мягкой? Очевидно, в области $\rho > a$ это всегда имеет место, так как

$$h(\rho) = \mu(\rho) = K\alpha < 1$$

Если $\mu(\rho) = K\rho$, то

$$h(\rho) = K\rho(2+\rho) \leq 1$$

Необходимое и достаточное условие мягкости системы имеет вид

$$K\alpha(2+\alpha) \leq 1 \text{ или } \alpha \leq (1+1/K)^{1/2} - 1$$

Что произойдет, если это условие будет нарушено? Пусть, например, $K = 1/3$, $\alpha = 1,5$, $C = 1$. Найдем максимальное ρ , при котором условие мягкости еще выполняется. Решая уравнение

$$\rho_m = (2 + \rho_m) = 3,$$

получим $\rho_m = 1$. Таким образом, если цена, предлагаемая заказчиком, не превышает $\Pi = (1 + \rho_m) C = 2$, то налоговая система является мягкой. Разработчик выпускает продукцию с минимальной себестоимостью, и его остаточная прибыль составит

$$\Pi_0(\rho) = (1 - \frac{1}{3}\rho)\rho$$

при $\rho = 1$, $\Pi_0(1) = 2/3$

Если цена превысит $\Pi = 2$, условие мягкости нарушается. В этом случае разработчику целесообразно поддерживать оптимальный уровень рентабельности $\rho^* = 1$, увеличивая себестоимость с ростом цены заказчика по формуле

$$\tilde{C} = \Pi / (1 + \rho^*) = \Pi / 2$$

Остаточная прибыль при этом составляет

$$\Pi_0 = \frac{1}{3} \Pi$$

и растет линейно с ростом цены. Однако при цене $\Pi > (1 + \alpha)C = 2,5$ у разработчика появляется другая возможность. Если снова перейти на выпуск готовой продукции с минимальной себестоимостью $C = 1$, то рентабельность превысит уровень $\alpha = 1,5$ и налоговая ставка станет постоянной $\mu = K\alpha = 0,5$. В этом случае

$$\Pi_0 = (1 - \mu)\rho C = (1 - \mu)(\Pi - 1) = 0,5(\Pi - 1)$$

Очевидно, что если $0,5(\Pi-1)$ превысит $\frac{1}{3}\Pi$, то разработчику выгодно перейти на выпуск продукции с минимальной себестоимостью. Из уравнения

$$\frac{1}{3}\Pi = \frac{1}{2}(\Pi-1)$$

получаем граничную цену $\Pi^* = 3$.

Таким образом, при $\Pi > 3$ система снова работает как мягкая налоговая система. Изменения остаточной прибыли (одинарная линия) и себестоимости (двойная линия) в зависимости от цены заказчика показаны на рис.2.7. Обращаем внимание на резкое изменение экономической политики организации в области цен, близких к 3. Действительно, если объем работ Π организации в основном ожидается ниже чем 3 (но выше 2), следует придерживаться затратной стратегии, удерживая себестоимость на уровне $0,5\Pi$. Если же ожидается рост объема Π до уровня выше 3, то более выгодна стратегия снижения себестоимости до минимальной $C=1$. Такая неопределенность, безусловно, отрицательно отражается на организации, мешает ее устойчивой работе.

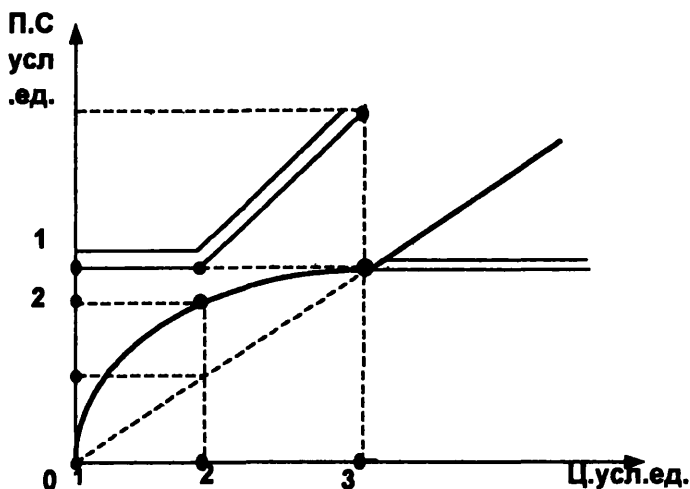


Рис. 2.7. Изменение прибыли и себестоимости в зависимости от

Кусочно-постоянная налоговая шкала. Распространенным вариантом налоговой системы является *кусочно-постоянная налоговая шкала*. Фиксируются уровни рентабельности $0 = \rho_0 < \rho_1 < \rho_2 < \dots < \rho_k$, и для каждого полуинтервала

$[\rho_{i-1}, \rho_i]$, $i = 1, \dots, k+1$ устанавливается ставка налога μ_i на

прибыль сверх рентабельности ρ_{i-1} . При этом

$\mu_1 < \mu_2 < \dots < \mu_{k+1}$. Получим условия слабой противозатратности системы такого вида для случая $k=1$. До уровня рентабельности ρ_1 ставка налога равна μ_1 , а при превышении этого уровня налог определяется суммой

$$H = \mu_1 \rho_1 C + \mu_2 (\rho - \rho_1) C$$

Пусть $\rho > \rho_1$ при минимальной стоимости C . У разработчика имеются два варианта действий. Он может не превышать уровня ρ_1 и платить налог по минимальной ставке μ_1 . Для этого необходимо завязать себестоимость до уровня

$$\tilde{C} = \frac{\Pi}{1 + \rho_1} = \frac{1 + \rho}{1 + \rho_1} C$$

Остаточная прибыль при этом

$$\Pi_0^1 = (1 - \mu_1) \frac{\rho_1}{1 + \rho_1} \Pi$$

Второй вариант состоит в выполнении разработки с минимальной себестоимостью C и выплатой налога по повышенной ставке. Остаточная прибыль при этом составит

$$\Pi_0^2 = (1 - \mu_1) \rho_1 C + (1 - \mu_2) (\rho - \rho_1) C,$$

где $\rho = (\Pi - C) / C$

В случае слабопротивозатратной налоговой системы должно быть $\Pi_0^2 \geq \Pi_0^1$. Исследуем поведение Π_0^2 как функции ρ с учетом того, что $C = \Pi / (1 + \rho)$. Дифференцируя по ρ , получаем

$$\frac{d\Pi_0^2}{d\rho} = \frac{(1-\mu_2)(1+\rho_1)-(1-\mu_1)\rho_1}{(1+\rho)^2}$$

Если $(1-\mu_2)(1+\rho_1)-(1-\mu_1)\rho_1 \geq 0$, то Π_0^2 - возрастающая функция ρ и неравенство $\Pi_0^2 \geq \Pi_0^1$ всегда выполняется. Если $(1-\mu_2)(1+\rho_1)-(1-\mu_1)\rho_1 < 0$, то Π_0^2 - убывающая функция ρ и неравенство не может выполняться, поскольку при $\rho=\rho_1$ $\Pi_0^2=\Pi_0^1$. Таким образом, необходимым условием системы является соотношение

$$(1-\mu_2)/(1-\mu_1) \geq \rho_1/(1+\rho_1),$$

или

$$\mu_2 \leq (1+\mu_1\rho_1)/(1+\rho_1)$$

Так, например, если $\rho_1=0,3$, $\mu_1=0,1$, то

$$\mu_2 \leq (1+0,3 \cdot 0,3)/1,3 = 1,03/1,3 = 0,8$$

Предоставляем читателю самостоятельно обобщить приведенные рассуждения на случай $k > 1$.

Противозатратная система налогообложения. Основная идея противозатратных налоговых систем заключается в том, чтобы создать два потока средств, изымаемых с предприятия. Первый - обычный поток в виде налога. Второй - возврат средств к заказчику в виде снижения цен. Если рассматривать суммарный поток изымаемых средств, то остаточный доход (или прибыль) меняются так же, как в случае слабопротивозатратности налоговой системы, что побуждает предприятие выполнять больший объем работ с меньшими затратами, однако наличие второго потока - возврат денег заказчикам - существенно отличает противозатратную налоговую систему от слабопротивозатратной, поскольку при уменьшении себестоимости уменьшается цена продукции.

Проще всего построить противозатратную налоговую систему на основе противозатратного механизма ценообразования, рассмотренного в предыдущем разделе. Для

этого достаточно уровень рентабельности $\rho(\Xi)$ принять в качестве предельного уровня. Вся прибыль сверх предельного уровня изымается в бюджет, и дополнительно предприятие штрафуются за превышение предельного уровня. В этом случае предприятию выгодно установить цену на уровне

$$Ц = (1 + \rho(\Xi))C$$

Таким образом, задача построения противозатратного (по прибыли) механизма налогообложения сводится к построению противозатратного механизма ценообразования.

2.9. Некоторые обобщения

Мы рассмотрели основные виды базовых механизмов на достаточно простых моделях оргсистемы. Это двухуровневые, детерминированные, статические системы. Реальные системы имеют как правило, многоуровневую (иерархическую) структуру, изменяются во времени, при их описании приходится учитывать много случайных и неопределенных факторов. Все это, конечно, усложняет описание, и исследование механизмов управления.

Учет неопределенных и случайных факторов. Говоря о неопределенных и случайных факторах при описании и исследовании оргсистем, мы имеем в виду неполную информированность элементов системы о множестве возможных состояний и механизме управления. Выше предполагалось, что каждый элемент знает точно множество возможных состояний, свою целевую функцию и механизм управления. Это, конечно, не означает, что элемент принимает решения в условиях полной информированности, поскольку он не имеет полной информации о других элементах. Поэтому нам пришлось вводить определенные гипотезы, устраняющие эту неопределенность (гипотеза независимого поведения, принцип гарантированного результата, равновесие Нэша и др.).

Различные приемы устранения неопределенности и случайности применяются и в случае, если элемент знает свое множество возможных состояний и свою целевую функцию с точностью до неопределенных и случайных факторов. Как правило, это операция усреднения (случайные факторы) или нахождения гарантированного результата (максимума или минимума) в случае неопределенных факторов. Сложность исследования механизмов управления в этих случаях, конечно, возрастает. Возникают и принципиальные проблемы. Так, при наличии случайных или неопределенных факторов понятие точного выполнения плана становится неопределенным. Соответственно неопределенным становится и понятие согласованных механизмов. Для обобщения этих понятий на системы с неопределенными случайными факторами применяют следующий подход.

План считают согласованным по выполнению, если он согласован при любом значении неопределенного или случайного фактора (*принцип гарантированного согласования*). Аналогично можно обобщить и понятие механизма, согласованного по выбору состояния.

Сходная проблема возникает с понятием достоверности информации и соответственно с понятием механизмов открытого управления. Что считать достоверной информацией в случае неопределенных или случайных факторов? Один из подходов связать с пониманием достоверности представляемой информации как заинтересованности элемента в сообщении Центру всего, что он сам знает. Так, если область неопределенности или функция распределения тех или иных параметров описаны параметрически, то механизм открытого управления можно определить как механизм, при котором сообщение достоверных значений этих параметров является доминантной стратегией каждого элемента. В этом случае многие результаты, полученные для детерминированного

случая, и можно обобщить на случай неопределенных или случайных факторов.

Если значение неопределенного или случайного фактора становится известным на этапе реализации (т.е. неопределенность или случайность присутствует лишь на этапе планирования), применяют принцип гибкого плана. Идея заключается в том, что на этапе планирования определяют только саму процедуру $\pi(s)$, а конкретное значение плана определяют непосредственно на этапе реализации, когда элементу становятся известны значения соответствующих параметров. Применение принципа гибкого плана позволяет также обобщить многие результаты, полученные для детерминированного случая.

Динамические системы. Наиболее распространенный прием исследования динамических систем основан на их описании с помощью *статических* (детерминированных) параметров. Например, оргсистемы описывают системой дифференциальных или разностных уравнений, заданных в параметрическом виде, где параметры уже не зависят от времени. Если эти параметры известны элементам и план на весь рассматриваемый интервал из T периодов функционирования (плановая траектория $x=\pi(s,t)$, $t \in [0, T]$) определяется в начальном периоде (такое управление называется программным), то задача выбора механизма управления сводится статическому случаю в расширенном пространстве состояний.

Если применяют управление с обратной связью, когда план в периоде t определяют на основе планов и состояний в предыдущие периоды, то задача выбора механизма управления требует уже иного подхода. Такие механизмы называют *адаптивными*, поскольку план системы в периоде t корректируется в зависимости от предыстории, можно сказать, адаптируется к изменяющимся условиям. При исследовании адаптивных механизмов необходимо учитывать дальню-

видность активных элементов, т.е. учет влияния состояния, выбираемого в данном периоде, на планы будущих периодов.

Важным требованием к адаптивным механизмам является условие их прогрессивности. В содержательном плане условие прогрессивности механизма управления, означает, что активный элемент выбирает состояние в данном периоде, максимизируя свою целевую функцию в данном периоде на всем множестве возможных состояний, не боясь, что это приведет к невыгодным планам в будущем периоде. Примером непрогрессивного механизма является монопольный рыночный механизм, когда рост выпуска (а значит, прибыли) сегодня приводит к падению цены (а значит, прибыли) завтра. В случае прогрессивных механизмов элемент заинтересован в максимальном использовании возможностей данного периода.

Анализ поведения элементов в каждом периоде функционирования в этом случае проводят, как и в случае встречного способа сообщения информации, на основе гипотезы независимого поведения. Заметим, что прогрессивные адаптивные механизмы управления являются аналогом механизмов открытого управления при встречном способе формирования данных. Действительно, они заинтересовывают элемент в выборе состояния на всем множестве возможных состояний и тем самым дают возможность Центру получить достоверную информацию об этом множестве и использовать ее для определения планов будущего периода.

Иерархические системы. Мы уже отмечали, что исследование иерархических систем производят, как правило, на основе описания и анализа их двухуровневых блоков, состоящих из выделенной подсистемы и непосредственно подчиненных ей подсистем (элементов) нижнего уровня. Описание и анализ начинают с нижних уровней, поскольку описание активных элементов нижнего уровня задано.

Рассмотрим отдельный блок, состоящий из подсистемы и подчиненных ей элементов. Пусть P - множество возможных состояний, которые могут быть выбраны элементами этого блока. Состояние подсистемы (как элемента блока более высокого уровня), как правило, описывается существенно меньшим числом показателей, чем совокупное число показателей подчиненных ей элементов.

Обозначим $z = \theta(y)$ как состояние подсистемы, полученное на основе агрегирования состояния y , тогда $Z = \{z = \theta(y) : y \in P\}$ - множество возможных состояний подсистемы. Теперь мы можем рассмотреть подсистему как обычный элемент с множеством возможных состояний Z . Естественно считать, что и целевая функция подсистемы зависит от ее состояния z и плана w , устанавливаемого подсистемой более высокого уровня, т.е. $\Phi_n = \Phi(w, z)$, где

$w = \theta(x)$. Целевая функция подсистемы как элемента системы более высокого уровня и целевая функция подсистемы как Центра, естественно, связаны соотношением

$$\Phi(x, y) = \Phi_n(\theta(x), \theta(y))$$

При параметрическом описании множества возможных состояний подсистемы $Z(q)$, где q - параметр, как правило, также производят агрегирование, но уже по параметрам. Конечно, это приводит к определенной ошибке за счет агрегирования, но существенно упрощает описание множества возможных состояний.

Получив описание подсистемы как элемента, мы можем рассмотреть следующий блок более высокого уровня. Продолжая таким образом, можно описать и проанализировать все блоки. Заметим, что анализ иерархической системы следует проводить в обратном порядке - сверху вниз. Сначала анализируют механизм управления блока, состоящего из Центра высшего уровня и подчиненных ему подсистем, затем

следующего и продолжают анализ вплоть до блоков нижнего уровня.

При исследовании иерархических систем еще более выпукло проявляются преимущества правильных механизмов управления. Действительно, уверенность в достоверности информации и в выполнении планов на всех уровнях позволяет достаточно точно описать множества возможных состояний подсистем любых уровней как агрегаты множества согласованных планов подчиненных подсистем. С другой стороны, искажение информации, накапливаясь от уровня к уровню, приводит к тому, что на верхних уровнях управления теряется всякое представление об истинном положении дел, а невыполнение планов фактически приводит к неуправляемости элементов нижнего уровня со стороны Центра верхнего уровня.

3. ОПИСАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

3.1. Производственная система

Рассмотрим промышленное предприятие, состоящее из n основных цехов и выпускающее m видов продукции. На рис.3.1. приведен пример производственно-технологической карты маршрутов продукции от сырьевого материала до готовой продукции (выделены заготовительный цех №1 и сборочный цех № n) без учета влияния вспомогательных цехов. Пусть в начале производства на складе имеются различные сырьевые материалы, которые поступают в производственный цех № 1 (заготовительный цех). Из цеха №1 обработанные заготовки-полуфабрикаты j -го вида передаются в другие производственные цехи для дальнейшей обработки. В зависимости от технологии изготовления полуфабрикаты j -го вида могут обрабатываться в различных производственных цехах и передаваться от одного цеха в другой, т.е. могут иметь различные маршруты движения между производственными цехами. Далее продукция из всех предыдущих производственных цехов передается в производственный цех № n (сборочный цех), откуда в виде готовой продукции поступает на склад готовой продукции [5].

Данная структурная схема (рис.3.1) описывает основные производственные процессы не только на предприятиях машиностроения или приборостроения, но и на предприятиях других отраслей промышленности. Например, в металлургии, цех № 1 может быть доменным цехом, промежуточные $(2+(n-1))$ производственные цеха - сталеплавильными цехами, а цех № n - прокатным станом. В дальнейшем полуфабрикаты, выпускаемые i -ым цехом и используемые далее для производства продукции j -го вида, будем называть промежуточной продукцией j -го вида i -го цеха или просто продукцией j -го вида i -го цеха. Заметим, что данный цех может выпускать различные виды

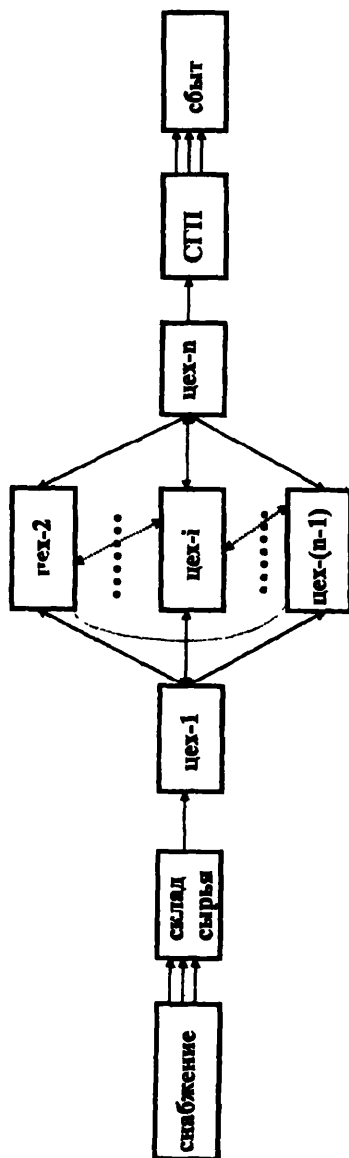


Рис.3.1

промежуточных продуктов, необходимые для изготовления продукции j -го вида. Для упрощения описания модели будем считать, что выпуск промежуточных продуктов производится в комплекте (в необходимых пропорциях) и объем выпущенной продукции j -го вида i -го цеха будем определять в единицах комплектов.

Обозначим y_{ij} - количество продукции j -го вида i -го цеха, t_{ij} - трудоемкость обработки продукции j -го вида в i -ом цехе, T_i - реальный фонд времени i -го цеха в течение планируемого периода. Тогда ограничения на возможные выпуски продукции в цехе i имеют вид

$$\sum_{j=1}^m t_{ij} y_{ij} \leq T_i, \quad i=1 \div n \quad (3.1)$$

Для того, чтобы отразить производственные связи между цехами (рис.3.1,3.2 и 3.3) обозначим $\frac{1}{\beta_{kj}^j}$ количество продукции k -го цеха, необходимое для выпуска i -ым цехом единицы продукции j -го вида, Q_{ij} - множество цехов, снабжающих i -ый цех промежуточной продукцией j -го вида. Тогда для выпуска y_{ij} единиц продукции j -го вида цеху i необходимо $\frac{1}{\beta_{kj}^j} y_{ij}$ продукции j -го вида k -го цеха.

Следовательно,

$$y_{ij} \leq \beta_{kj}^j (y_{kj} + y_{kj}^*), \quad k \in Q_{ij}, \quad (3.2)$$

где y_{kj}^* - запас продукции j -го вида в k -ом цехе в начале периода.



Рис.3.2

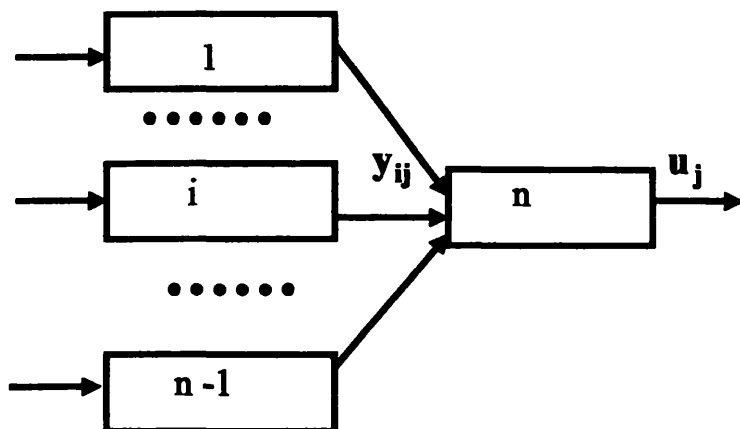


Рис. 3.3

Другими словами, при заданных y_{kj} и y_{kj}^* максимально возможный выпуск продукции j -го вида i -го цеха равен

$$y_{ij} = \min_k \beta_{kj}^j (y_{kj}^* + y_{kj}); \quad j=1 \div m \quad (3.3)$$

Поскольку цех n является конечным и выпускает готовую продукцию, то количество u_j готовой продукции j -го вида равно $u_j = y_{nj}$. Важной характеристикой работы цеха являются затраты z_i на выпуск продукции. Будем считать известным параметрический вид зависимости $\phi_i(y_i, r_i)$ затрат

от вектор-выпуска y_i , где r_i -параметры, которые будем называть коэффициентами затрат.

В линейных моделях

$$z_i = \varphi_i(y_i, r_i) = \sum_{j=1}^m r_{ij} y_{ij} \quad (3.4)$$

З а м е ч а н и е . Ограничения (3.1) можно учесть в функции затрат, положив затраты $z_i = \infty$, если нарушены ограничения (3.1). Более того, на практике ограничения (3.1) не являются жесткими (можно увеличить фонд рабочего времени за счет сверхурочных работ и т.д.), что, конечно, приводит к увеличению затрат. Имея это в виду, в теоретических исследованиях мы в ряде случаев будем рассматривать только функцию затрат без ограничений (3.1). Введем управляющие переменные λ_{ij} , которые часто интерпретируются как "внутризаводские цены" или "внутрифирменные цены" продукции. Пользуясь введенными управляющими переменными можно определить основные показатели работы цеха: объем реализации

$$P_i = \sum_{j=1}^m \lambda_{ij} y_{ij}, \quad (3.5)$$

прибыль

$$\Pi_i = P_i - \varphi_i(y_i, r_i), \quad (3.6)$$

на основе которых вместе с рядом других показателей (уровень рентабельности, ритмичность работы, производительность труда и т.д.), производится премирование цеха.

Обозначим x_{ij} -план i -го цеха по выпуску продукции j -го вида.

В ряде случаев необходимым условием премирования является выполнение плана по всем видам продукции, т.е.

$$y_{ij} \geq x_{ij}, \quad j=1+m \quad (3.7)$$

Это весьма жесткое условие. Как правило, необходимым условием премирования является выполнение плана по объему реализации и прибыли, а также плана выпуска по основным видам продукции.

Для определения целевой функции производственной системы в целом обозначим c_j цену готовой продукции j -го вида. Тогда

$$P = \sum_{j=1}^m c_j u_j \quad (3.8)$$

объем реализации системы, а

$$\Pi = P - \sum_{i=1}^n \varphi_i(y_i, r_i) \quad (3.9)$$

прибыль системы. Как правило, в качестве целевой функции системы в целом мы будем рассматривать прибыль, либо линейную комбинацию прибыли и объема реализации.

3.2. Транспортная система

Рассмотрим транспортную систему, специализированную для перевозки однородного груза (например, контейнеры, пшеница, уголь и т.д.) и состоящую из m видов транспорта (железнодорожный, морской, речной, автомобильный, воздушный). Управление деятельностью системы осуществляется из общетранспортного координационного центра [6÷10]. Пусть задана транспортная сеть $G(A,N)$, представляющая совокупность путей сообщения всех видов транспорта и транспортных узлов (рис.3.4), где A - множество узлов (вершин) сети, а N - множество дуг (путей сообщения). Узлы (вершины) сети пронумерованы индексами $i, j = 1, 2, \dots, n$. Наличие нескольких видов транспорта приводит к тому, что множество N распадается на совокупность отдельных подмножеств N_p , в пределах которых используется определенный p вид транспорта, $N_p \subset N$, $p = 1 \div m$ (на рис.3.4 каждый вид транспорта показан одинаковыми стрелками).

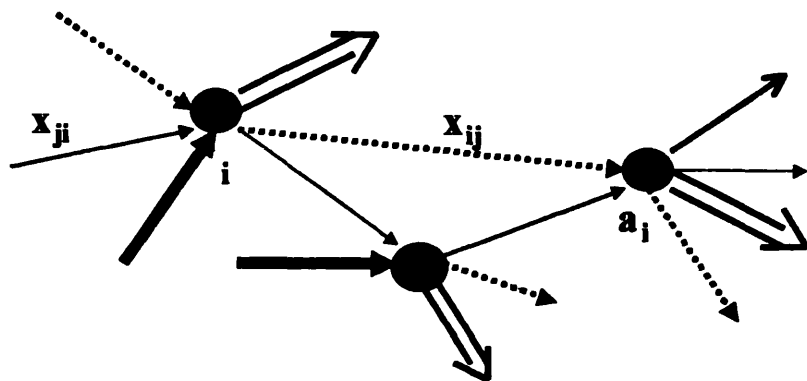


Рис.3.4

Сеть $G(A, N)$ характеризуется следующими параметрами: r_{ij} - затраты на перевозку единицы груза определенным видом транспорта по дуге $(i, j) \in N$; T_{ij} - пропускная способность дуги (пути сообщения транспорта) $(i, j) \in N$; x_{ij} - количество груза, которое должно быть перевезено по дуге $(i, j) \in N$; совокупность $x = \{x_{ij} : (i, j) \in N\}$ образует план перевозок. Обозначим a_i - количество груза, которое должно быть вывезено (завезено) из i -го пункта:

$$a_i = \begin{cases} a_i > 0, & \text{если } i \text{ пункт производства (отправления)} \\ a_i = 0, & \text{если } i \text{ промежуточный узел;} \\ a_i < 0, & \text{если } i \text{ пункт потребления (назначения)} \end{cases}$$

Для описываемой системы имеют место следующие условия

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} - \sum_{j=1}^n x_{ji} = a_i, \quad i \in A \quad (3.10)$$

Пропускная способность каждого пути сообщения ограничена

$$0 \leq x_{ij} \leq T_{ij}, \quad (i, j) \in N \quad (3.11)$$

Кроме того, возможны ограничения на пропускную способность узла по каждому виду транспорта.

Рассмотрим несколько важных частных случаев. Если транспортная сеть имеет вид (рис.3.5), то ограничения (3.10) можно записать в виде

$$\sum_{\rho=1}^m x_{\rho j} = b_j, \quad j=1 \div k \quad (3.12)$$

b_j - потребность j -го пункта потребителя (назначения), k - число таких пунктов, $x_{\rho j}$ - количество груза, которое должно быть пере-везено в j -ый пункт назначения ρ -м видом транспорта. Ограничения на пропускную способность ρ -го вида транспорта имеют следующий вид

$$\sum_{j=1}^k x_{\rho j} \leq T_{\rho}, \quad \rho=1 \div m, \quad (3.13)$$

где T_{ρ} - пропускная способность ρ -го вида транспорта. Предполагается, что количество груза в пункте производства не менее, чем $\sum_{j=1}^k b_j$.

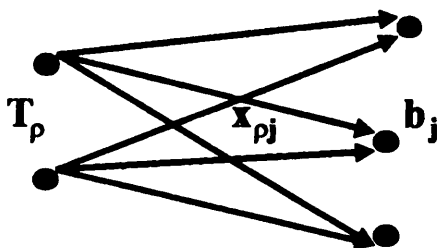


Рис.3.5

Распространенным на практике случаем является перевозка груза сначала одним видом транспорта (например, железнодорожным), а затем другим (например, морским), как показано на рис. 3.6.

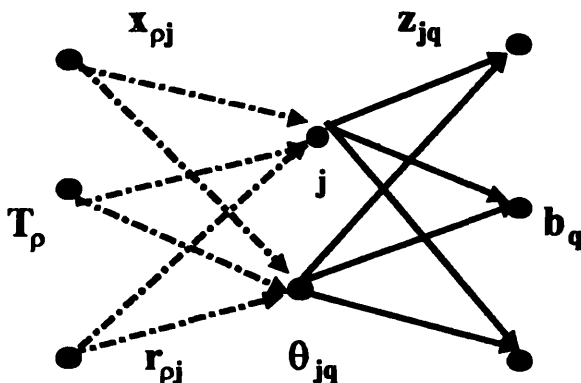


Рис. 3.6

Из пунктов отправления (производства) m транспортных организаций (например, m автохозяйств) перевозят однородный груз в промежуточные пункты $j=1 \div k$. Из промежуточных пунктов l транспортных организаций (например, l управление железных дорог) доставляют груз в пункты потребления (назначения) $q=1 \div l$.

В этом случае к условиям (3.13) добавляются следующие условия:

$$\sum_{j=1}^k z_{jq} \geq b_q, \quad q=1 \div l, \quad (3.14)$$

$$\sum_{p=1}^m x_{pj} \geq \sum_{q=1}^l z_{jq}, \quad j=1 \div k \quad (3.15)$$

Где b_q - потребность пункта потребления (назначения) q , z_{jq} - количество груза, которое должно быть перевезено из

j -го пункта в q -ый пункт потребления (назначения), а T_p в данной модели соответствует количеству продукции в пункте производства p . Предполагается, что $\sum_{p=1}^m T_p = \sum_{q=1}^l b_q$ и мощности (пропускные способности) транспортных организаций достаточны для перевозки соответствующих количеств груза.

В частном случае одной последовательной цепочки (рис.3.7) имеем

$$x_p = u,$$

где x_p - количество груза, перевозимое p -ым видом транспорта, u - поток в системе.

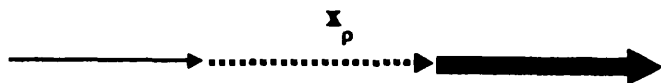


Рис. 3.7

В качестве целевой функции p -ой транспортной подсистемы (p -го вида транспорта) возьмем суммарную прибыль от перевозки грузов по дугам $(i,j) \in N_p$

$$f_p = \sum_{(i,j) \in N_p} (\lambda_{ij} - r_{ij}) x_{ij}, \quad (3.16)$$

где λ_{ij} - определяет доход от перевозки единицы груза по дугам $(i,j) \in N_p$, $p=1 \div m$.

Целевая функция транспортной системы в целом определяется как суммарные затраты от перевозки грузов по всей транспортной сети

$$\Phi = \sum_{(i,j) \in N} r_{ij} x_{ij} \quad (3.17)$$

З а м е ч а н и е. Возможны и другие целевые функции. Так, если определена плата c_{ij} за перевозку единицы груза из пункта i в пункт j , то можно рассматривать задачу максимизации прибыли транспортной системы

$$F = \sum_{(i,j) \in N} (c_{ij} - r_{ij}) x_{ij} \quad (3.18)$$

Если ввести в рассмотрение время перевозки груза, то в качестве целевой функции может выступать суммарное или максимальное время перевозки.

3.3. Система "поставщик-потребители"

Рассмотрим систему "поставщик-потребители" для случая одно-продуктовой модели (например, топливно-энергетический комплекс, система водораспределения и др.) [11,12]. Обозначим b_t - количество готовой продукции, выпускаемое поставщиком в интервале t ($t=1 \div T$, где T - число планируемых интервалов). Примем, что на основе договоров - контрактов для данного поставщика определены потребители и количество продукции Q_{pT} , отгружаемое потребителю p за весь планируемый период ($p=1 \div m$, где m - число потребителей) (рис. 3.8). При этом

$$\sum_{p=1}^m Q_{pT} = \sum_{t=1}^T b_t$$

Поставщик должен составить график отгрузки $\{x_{pt}\}$ готовой продукции на основе заявок потребителей с учетом своих производственных мощностей.

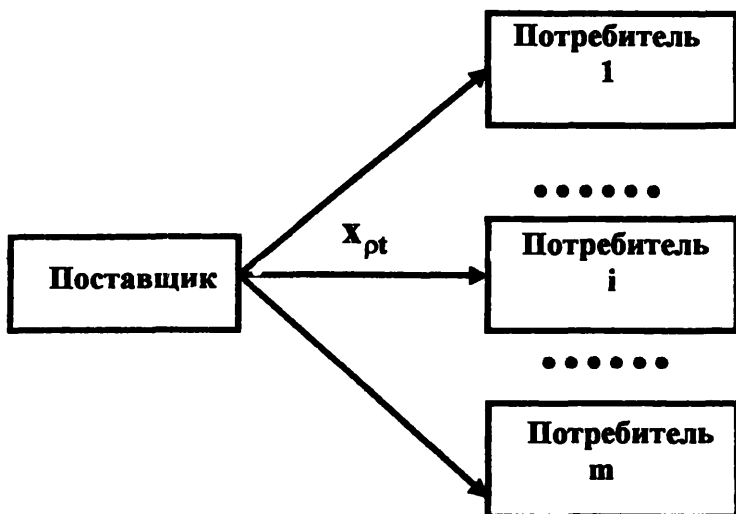


Рис. 3.8

Примем, что каждый потребитель p сообщает поставщику заказ в форме интегрального графика отгрузки $\{Q_{pt}\}$, где Q_{pt} определяет количество продукции, отгружаемое потребителю p за первые t интервалов. Потребитель может также сообщать информацию о "срочности" поставок, например, в виде коэффициентов потерь от недопоставки продукции $\{\beta_{pt}\}$ или затрат на ее хранение $\{\alpha_{pt}\}$. Естественно допустить, что для каждого потребителя существует наиболее предпочтительный график

отгрузки $\{R_{pt}\}$. При отклонении реального графика отгрузки $\left\{V_{pt} = \sum_{\tau=1}^t x_{pt}\right\}$ от $\{R_{pt}\}$ потребитель несет потери (в случае $V_{pt} > R_{pt}$ это могут быть затраты на хранение избытка продукции, а при $V_{pt} < R_{pt}$ - потери от нехватки сырья)(рис.3.9). Будем рассматривать простейший случай кусочно-линейной зависимости потерь от величины дефицита $\Delta_{pt} = R_{pt} - V_{pt}$, а именно

$$\Pi_{pt} = \begin{cases} -\alpha_{pt} \Delta_{pt} & , \text{ если } \Delta_{pt} \leq 0, \\ \beta_{pt} \Delta_{pt} & , \text{ если } \Delta_{pt} > 0, \end{cases}$$

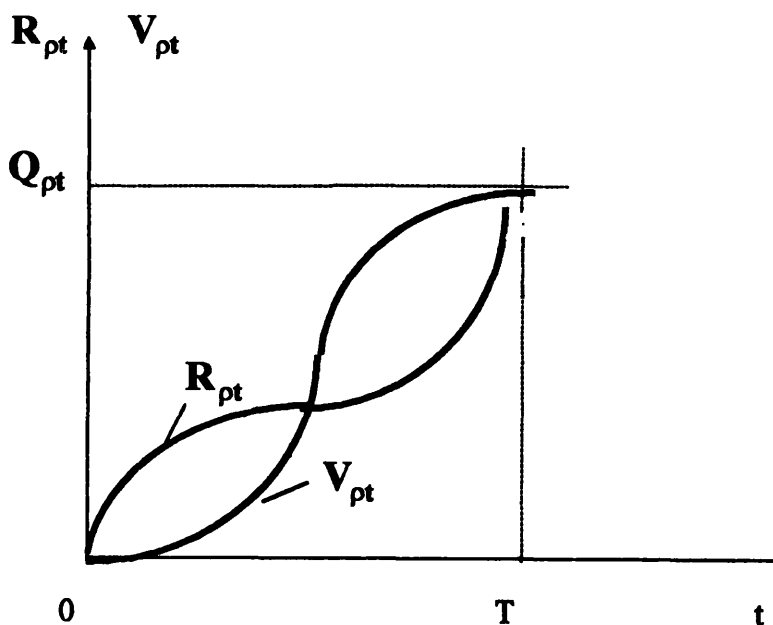


Рис.3.9

Суммарные потери $\sum_{\rho=1}^m \sum_{t=1}^T \Pi_{\rho t}$ примем за критерий

эффективности функционирования системы "поставщик-потребитель". Рассмотрим следующую систему взаимоотношений между поставщиком и потребителями. Потребитель оплачивает продукцию по цене c_t , если отгрузка произведена в интервале t . Практически интересным является случай, когда суммарный заказ потребителей в любом интервале $t < T$ превышает выпущенное к этому времени количество продукции, т.е. $\sum_{\rho=1}^m Q_{\rho t} \geq \sum_{\tau=1}^t b_{\tau} = B_t$. В этом случае

$c_1 \geq c_2 \geq \dots \geq c_T$, т.е. чем раньше производится отгрузка, тем выше цена. Цена c_T может соответствовать оптовой цене продукции, а разность $\lambda_t = c_t - c_T$ определяет надбавку за срочность. Поставщик, в свою очередь, штрафуются за срыв сроков поставки продукции. Эти штрафы могут частично или полностью пойти на компенсацию потерь потребителей. Принимая кусочно-линейный вид функции штрафов, запишем целевую функцию поставщика в виде

$$F = \sum_{\rho=1}^m \sum_{t=1}^T \left[c_T x_{\rho t} - \left\{ \gamma_{\rho t} (V_{\rho t} - Q_{\rho t}) \right\} \right], \quad (3.19)$$

где $\gamma_{\rho t}$, $\mu_{\rho t}$ - коэффициенты штрафов.

З а м е ч а н и е. В (3.19) не включены составляющие целевой функции предприятия, не зависящие от графика отгрузки продукции, а также не учитывается время документооборота, соответствующее разрыву во времени между реализацией готовой продукции и ее отгрузкой.

Целевая функция потребителя включает плату за продукцию и потери при отклонении реального графика отгрузки от желаемого

$$P_p = \sum_{t=1}^T \left[c_t x_{pt} + \left\{ \alpha_{pt} (V_{pt} - R_{pt}) \right. \right. \\ \left. \left. \beta_{pt} (R_{pt} - V_{pt}) \right\} \right], \quad p=1+m \quad (3.20)$$

Здесь не учитываются затраты потребителей на накладные расходы и на перевозку продукции, так как они слабо зависят от динамики поставок.

Наконец, выпишем ограничения, определяющие допустимые графики отгрузки: $x_{pt} \geq 0$, $p=1+m$, $t=1+T$

$$\sum_{p=1}^m V_{pt} \leq B_t, \quad t=1+T \quad (3.21)$$

$$V_{pt} = Q_{pt}, \quad p=1+m \quad (3.22)$$

3.4. Система водораспределения

В связи с промышленной и сельскохозяйственной необходимостью во многих регионах вода превратилась в остродефицитный ресурс. Задача рационального использования водных ресурсов представляет собой одну из важнейших проблем охраны окружающей среды. На сегодняшний день исследования, направленные на разработку принципов управления распределением водных ресурсов, с целью их экономического использования являются актуальными для всех стран мира.

В данной работе проводится исследование частной модели системы "поставщик-потребители" на примере распределения водных ресурсов. Особенности ее являются: зависимость периодов функционирования (т.к. не существует процесса хранения, заявки подаются отдельно для каждого периода t), решение задачи происходит поэтапно, решение нижнего этапа влияет на решение верхнего (т.е. получается итеративная процедура определения плана), коэффициенты потерь определяются как функций от потребностей (заявок) (обратно пропорциональны заявкам).

Дается сравнительный анализ различных принципов управления [13].

Описание системы. Рассмотрим систему водораспределения для случая одномерного ресурса (воды), состоящую из водохранилища и m потребителей (агрофирмы, промышленные предприятия, населенные пункты и т.д.). Примем, что на основании договоров-контрактов, для данного водохранилища определены потребители и предварительные объемы воды R_{ρ} , требуемые потребителю ρ за весь планируемый период T ($\rho=1 \div m$). Обозначим B_T - объем воды в водохранилище за планируемый период T . При этом, возможно $\sum_{\rho=1}^m R_{\rho T} \geq B_T$. Предположим, что в свою очередь потребитель ρ сообщает водохранилищу $q_{\rho t}$ - заявку на требуемый объем воды на каждый период времени t , так как отсутствует хранение воды ($t=1 \div T$, за t можно принимать сутки, недели, декады и т.д., $\sum_{t=1}^T q_{\rho t} = Q_{\rho T}$). Водохранилище распределяет воду в объеме $x_{\rho t}$, на основе заявки ρ -го потребителя в каждый период t с учетом своей мощности (своего водоизмещения, наличия воды).

Естественно допустить, что для каждого потребителя ρ существует реально-потребляемый объем воды $\Gamma_{\rho t}$ в периоде t . При $r_{\rho} > x_{\rho t}$ потребитель ρ в периоде t несет потери от дефицита воды (потери в урожайности для сельского хозяйства, потери в количестве и качестве продукции для промышленности и т.д.), а при $q_{\rho t} < x_{\rho t}$ - затраты от хранения избытка воды (если отсутствует хранение, тогда потери от покупки излишней воды).

Будем рассматривать простейший случай кусочно-линейной зависимости потерь от величины дефицита

$$\Delta_{\rho\alpha} = r_{\rho\alpha} - x_{\rho\alpha},$$

а именно

$$\Pi_{\rho\alpha} = \begin{cases} \alpha_{\rho\alpha} \Delta_{\rho\alpha}, & \text{если } \Delta_{\rho\alpha} > 0 \\ \gamma_{\rho\alpha} \Delta_{\rho\alpha}, & \text{если } \Delta_{\rho\alpha} < 0 \end{cases},$$

где $\alpha_{\rho\alpha}$, $\gamma_{\rho\alpha}$ - коэффициенты потерь.

Суммарные потери $\Pi = \sum_{\rho=1}^m \sum_{\alpha=1}^T \Pi_{\rho\alpha}$ примем за критерий

эффективности системы.

Рассмотрим следующую систему взаимоотношений между водохранилищем и потребителями. Каждый потребитель покупает воду по основной цене c , а водохранилище в свою очередь штрафует за срыв объемов и сроков распределения воды. Принимая кусочно-линейный вид функции штрафов, запишем целевую функцию водохранилища в виде

$$F = \sum_{\rho=1}^m \sum_{\alpha=1}^T (c x_{\rho\alpha} - f_{\rho\alpha}),$$

$$f_{\rho\alpha} = \begin{cases} \beta_{\rho\alpha} (q_{\rho\alpha} - x_{\rho\alpha}), & \text{если } q_{\rho\alpha} \geq x_{\rho\alpha} \\ \mu_{\rho\alpha} (x_{\rho\alpha} - q_{\rho\alpha}), & \text{если } q_{\rho\alpha} < x_{\rho\alpha} \end{cases}, \quad (3.23)$$

где $\beta_{\rho\alpha}$, $\mu_{\rho\alpha}$ - коэффициенты штрафов.

Целевая функция потребителя включает плату за воду и потери при отклонении реально - потребляемого объема от распределяемого на весь период T :

$$P_{\rho} = \sum_{\alpha=1}^T (c x_{\rho\alpha} + \Pi_{\rho\alpha}) \quad (3.24)$$

З а м е ч а н и е. В (3.24) не учитываются составляющие целевой функции водохранилища, независимые от процесса

распределения. В (3.24) не учитываются затраты потребителей на накладные расходы и на доставку воды, так как предполагается, что они слабо зависят от динамики распределения. Предполагается, что интересы системы и поставщика совпадают.

Выпишем ограничения, определяющие допустимые объемы распределения воды:

$$\sum_{\rho=1}^m \sum_{t=1}^T x_{\rho} \leq B_T,$$

$$x_{\rho} \geq 0, \quad \rho = 1 \div m, \quad t = 1 \div T \quad (3.25)$$

3.5. Обсуждение моделей

Рассмотренные выше модели имеют общие черты. Основное, что их объединяет, это наличие "потока" продуктов или грузов в системе. Как будет показано далее, наличие потока является принципиальной особенностью, определяющей в ряде случаев необходимость разработки новых механизмов функционирования. Эта особенность и послужила основанием для выделения производственно-транспортных систем в отдельный объект исследования теории активных систем. Сравнивая описание моделей производственных и транспортных систем можно заметить, что модель транспортной системы является частным случаем производственной, если перевозкам груза по дугам в транспортной системе поставить в соответствие выпуски продукции элементами производственной системы. При этом перевозке груза по некоторому маршруту соответствует выпуск продукции некоторого вида с последовательной технологической цепочкой и единичными технологическими коэффициентами, а ограничениям на пропускные способности дуг соответствуют ограничения фонда времени соответствующего цеха. Дальнейшее развитие моделей естественно рассматривать в направлении учета динамики и

вероятностного характера ряда параметров (трудоемкость, коэффициенты затрат, технологические коэффициенты). Безусловно, учет этих факторов существенно усложняет исследования. Поэтому в работе рассматриваются простые динамические модели производственно-транспортных систем. Такова модель "поставщик-потребители", которая является динамическим обобщением простой транспортной системы, состоящей из одного входного узла (поставщик) и нескольких выходных (потребители).

Механизмы функционирования описанной производственно-транспортной системы исследуются с позиции теории активных систем на примере деловых игр. Проблемы игрового моделирования и разработанные деловые игры рассматриваются в последующих главах.

4. МЕТОДОЛОГИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ДЕЛОВЫХ ИГР

4.1. О существующих концепциях разработки деловой игры

В последние годы метод деловых игр, моделирующий функционирование организации, называемый методом деловых или имитационных игр, становится достаточно эффективным инструментом, как для исследования организационно-экономических систем, так и в процессе подготовки кадров.

Деловые игры начали свое бурное развитие с игры Американской управленческой ассоциации, разработанной в 1956 году. Начиная с середины 60-х годов стали широко применяться в ряде ВУЗов и институтов повышения квалификации, в качестве активного метода обучения.

Изучение опыта проведения деловых игр показывает, что с помощью метода игровой имитации успешно решаются не только проблемы обучения, что деловые игры служат прекрасным методом в процессах принятия решений, организационного проектирования и исследования.

В настоящее время существуют различные точки зрения по вопросам теории деловых игр. Существующие расхождения во взглядах на природу и теорию деловых игр создают определенные трудности для окончательного формирования метода игрового имитационного моделирования и препятствуют созданию единой методологии разработки и проведения деловых игр. Отсутствие общей методологии обуславливает необходимость разработки методики конструирования и проведения деловых игр по конкретному назначению или направлению.

К настоящему времени большинство работ по деловым играм посвящены методом их описания, организации или проведения. А вопросы конкретной разработки игр рассматриваются либо второстепенно, либо вообще не

рассматриваются. Существующие вопросы, описывающие методы разработки деловых игр, представляются, в основном, в виде замечаний или рекомендаций, за исключением нескольких работ, где вопросы конструирования игры рассматриваются довольно содержательно.

Это, в основном, работы Ефимова В.М., Комарова В.Ф. и Рыбальского В.И., где деловые игры рассматриваются как организационно-техническая система, в частности, автоматизированная система управления. А также работы Гидровича С.Р., Сыроежина И.М., Жукова Р.Ф. и Лифшица А.А., где деловые игры рассматриваются как составляющие активного метода обучения.

В работах Ефимова В.М. и Комарова В.М.[14,15], задача конструирования управленческой имитационной игры приравнивается к задаче конструирования деятельности всех участников игрового эксперимента.

Особое внимание уделяется системе мотивации игроков и понятию игровой роли: Соответствию мотивации игроков с целью игры придается важное значение при конструировании игры. Указывается на необходимость разложения конкретной цели игры на требование к отдельным компонентам игры и системе мотивации игроков. Где под компонентами игры подразумевается экспериментальная ситуация игрового эксперимента.

Формальная структура игровой организации образуется из совокупности игровых ролей, которые отражаются в правилах игры.

В правила игры также входят методики, приказы, законы и другие нормативные материалы.

Общие цели создания игры определяются в зависимости от назначения и области применения игры, а также от перечня выделенных проблем и вопросов, которые предполагается решить или отразить в рамках данной игры.

Предполагается рассматривать игру из двух частей - функциональной и обеспечивающей. Функциональная часть состоит из одной или нескольких тем (например, тема технико-экономического планирования, оперативного управления и др.), которые проигрываются изолированно или во взаимосвязи с другими темами. Каждая тема состоит из фрагментов: процедур планирования, учета или контроля в рамках той или иной функции управления.

Обеспечивающая часть игры состоит из информационного, математического, технического и организационно-экономического обеспечения.

Управленческая деловая игра рассматривается как некоторая организационная техническая система, в частности, автоматизированная система управления производством. Материал игры представляется в виде комплекса текстовых документов и рекомендуется разрабатывать деловую игру в следующей последовательности: техническое задание, технический проект, рабочий проект и испытание.

В работах Рыбальского В.И. [16,17] процесс создания деловой игры включает ряд этапов, каждый из которых требует проведения определенного круга исследований и разработок.

Общие цели создания деловой игры предварительно формулируются в виде требований к эффективной разработке и внедрению автоматизированной системы управления строительством. В принципе созданием и применением деловой игры могут преследоваться конкретные цели как наилучшее освоение автоматизированной системой управления строительством, улучшение взаимопонимания между разработчиками и пользователями, выбор наиболее целесообразных проектных решений и др. Разработкой и использованием деловой игры могут предусматриваться достижение одной или нескольких из этих целей, которые

будут существенно влиять на последующие этапы создания и внедрения игры.

В качестве модели игры в основном выступают сетевая модель комплекса операций, линейный график или циклограмма. Естественно, разрабатываемая модель должна наилучшим образом отражать изучаемый процесс (ситуацию) или решаемую задачу.

Вслед за определением целей и разработкой модели формируется организационная структура - состав участников игры, которая соответствует реально существующим или намеченным в проекте системы службам с учетом принятых в игре упрощений и замен. При формировании организационной структуры рассматривается различие интересов будущих участников игры и определяются функции каждого участника и их взаимосвязь. Нам кажется, что указанные вопросы должны рассматриваться на этапе разработки правила игры.

Однако, в данной работе правила игры как отдельный конструктивный элемент не рассматривается. Основные положения правила игры разрабатываются в таких этапах как разработка процесса игры, разработка системы стимулирования, разработка документооборота, разработка процедур, реализуемых участниками игры и в других этапах.

Для автоматизации игры формируются информационное, программное и техническое обеспечения.

Разработкам информационного и программного обеспечений соответствуют разработки документооборота и числового массива, составления программ и их испытания.

Техническое обеспечение игры представляет собой комплекс вычислительных машин и других средств, применяемых для формирования исходных данных, их переработке и выдачи готовых выходных документов. Предлагается тщательно проанализировать возможности технических средств с характером и объёмом решаемых задач и использовать их только по необходимости.

Процесс разработки игры, как в работах Ефимова В.М. и Комарова В.Ф., приравнивается с проектированием любой организационно-технической системы, где должны выполняться предпроектные работы, техническое и рабочее проектирование, испытание, ввод в эксплуатацию и анализ результатов игры.

Целью игры является экспериментальное исследование механизмов функционирования организационных систем и обоснования рекомендаций по их совершенствованию.

Компонентами игры являются составляющие описания организационной системы: структура, модели, описывающие ограничения на возможные состояния системы и организационный механизм.

Структура и модель системы соответствуют структуре и модели деловой игры. Организационный механизм, имеющий также составляющие как: способ формирования данных, закон планирования и систему стимулирования, соответствует правилу игры.

Предлагается разрабатывать комплексы игр разной степени сложности с единой тематической направленностью. При этом каждая игра должна быть построена так, чтобы иметь несколько вложенных друг в друга описаний моделей (от простых до сложных) и описаний правил игры.

По работам Гидровича С.Р. и Сыроежина И.М. [20,21] в основе конструкции игры лежит взаимосвязь ресурсов и использование значений о возможностях этих ресурсов.

Конструктивными элементами игровой модели являются участники игры, выступающие носителями моделируемых интересов: правила, ограничивающие и направляющие проявления интересов соответственно представлениям конструктора игры с моделируемым объектом информационный массив, отражающий состояние и движение ресурсов моделируемой хозяйственной системы и

стимулирующий проявление хозяйственных интересов у людей.

Процесс построения игры представляется в виде последовательности шагов, отражающих основные этапы конструирования.

Определение цели конструирования соответствует определению состава и характера результатов, которые надо получить.

На основании цели игры определяются участники игры и выявляется структура связей, моделируемая в игре.

Формирование правил игры состоит из таких этапов: как изучение и определение основных функций, выполняемых игроками; выявление области принятия решений; определение параметров и связей между факторами, которых необходимо отразить в игре; распределение областей принятия решений по участникам игры; уточнения процедурных вопросов ведения игры, т.е. составление блок-схемы операций и графика ведения игры; определение системы штрафов и поощрений и т.д.

Информационный массив формируется на этапах: формирование числового массива и выявления материальных ресурсов.

В заключении рассматриваются этапы отладки и корректировки игры.

Предлагается конструирование игры в двух направлениях. Первое - конструируется схема деловой игры, полностью имитирующая деятельность выбранного объекта. В схему закладывается весь набор критериев и параметров, характерных для реальных процессов. Далее, шаг за шагом эта сложная игра упрощается до тех пор, пока практически будет возможно, не теряя качественных связей и характеристик, имитировать интересующий нас объект.

Второе направление - конструируется набор функциональных игр, отражающих отдельные стороны деятельности хозяйственного объекта. Каждая из таких игр

может определенным образом совершенствоваться и упрощаться как в первом случае. Далее проводится построение общей деловой игры, объединяющей несколько уже готовых функциональных игр и имитирующей более полную деятельность всего комплекса.

В работах Жукова Р.Ф и Лифшица А.Н. [22,23] деловая игра представляется в виде взаимосвязанных ситуаций, влияющих друг на друга. Ситуации описываются по тематикам. Одна или несколько ситуаций составляют фрагменты деловой игры. Игру предлагается проводить в целом или по фрагментам. Отдельные, частные деловые игры (фрагментарные) могут быть объединены в более комплексную деловую игру. Предлагается разрабатывать игры с комплексной деловой игрой, а затем определять тематику частных деловых игр.

Разработка деловой игры сводится к описанию материалов игры: проспекта игры, сценария игры, организации проведения игры и т.д.

Целью проведения игры является: подготовка и тренировка обучаемых и развития у них умений и навыков, в частности принятия решений; проверка квалификации кадров; обучение новым методикам и типовым условиям их применения.

По работам зарубежных авторов: Р.Дьюка, М.Шубина, Ч.Чаки, Я.Мозеша и др., рассматривающих вопросы разработки деловых игр, достаточно содержательный обзор дается в работе [24, 27].

Из рассмотренных вышеназванных работ можно заключить следующее.

Ефимов В.М. и Комаров В.Ф., прекрасно раскрывая необходимость формирования системы мотивации игроков в соответствии с целью игры, предлагают разрабатывать деловые игры только как ролевые игры и с позиции чисто экономической теории без теоретико-игрового подхода.

На наш взгляд, такой подход сужает область применения игр и затрудняет их реализуемость, особенно в учебных целях. А достаточно содержательная методология разработки игр, предложенная им, ориентирована в основном для целей проектирования.

В методологии Рыбальского В.И. не делается акцента на формирование правила игры - основного конструктивного элемента учебной игры. Деловая игра ориентирована на конкретную специализацию, т.е. разрабатывается на базе сетевых моделей для изучения и освоения систем сетевого планирования и управления строительством.

В работах Гидровича С.Р. и Сыроежина И.М. не уделяется должного внимания формированию моделей игры и системе мотивации игроков. Не конкретизированы вопросы автоматизации игры, т.е. не разрабатываются информационное, программное и техническое обеспечения.

В работах Жукова Р.С. и Лифшица А.Л. процесс конструирования игры сводится к описанию материалов игры в виде рекомендаций. Не формируются основные конструктивные элементы или компоненты игры.

Почти во всех концепциях конструирования игр предлагается построение сначала простых, фрагментарных или функциональных игр, а затем объединение их в единый комплекс игр, по принципу "конструктора", а также путем изменения компонентов каждой игры создания простой или сложной деловой игры.

4.2. Методология разработки деловых игр

В данной работе предлагается методология конструирования автоматизированной деловой игры, разработанная с учетом опыта работы ведущих ученых в этом направлении.

По предлагаемой методологии, в основе конструирования игры лежит формирование цели игры и,

исходя из цели, конструирование компонентов и разработка обеспечивающей части игры [28, 30].

Процесс разработки автоматизированной деловой игры состоит из следующих последовательных этапов:

- формирование цели игры;
- конструирование компонентов игры;
- разработка обеспечивающей части игры;
- составление программы отладки и испытания игры;
- оформление инструкции по эксплуатации игры.

Формированию цели разрабатываемой игры, на наш взгляд, придается особое значение. Цель игры должна быть сформулирована ясно и четко, чтобы не возникли трудности и при конструировании, организации и проведении игры. В зависимости от изменения цели игры определяется и конкретное назначение игры. Например, игры для учебной цели, для исследовательской цели, для управленческой цели и т.д. (Рис.4.1)

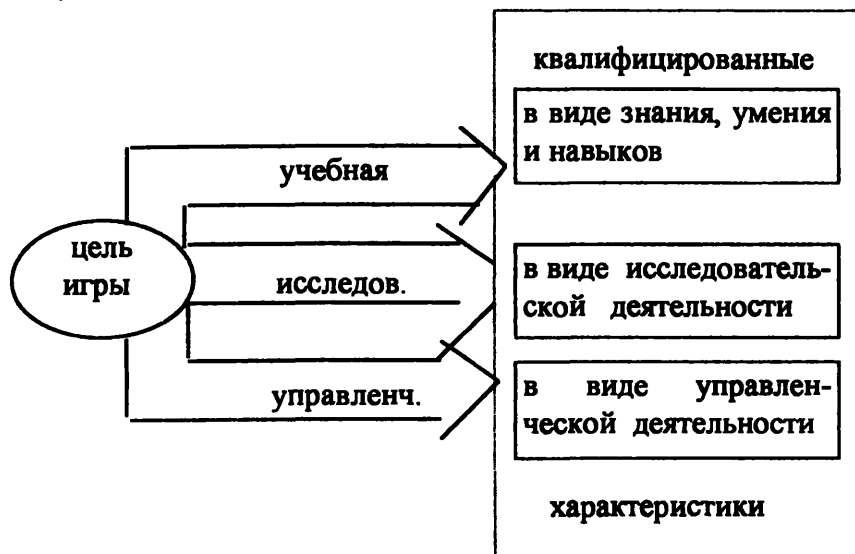


Рис.4.1.

Цель деловой игры можно сформулировать как квалифицированные характеристики кадров в виде знаний, умений, навыков или в виде конкретной деятельности.

В общем случае, если разрабатывается игра для профессионального обучения кадров, тогда квалификационная характеристика представляется в виде знаний, умений и навыков.

Если разрабатывается игра для исследовательской цели, тогда квалификационная характеристика представляется в виде исследовательской деятельности, которая раскрывается как комплекс функций в виде формирования задачи исследования, составления программы эксперимента, разработки или выбора метода регистрации, сбора, систематизации и анализа информации, оформления вывода для исследования организационно-экономических систем.

Если разрабатывается игра для управленческой цели, тогда квалификационная характеристика представляется в виде управленческой деятельности, отражающей процесс принятия решений, как комплекс функций в виде сбора, систематизации и анализа информации, выявления проблемы, формулирования цели, генерирования альтернатив, оценки последствий реализации альтернатив и выбора альтернатив на соответствующих этапах процесса управления.

В процессе формирования цели игры необходимо учитывать требования эффективности разрабатываемой игры и учебного процесса, а также особенности задач исследования конкретной организационно-экономической системы и управленческой деятельности кадров.

Эффективность разрабатываемой деловой игры зависит от соответствия цели игры с конструируемой системой мотивации игроков с учетом их социально-профессиональной характеристики. Поэтому сформулированная цель игры должна обеспечить конструированию такой деловой игры, в

которой учитывались бы основные мотивационные факторы игроков.

Повышение эффективности учебного процесса находится в прямой зависимости от умелого использования активных методов обучения, в частности учебных деловых игр. Использование деловых игр в учебном процессе должно производиться по следующей схеме. (Рис. 4.2)

Сначала необходимо выбрать множество тем учебного процесса или цикла, для изучения которых целесообразно использование деловых игр. Далее необходимо выяснить количество деловых игр или игровых комплексов, которое достаточно для игровой имитации механизмов выбранных учебных тем, и определить очередность их разработки.

Указанные задачи решаются на основе метода экспертных оценок,

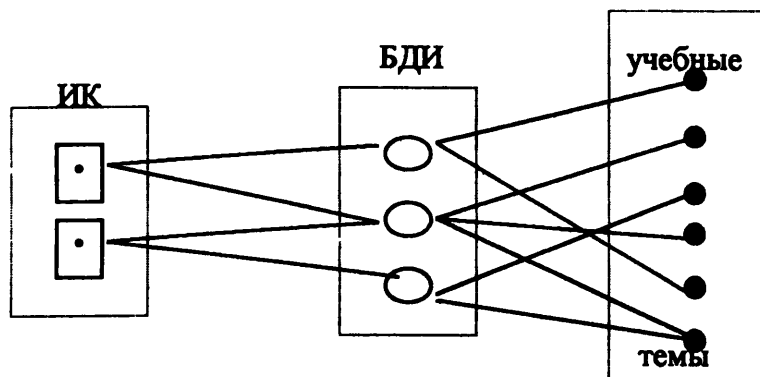


Рис. 4.2

задачи о покрытии и других комбинаторных задач.

Цель игры должна обеспечить конструирование и создание таких базовых деловых игр и игровых комплексов, на основе которых можно было бы оптимальным образом использовать метод игрового имитационного моделирования в учебный процесс.

Базовой деловой игрой будем называть деловую игру, имеющую различные блоки компонентов игры, с помощью которых можно усложнять или упрощать игру.

При исследовании конкретной организационно-экономической системы возможны рассмотрения различных задач. Например, задача изучения результатов механизма функционирования системы, задача анализа существующего организационного механизма или задача синтеза организационных механизмов. Каждая из этих задач исследования имеет свои отличительные особенности, которых необходимо учитывать при экспериментальном исследовании их с помощью метода игрового имитационного моделирования. (Рис. 4.3)

Сформулированная цель игры должна обеспечить конструирование базовой деловой игры, отражающей исследовательскую деятельность кадров, с помощью которой можно будет провести экспериментальное

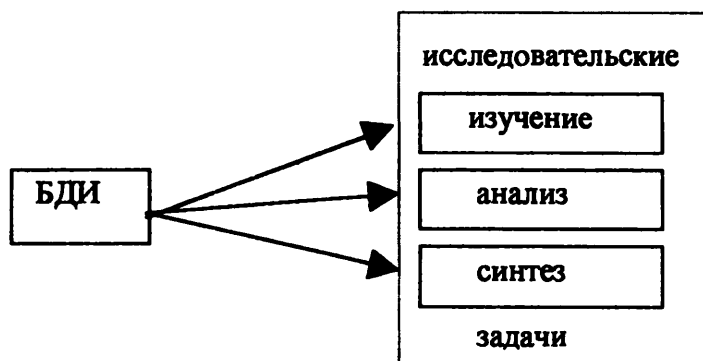


Рис. 4.3

исследование для различных задач конкретной организационно-экономической системы.

Особенности управленческой деятельности кадров зависят от степени пронизывания процессами принятия решений этапов: планирования, организации выполнения планов, контроля, регулирования и анализа с учетом характера сферы конкретной производственной деятельности.

В зависимости от того на каких этапах процесса управления отражаются операции процесса принятия решений, рассматриваются темы: планирования, организации выполнения планов, оперативного управления и анализа. (Рис.4.4)

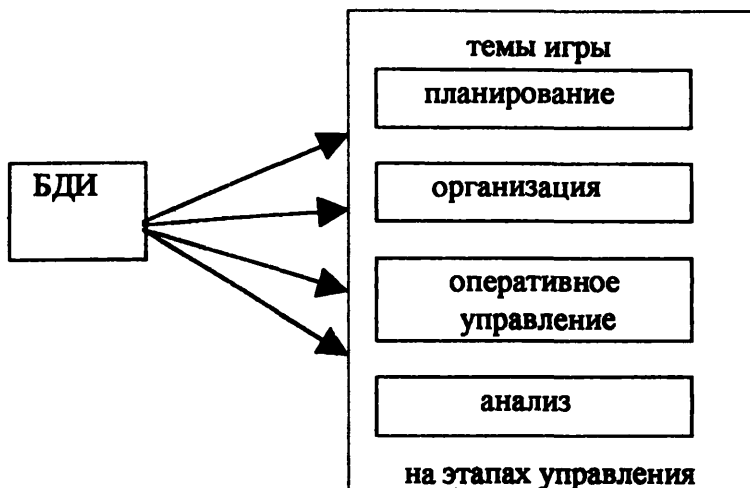


Рис.4.4

И в данном случае, цель игры должна обеспечить конструирование базовой деловой игры, с помощью которой можно будет разыгрывать отдельные темы на соответствующих этапах управленческой деятельности кадров.

Таким образом, разработка базовой деловой игры для учебной, исследовательской или управленческой целей производится на основе конструирования таких компонентов и обеспечивающей части игры, которые состоят из различных

блоков, удовлетворяющих требованиям сформулированной цели игры.(Рис. 4.5)

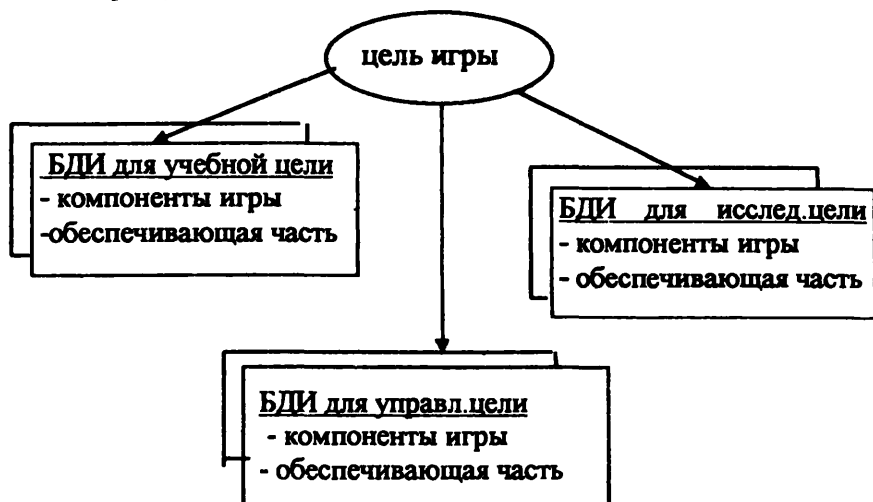


Рис.4.5

Сформулированные цели игры позволяют более адекватно разрабатывать компоненты игры и её обеспечивающую часть, а также представить программу отладки испытания игры и инструкцию по её эксплуатации.

Конструирование компонентов игры.

На основе предлагаемой концепции к компонентам базой деловой игры относятся: организационная структура и участники игры, модели и правила игры.(Рис. 4.6)

Определение организационной структуры и участников игры проводится на основе сформулированной цели с учетом сферы деятельности кадров. В зависимости от цели разрабатываемой игры организационная структура может быть и одноуровневой, и многоуровневой. Как было предложено ранее базовая деловая игра должна содержать блоки различных организационных структур.

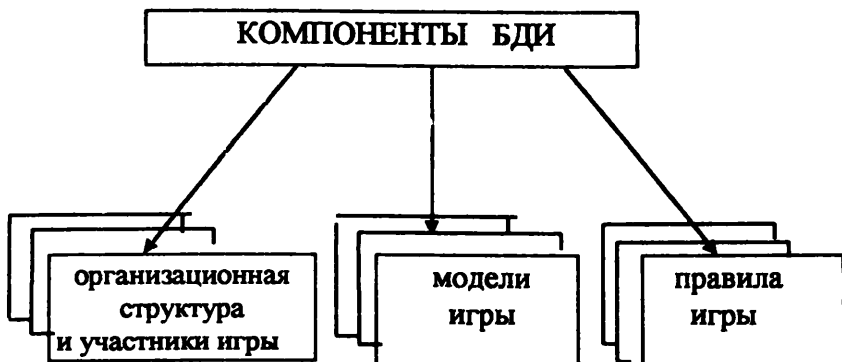


Рис.4.6

Если разрабатываемая игра отражает управленческую деятельность кадров или изучает результаты механизма функционирования системы, тогда организационная структура должна полностью соответствовать реальной структуре моделируемой системы.

Если разрабатываемая игра отражает учебные или исследовательские цели, тогда организационная структура игры может представлять только основные структурные связи изучаемой системы.

Модель игры формируется с учетом цели и требования по обеспечению причастности игроков к функционированию рассматриваемой организационной системы. Она может быть представлена в виде формализованных математических моделей или моделирующих алгоритмов, отражающих основные закономерности процессов, протекающих в объекте управления и взаимодействия его с внешней средой.

Как и для случая определения организационной структуры, формирование модели игры зависит от цели разрабатываемой игры. Базовая деловая игра должна содержать блоки различных моделей игры.

При конструировании игры для исследовательских целей объекты моделирования в основном описываются простыми математическими моделями.

Правила игры также учитывают цель игры и вместе с ней особенности модели и нормативные положения, принятые в рассматриваемой системе.

Базовая деловая игра должна иметь блоки формальных и неформальных правил игры, которые как и предыдущие компоненты зависят от цели разрабатываемой игры.

Разработка обеспечивающей части игры при конструировании автоматизированной деловой игры состоит из разработки программно-языкового и информационного обеспечения и выбора технических средств, которые должны обеспечить эффективную реализацию сконструированной деловой игры в диалоговом режиме.

На последнем этапе составляется программа отладки и испытания игры, и оформляется инструкция по её эксплуатации, которые должны обеспечить оценку качества сконструированной игры, её организацию и проведение.

4.3. Реализация игры на ЭВМ

Любая деловая игра может быть реализована на ЭВМ. Практика применения деловых игр подтверждает неоспоримые преимущества игр сконструированных с использованием ЭВМ, перед играми, разработанными в ручном варианте.

Автоматизация деловых игр расширяет их возможности, позволяет моделировать сложные игровые ситуации, повышает эффективность процессов принятия решений, обработки информации и совершенствует профессиональную подготовку специалистов, в результате использования ими средств вычислительной техники и компьютеризации обучения.

Автоматизированными деловыми играми будем называть деловые игры, сконструированные с использованием

технических средств на основе программно-языкового и информационного обеспечения.

Из примера реализации игры на ЭВМ видно, что игра проходит динамично и вызывает активный интерес участников. В течение одного игрового занятия можно провести и проанализировать несколько вариантов игры с различными принципами управления, в том числе и с применением «автоматов». Все начальные, промежуточные и конечные результаты игры можно получить в виде распечатки.

При малом числе людей или ограниченном времени, а также в случае экспериментальной проверки теоретических результатов целесообразно проведение игры в режиме «автомат», когда вместо некоторых или всех участников играет ЭВМ.

Представляет научный интерес сравнение стратегий людей со стратегиями «автоматов». ЭВМ (автомат) может играть за любое количество игроков. В режиме «автомат» можно проводить игру в любом варианте.

Возможно применение «автоматов» со стратегиями, например, построенными на основе гипотезы индикаторного поведения [31,32].

Последовательность проведения игры на ЭВМ показан на рис.4.7.

На основе предлагаемой методологии разработан игровой комплекс, который описан в следующей главе.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ИГРЫ НА ЭВМ

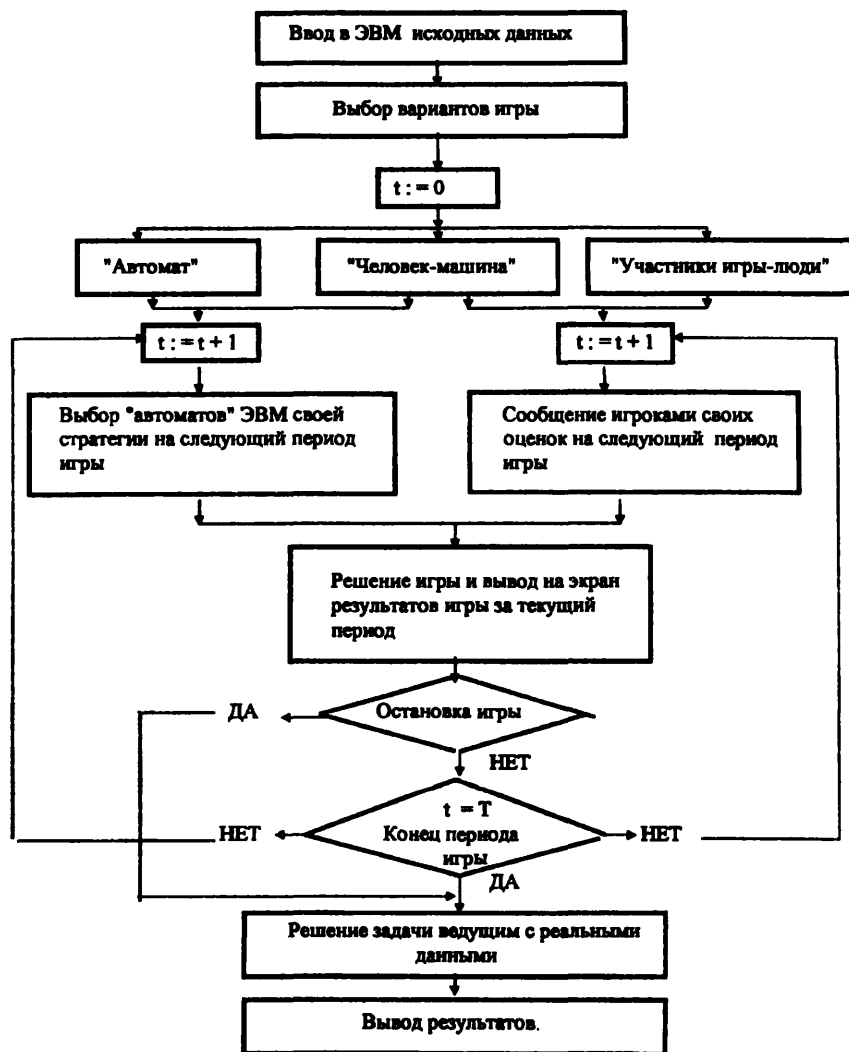


Рис.4.7

5. КОМПЛЕКС ДЕЛОВЫХ ИГР

5.1. Деловая игра "Сбыт"

Деловая игра "Сбыт" предназначена для моделирования взаимоотношений между предприятием - поставщиком и предприятиями – потребителями в процессе сбыта готовой продукции.

Цель деловой игры - обучение студентов и хозяйственных руководителей принятию рациональных решений в процессе сбыта готовой продукции и анализ процесса управления сбытом [47, 49].

Описание моделируемой ситуации. В деловой игре рассматривается случай дефицита продукции, когда суммарный объем заказов на досрочную поставку превышает производственные возможности поставщика.

Сделаны следующие предположения:

- предприятия (поставщик и потребители) относятся к одной отрасли;
- объем досрочно поставляемой готовой продукции потребителям не превышает объем дополнительного выпуска продукции поставщиком;
- для каждого потребителя объем досрочно поставляемой ему продукции не превышает объема его заказа;
- поставщик не знает достоверно объемов необходимой продукции для каждого потребителя и значений коэффициентов их потерь от нехватки сырья, он знает лишь границы, в пределах которых могут изменяться эти величины;
- задачей предприятия - потребителя является минимизация суммарных издержек, связанных с досрочной покупкой и дефицитом сырья;
- предприятие - поставщик стремится составить план отгрузки готовой продукции, минимизирующий суммарные потери потребителей от нехватки сырья.

Вследствие неполной информированности поставщика возникает игровая ситуация, поскольку каждый потребитель старается минимизировать только свои потери от покупки дефицитного ресурса.

Интерес к исследованию именно этой ситуации вызван тем, что при нехватке сырья потребители несут большие убытки по сравнению с потерями от хранения избытков сырья.

Для анализа процесса управления сбытом готовой продукции сравниваются четыре закона управления: закон жесткой централизации без штрафования, закон согласованного управления без штрафования и те же законы управления со штрафами. Этот случай отражает реальную ситуацию, когда потребители и поставщик согласно договоров-контрактов могут наладить контроль за потерями от недопоставки продукции.

Функционирование системы условно разбивается на этапы и представляется следующим образом:

а) на этапе сбора информации (заявок на поставки) каждый потребитель сообщает поставщику свою оценку коэффициента потерь от дефицита (она определяет важность, срочность заказа);

б) на этапе планирования поставок поставщик решает задачу оптимального планирования и сообщает каждому потребителю величину поставок, определенную в ходе решения задачи.

Если применялся закон согласованного управления, тогда сообщается и значение надбавки к цене за досрочную поставку продукции.

Задача решается на ЭВМ с применением алгоритма "симплекс-метода":

в) на этапе реализации потребители и поставщик вычисляют значения своих целевых функций (величины потерь от дефицита сырья).

Описание модели игры

Обозначим:

x_i - объем досрочно поставляемой готовой продукции i -му потребителю;

R_i - объем заказа i -го потребителя;

B - дополнительный выпуск готовой продукции поставщиком;

μ_i - коэффициент потерь потребителя i от дефицита сырья (удельные потери);

λ - надбавка к цене за досрочную поставку продукции;

d_i - коэффициент штрафа потребителя i за недостоверную информацию;

Задачей поставщика является определение таких x_i , которые обеспечивают минимизацию суммарных потерь

$$F = \sum_{i=1}^n \mu_i (R_i - x_i) \rightarrow \min \quad (5.1)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq B \quad (5.2)$$

$$x_i \leq R_i, \quad i = 1 \div n \quad (5.3)$$

Целевая функция i -го потребителя имеет вид:

$$f_i = \lambda x_i + \mu_i (R_i - x_i) \rightarrow \min, \quad i = 1 \div n \quad (5.4)$$

Если применяются законы управления со штрафами, тогда

$$f_i = \lambda x_i + \mu_i (R_i - x_i) + d_i |\mu_i - \mu_i^1| R_i \rightarrow \min \quad (5.5)$$

где μ_i^1 - оценка величины μ_i , которую сообщает поставщику i -ый потребитель;

$\underline{M}_i \leq \mu_i \leq \overline{M}_i$, $\underline{M}_i, \overline{M}_i$ - соответственно нижние и верхние границы изменения величины μ_i , $i=1+n$.

Поставщик собирает информацию от потребителей о срочности поставок. Информация поступает в форме оценок $\{\mu_i\}$. После этого поставщик решает задачу оптимального планирования поставок, применяя законы жесткой централизации или согласованного управления.

а) Закон жесткой централизации. В этом случае надбавка к цене за срочность поставки λ заранее известная постоянная величина. Поставщик решает задачу.

$$F = \sum_{i=1}^n \mu_i (R_i - x_i) \rightarrow \min \quad (5.6)$$

при условиях (5.2 + 5.3).

б). Закон согласованного управления. В этом случае λ определяется в ходе решения задачи (5.6, 5.2, 5.3) с учетом следующих дополнительных условий

$$(\lambda - \mu_i)x_i = \min_{0 \leq x_i \leq R_i} (\lambda - \mu_i)x_i, \quad i=1+n \quad (5.7)$$

Условия (5.7) требуют согласования интересов поставщика с интересами потребителей.

Таким образом закон согласованного управления, который требует от вышестоящей организации, в данном случае поставщика, совершенного согласования своих интересов с интересами потребителей..

При реализации потребитель вычисляет значения своих целевых функций по формуле (5.4) или (5.5), если модель со штрафом.

Поставщик определяет величину своей целевой функции по формуле (5.1).

Предварительный анализ игры. Как было сказано ранее, игровая ситуация возникает из-за того, что каждый потребитель старается оптимизировать только свою целевую

функцию и, пользуясь неполной информированностью поставщика, может сообщать ему оценку величины μ_i , отличающуюся от достоверного значения.

Случай жесткой централизации. $\lambda = \text{const}$, $d_i = 0$, целевая функция потребителя записывается в виде

$$f_i = (\lambda - \mu_i)x_i + \mu_i R_i \rightarrow \min$$

Отсюда видно, что при $\lambda > \mu_i$ потребителям выгодно занижать оценки, т.е. $\mu_1 < \mu_i$. А при $\lambda < \mu_i$ - наоборот, будет иметь место тенденция к завышению оценок: $\mu_1 > \mu_i$.

Таким образом, в зависимости от величин λ и μ_i одни потребители сильно занижают собираемые оценки, а другие - наоборот, - сообщают оценку намного большую, чем истинное значение своего μ_i .

Вероятнее всего, что величина целевой функции поставщика в этих условиях будет далекой от оптимального значения.

Случай согласованного управления, $d_i = 0$.

Предположим, что потребители не учитывают влияния своих сообщаемых оценок $\{\mu_i\}$ на величину λ . Тогда при соблюдении условий совершенного согласования (5.7), которые можно записать в виде:

если $\mu_1 < \lambda$, то следует $x_i = 0$,

если $\mu_1 > \lambda$, то следует $x_i = R_i$, $i = 1+n$ (5.8)

выполняются следующие условия:

если $\mu_i < \lambda$, то $x_i = 0$;

если $\mu_i > \lambda$, то $x_i = R_i$, $i = 1+n$,

описывающие равновесное состояние системы i -й потребитель должен сообщать поставщику оценку $\mu_1^* = \mu_i$, $i=1 \div n$.

Значит равновесной стратегией i -го потребителя, который желает попасть в равновесное состояние, является $\mu_1^* = \mu_i$, $i=1 \div n$.

План, получаемый поставщиком при решении задачи (5.2, 5.3, 5.6, 5.7) на основании оценок $\{\mu_1^*\}$, является оптимальным согласованным планом.

Случай игры со штрафованием, $d_i > 0$.

При жесткой централизации, $\lambda = \text{const}$ и применений слабых штрафов $0 < d_i < 1$, $i=1 \div n$ трудно добиться достоверной информации и потребители не могут попасть в равновесное состояние.

Только при сильном штрафовании, когда $d_i \geq 1$, $i=1 \div n$, потребители сообщают достоверную информацию $\mu_1^* = \mu_i$, $i=1 \div n$ и система приходит в равновесное состояние предпочтительному для всех.

При случае согласованного управления достаточно слабого штрафа $0 < d_i < 1$, $i=1 \div n$, чтобы система находилась в равновесном состоянии и потребители сообщали бы $\mu_1^* = \mu_i$, $i=1 \div n$.

Выбор и назначение исходных данных

Исходные данные должны быть выбраны из следующих соображений:

1) так как рассматриваются предприятия, близкие по мощностям (одного класса), то среди предприятий-потребителей не должно быть «монополистов», то есть по потребностям и коэффициентам потерь они не должны сильно отличаться друг от друга;

2) истинные значения коэффициентов потерь μ_i должны отличаться от предельных значений $(\underline{M}_i, \overline{M}_i)$;

3) значение B должно удовлетворять условию $\sum_{i=1}^n R_i > B$, так как рассматривается случай дефицита продукции;

4) значение λ при жесткой централизации не должно быть равным значению λ при согласованном управлении, так как тогда трудно анализировать игру, лучше если $\lambda_{\max} \leq \min_i \mu_i$ или $\lambda_{\max} \geq \max_i \mu_i$.

Порядок реализации игры на ЭВМ

Использование вычислительной техники позволяет расширить возможности деловой игры, игру можно проводить в учебных целях с участниками или в режиме автоматов с целью исследования влияния различных параметров на результаты игры.

Примечание: Деловая игра “Сбыт” реализована на ЭВМ.

Одна партия игры – от ввода данных в ЭВМ до вывода результатов на дисплей – занимает менее 10 секунд машинного времени. Игровой цикл состоящий из 18-24 партий, проходит за 20-25 минут, что позволяет в течение одного занятия провести, проанализировать несколько вариантов игры с различными законами управления, в том числе и с применением “автоматов”. Все начальные, промежуточные и конечные результаты выводятся на дисплей. Любой нужный нам результат можно получить в виде распечатки.

После загрузки программы и появления на экране трафарета “Ввод исходной информации” оператор (ведущий) вводит соответствующие команды или необходимые данные в порядке поступления запросов с ЭВМ. Запросы формируются в следующем виде:

1. Вариант игры: жесткая централизация, согласованное управление; жесткая централизация со штрафом или согласованное управление со штрафом.

2. Характеристика поставщика – объем дополнительного выпуска к моменту получения заявок на досрочную поставку.

3. Характеристика потребителей:

3.1. Общее количество потребителей.

3.2. По каждому предприятию:

3.2.1. Объем требуемой досрочной поставки.

3.2.2. Истинное значение удельных издержек от нехватки продукции.

4. Количество периодов игры.

5. Вариант игры: в режиме “автоматов” или без него.

6. Штраф за недостоверную информацию.

7. Фиксированная надбавка к цене за срочность поставки (при жесткой централизации).

8. Если выбрать вариант игры в режиме “автоматов”, то добавляются:

8.1. Номера предприятий, за которые будут играть участники игры.

8.2. Начальные оценки удельных издержек по предприятиям.

Автомат может играть за любое количество предприятий-потребителей готовой продукции (в данной игре потребителей может быть от 1 до 7).

После ввода исходной информации начинается партия игры:

- участники игры записывают свои оценки удельных издержек и сообщают их оператору;

- оператор вводит эти оценки в порядке, соответствующем номерам предприятий и нажимает на кнопку “ввод” для решения задачи оптимального планирования;

- на экран дисплея и на печать выводятся;

- номер периода игры (месяца);
- вариант игры: “Жесткая централизация” или “Согласованное управление”;
- для всех предприятий;
- NN предприятий;
- величина досрочной поставки;
- затраты (в данном периоде);
- суммарные затраты (с начала игры);
- величина потерь поставщика (отрасли);
- штраф;
- надбавка к цене за срочность поставки.

Выведенная информация является общей, доступной для всех участников игры. Участники игры должны зафиксировать, относящиеся к их предприятиям данные, проанализировать итоги прошедшего и принять решения на очередную партию игры.

После окончания всего игрового цикла можно распечатать программу и все запросы-команды, поданные в ходе игры.

Организация и проведение игры

1. Отбираются участники игры, $n = 4 \div 6$ команд (по 1-3 человек). Назначаются ведущий и оператор, последний может играть роль поставщика.
2. Участники игры предварительно знакомятся с теоретической частью игры.
3. Ведущий выбирает вариант игры (жесткая централизация, согласованное управление, жесткая централизация со штрафом или согласованное управление со штрафом).
4. Ведущий объясняет основные правила игры: порядок подачи заявок, вид целевых функций поставщика и потребителя, количество имитируемых периодов, сведения о поставщике, об использовании “автоматов” в качестве участников игры, если игра в режиме “автоматов”, раздает

участникам игры карточки - бланки (табл.5.3.) с основными сведениями об предприятиях - потребителях, сам заполняет бланк № 1 (табл.5.1.) с реальными данными

$$B, R_i, \mu_i, d_i, \underline{M_i}, \overline{M_i}, i=1+n, \lambda$$

если жесткая централизация.

5. Участники изучают характеристики своих предприятий и намечают стратегию игры.
6. Оператор вводит в ЭВМ необходимые команды и исходные данные для проведения игры.
7. Начало игры: участники принимают решение о заявках на досрочную поставку в очередной период, заносят его, не показывая другим участникам, в бланк (табл.5.3) и сообщают оценки μ_1 оператору.
8. Оператор вводит их оценки $\{\mu_i\}$ в ЭВМ и дает команду для решения задачи.
9. Оператор сообщает план досрочных поставок, полученный в ходе решения задачи, каждому участнику игры (все результаты выводятся на экран дисплея). Участники заносят результаты, соответствующие их предприятиям, в свои бланки (табл.5.3.) и анализируют их. Оператор может также заполнять табл.5.2.

Пункты 7 - 9 повторяются до окончания игрового цикла.

10. Ведущий вводит в ЭВМ реальные данные $\{\mu_i\}$ и дает команду для решения задачи.
11. После окончания всего периода игры производится распечатка с ЭВМ графиков изменения сообщаемых оценок, надбавки к цене, значений целевых функций потребителей и поставщика в зависимости от периодов игры.
12. Сравниваются результаты, полученные в ходе игры, с результатами, полученными в п.10.

13. Проводится коллективный анализ результатов всех участников игры, обсуждение стратегий отдельных участников.

14. Ведущим подводится итог прошедшего первого цикла, проводится выявление и награждение победителей.

Реализация игры в режиме “автоматов”. При малом числе людей или ограниченном времени, а также в случае экспериментальной проверки теоретических результатов целесообразно проведение игры в режиме “автоматов”.

Термин “автомат” определяет совокупность блока управления, который может пребывать в различных состояниях (внутренних состояниях автомата), а также устройства для ввода и вывода команд.

Функционирование автомата происходит следующим образом: через входное устройство в t –ый момент времени сигнал команды поступает в блок управления, где в соответствии с разработанной программой (стратегией) автомат будет переходить из одного внутреннего состояния в другое. Затем выходное устройство выдает команду, соответствующую t –му текущему состоянию автомата.

Представляет научный интерес сравнение стратегий людей со стратегиями “автоматов”. В режиме “автоматов” можно проводить игру в любом варианте.

ЭВМ (“автомат”) может играть за любое количество игроков (предприятий-потребителей).

Стратегии “автоматов” зависят от величины целевой функции потребителя, за которого играет ЭВМ. После очередной партии игры ЭВМ сравнивает значения своей целевой функции в текущей партии со значением в предыдущей партии. Если текущее значение более выигрышное, чем предыдущее, то “автомат” делает еще один шаг (длина шага больше или равна “1”) в этом направлении, если проигрышное, то возвращается в предыдущее положение и в следующем ходе, если к этому периоду значение целевой

функции не меняется, “автомат делает ход в обратном направлении и т. д.

Если в обоих направлениях проигрышные стратегии, то “автомат” придерживается исходной выигрышной стратегии.

Если за какие-то предприятия-потребители играют люди, то стратегия “автомата” зависит и от стратегии людей, правила выбора стратегии “автоматов”, приведенные выше остаются в силе.

Таблица 5.1 (Ведущему)

РЕАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

№ № предприятий- потребителей	1	2	3	4	5
R_i	25	25	30	30	20
μ_i	6	8	5	7	8
$\underline{M}_i \leq \mu_i \leq \overline{M}_i$	[1,10]	[1,10]	[1,10]	[1,10]	[1,10]
d_i	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$B = 85 \quad \lambda^* = 5$					

Обсуждение результатов игры

Деловая игра “Сбыт” была применена для экспериментального исследования законов жесткой централизации и согласованного управления. Исследовались следующие случаи.

1. Закон жесткой централизации (со штрафами и без штрафов за искажение информации о коэффициентах потерь).
2. Закон согласованного управления.

Таблица 5.2 (Ведущему)

№ № партии	$F = \sum_{i=1}^n \mu_i (R_i - x_i) \rightarrow \min$												
	μ_1					λ		x_i					F
	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5	
1	10	8	8	9	9	8	8	25	4	6	30	20	288
2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Таблица 5.3 (Участнику)

Предприятие № i, $f_i = \lambda x_i + \mu_i (R_i - x_i); R_i = 30, \mu_i = 7, 1 \leq \mu_i \leq 10$				
№ партии	1	2		
μ_1	9	...		
x_i	30	...		
f_i	150	...		
λ^*	5	...		

- При жесткой централизации $\lambda = \text{const}$

Оба случая исследовались в режимах игры участников (людей) и игры людей с участием автоматов.

Всего было проведено порядка 100 игр по 10-15 партий каждая.

Типичное поведение участников (или автоматов) для различных случаев проведено на рис.5.1, 5.6.

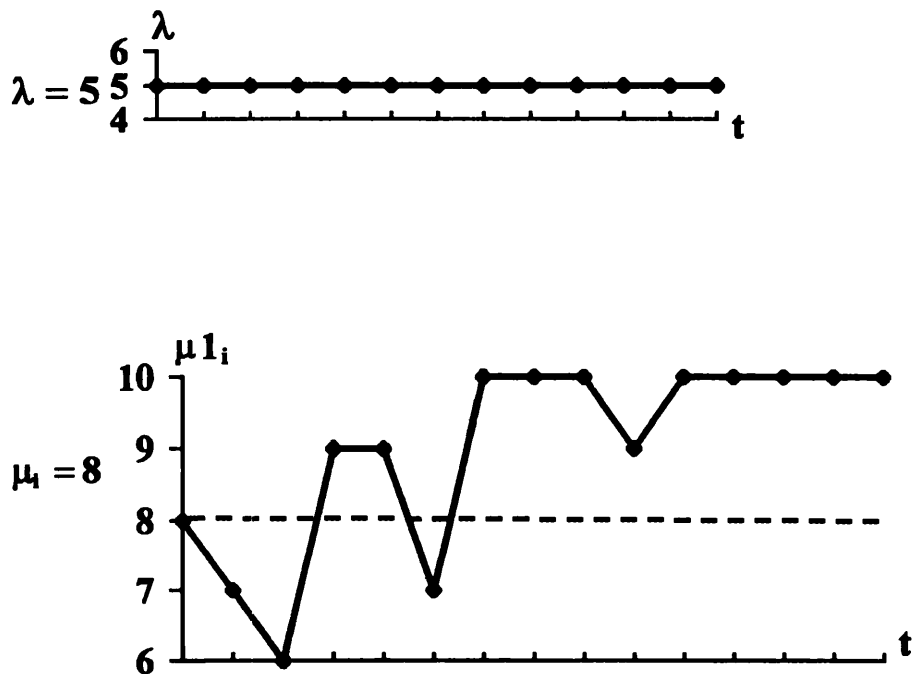


Рис.5.1

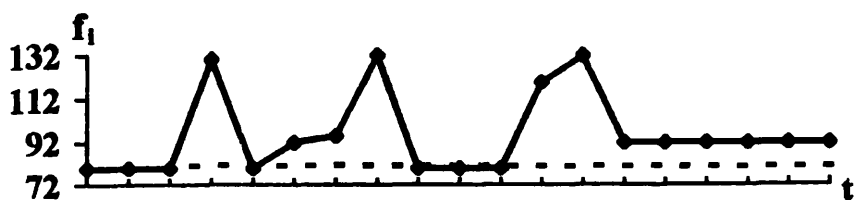
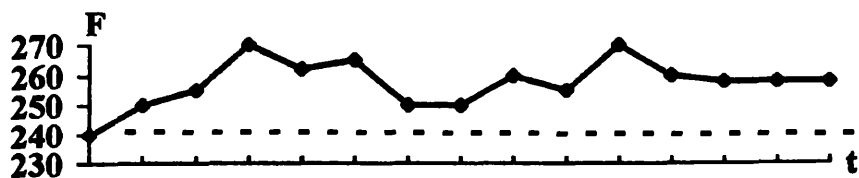
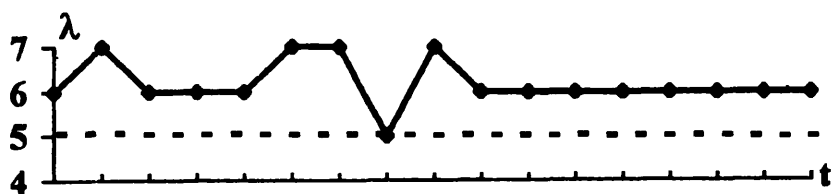


Рис.5.2



$\lambda = 5$

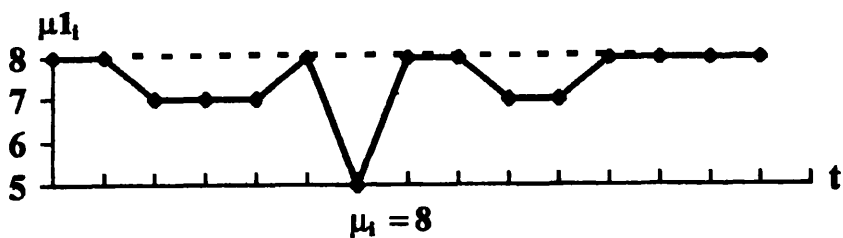


Рис.5.3

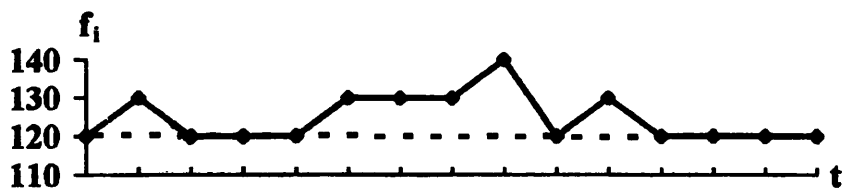
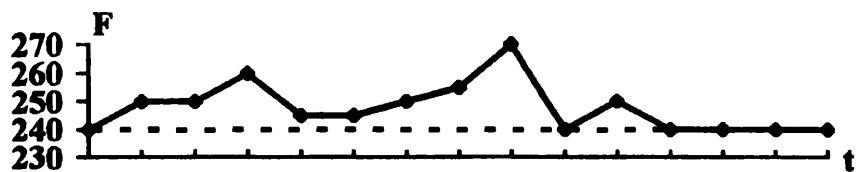


Рис.5.4

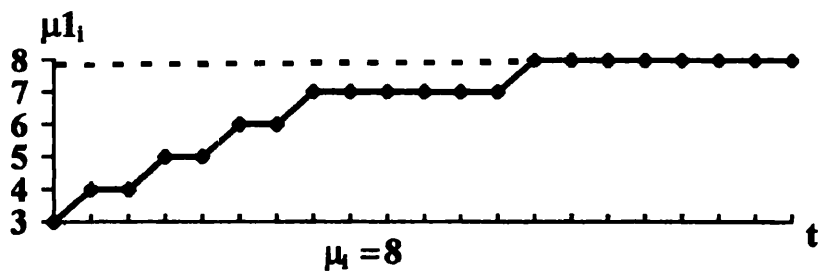
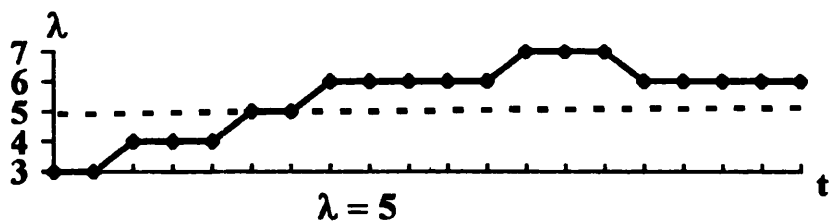


Рис.5.5

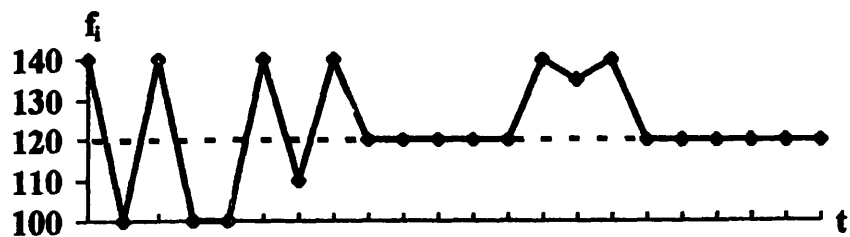
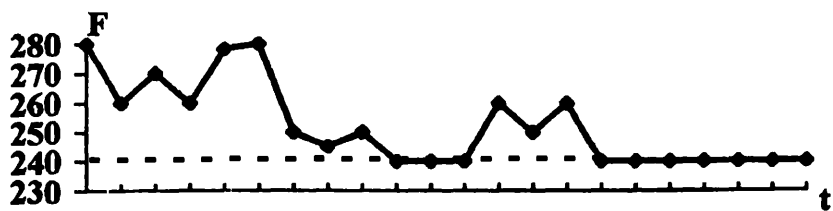


Рис.5.6

5.2. Деловая игра "Распределение грузопотоков по видам транспорта"

Транспорт имеет важнейшее государственное и народнохозяйственное значение. Он является одним из главных факторов успешного развития экономики и культуры, рационального размещения производительных сил в стране.

Повышение качества и эффективности работы транспорта может быть реально достигнуто лишь при организации четкого взаимодействия различных видов транспорта и их комплексной эксплуатации.

Для правильного распределения перевозок по видам транспорта необходимо решить ряд технико-экономических и управленческих задач: согласованное распределение перевозок, создание системы соизмеримых показателей работы разных видов транспорта, установление взаимоувязанных тарифов на перевозки, определение правовых основ комплексной эксплуатации видов транспорта, создание автоматизированной системы управления транспортом и др.

Деловые игры "Распределение грузопотоков по видам транспорта" и "Распределение грузопотоков по направлениям" построены на базе линейных и нелинейных моделей, описывающих традиционные транспортные и распределительные задачи. Они дают возможность быстро и наглядно анализировать действия различных принципов и законов управления в транспортных системах [6, 10].

Содержательное описание игры

Рассмотрим простейшую транспортную систему, состоящую из пункта отправления А и пункта назначения Б (рис 5.7). Примем, что из пункта А в пункт Б в течение планируемого периода необходимо перевезти R единиц груза. Перевозка груза может осуществляться различными видами

транспорта (например, железнодорожным, речным, морским, автомобильным и т.д.).

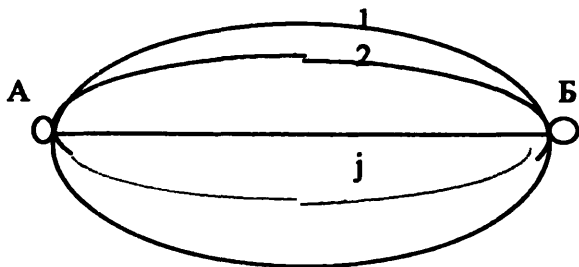


Рис.5.7

Обозначим через $\varphi_j(x_j)$ затраты на перевозку груза в количестве x_j , j -ым видом транспорта. Задача заключается в определении объемов перевозок, выполненных каждым видом транспорта так, чтобы общие (совокупные) затраты в транспортной системе были минимальными. Примем, что координационный центр решает задачу распределения грузопотоков между различными видами транспорта. Для решения этой задачи координационный центр должен иметь информацию о функциях затрат $\varphi_j(x_j)$. Примем, что эта информация имеется в соответствующей транспортной подсистеме. Рассмотрим следующий механизм функционирования координационного центра.

1. Каждая транспортная подсистема сообщает в координационный центр информацию о затратах на перевозку грузов. В дальнейшем примем, что функции $\varphi_j(x_j, r_j)$ заданы в параметрическом виде и известные в координационном центре с точностью до параметра r_j . В этом

случае каждая транспортная подсистема сообщает в координационный центр оценку z_j параметра r_j .

2. Координационный центр решает задачу определения грузопотоков $x_j(s)$ (план), а также определяет (и корректирует) тарифы на перевозку $\lambda(s)$ (управление). Очевидно, что каждая транспортная подсистема, сообщая информацию о затратах, преследует свои хозяйственные интересы. При "плохом" согласовании интересов транспортных подсистем и координационного центра в системе могут возникнуть отрицательные тенденции завышения оценок затрат на перевозку грузов. Проблема состоит в создании такого хозяйственного механизма, который обеспечивает решение задачи оптимального планирования грузопотоков в координационный центр на основе достоверной информации о затратах на перевозку.

Описание модели игры

Рассматривается двухуровневая система, содержащая координационный центр и несколько транспортных подсистем.

Пусть для простоты вычислений, не снижающей уровня общности выводов,

$$\varphi_j(x_j, r_j) = \frac{1}{2r_j} x_j^2, \quad j = 1 + m$$

где r_j - характеризует коэффициент эффективности j -ой транспортной подсистемы (величина обратная трудоемкости перевозки единицы груза).

Тогда целевая функция каждой транспортной подсистемы определяется величиной прибыли от перевозки x_j количества грузов

$$f_j = \lambda x_j - \frac{1}{2r_j} x_j^2 \quad (5.9)$$

Задача координационного центра формулируется следующим образом: определить такой план грузопотоков $\{x_j\}$, чтобы

$$\sum_{j=1}^m \frac{1}{2r_j} x_j^2 \rightarrow \min \quad (5.10)$$

при условии $\sum_{j=1}^m x_j = R$.

Так как координационному центру известны только s_j оценки r_j , то задача (5.10) имеет следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{j=1}^m \frac{1}{2s_j} x_j^2 &\rightarrow \min \\ \sum_{j=1}^m x_j &= R \end{aligned} \right\} \quad (5.11)$$

В случае принципа жесткого централизованного управления, когда величины λ заданы координационным центром постоянно для всех транспортных подсистем, план $x_j(s)$ определяется выражением

$$x_j = s_j \frac{R}{\sum_{j=1}^m s_j}, \quad j = 1 + \overline{m} \quad (5.12)$$

В случае принципа согласованного управления координационный центр учитывает дополнительные условия согласования, выполнение которых гарантирует каждой транспортной подсистеме наибольшую "прибыль" при заявляемой величине s_j .

Условия согласования имеют вид :

$$\lambda x_j - \frac{1}{2s_j} x_j^2 = \max_{0 \leq y_j \leq R} [\lambda y_j - \frac{1}{2s_j} y_j^2], \quad j=1+\overline{m} \quad (5.13)$$

Таким образом, при согласованном управлении координационный центр решает задачу (5.11, 5.13); выполнение условия согласования обеспечивается соответствующим выбором величины λ , которая определяется соотношением

$$\lambda = \frac{R}{\sum_{j=1}^m s_j} \quad (5.14)$$

Подставляя (5.14) в выражение (5.12) получим

$$x_j = \lambda s_j \quad (5.15)$$

Предварительный анализ игры. Игровая ситуация возникает из-за того, что каждая транспортная подсистема старается максимизировать свою прибыль, пользуясь тем, что координационный центр не знает достоверно величин r_j , а знает лишь границы $d_j \leq r_j \leq D_j$, $j=1+\overline{m}$, в пределах которых могут изменяться эти величины.

Анализ игры при жестком централизованном управлении ($\lambda = \text{const}$), показывает, что транспортные подсистемы искажают сообщаемую координационному центру информацию о своих возможностях с целью повышения выигрыша. Транспортные подсистемы не имеют конкретной стратегии игры. Значение целевой функции координационного центра далеко от оптимального (оптимальное значение имеет место, когда $s_j = r_j$).

Анализ игры при согласованном управлении показывает, что при соблюдении условия согласования (5.13) выполняются следующие условия равновесия

$\{s_j\} = \{r_j\}$, $j = 1 + \overline{m}$, т.е. при согласованном управлении обеспечивается оптимальное состояние всей единой транспортной системы, одновременно доставляя гарантированно высокие выигрыши отдельными транспортной подсистемы (так как все транспортные подсистемы сообщают свои достоверные значения $s_j = r_j$, $j = 1 + m$).

Таким образом, транспортные подсистемы придерживаются конкретной стратегии игры $s_j^* = r_j$ при гипотезе слабого влияния (где под гипотезой слабого влияния принимаются условия, когда транспортные подсистемы не учитывают влияния сообщаемых оценок s_j на величину λ).

Описание линейной модели игры

Рассмотрим подробно случай линейных зависимостей, когда $\varphi_j(x_j, r_j) = r_j x_j$, $j = 1 + m$, $0 \leq x_j \leq c_j$, $j = 1 + m$, где r_j - затраты от перевозки; c_j - максимальное количество груза, которое может перевезти j -ая транспортная подсистема за планируемый период или пропускная способность j -ой транспортной подсистемы. Целевая функция j -ой транспортной подсистемы имеет вид:

$$f_j = (\lambda_j - r_j)x_j \rightarrow \max \quad (5.16)$$

Целевая функция координационного центра имеет следующий вид:

$$\Phi = \sum_{j=1}^m r_j x_j \rightarrow \min \quad (5.17)$$

При сообщении транспортными подсистемами $\{s_j\}$ оценки $\{r_j\}$ координационный центр решает следующую задачу:

$$\sum_{j=1}^m s_j x_j \rightarrow \min \quad (5.17a)$$

при ограничении $\sum_{j=1}^m x_j = R$

Условия согласования имеют вид:

$$(\lambda_j - s_j) x_j = \max_{0 \leq y_j \leq c_j} (\lambda_j - s_j) y_j, \quad j = 1 + m \quad (5.18)$$

Пусть s_j упорядочены по возрастанию ($s_1 \leq s_2 \leq \dots \leq s_m$) и q такое, что

$$\sum_{j=1}^{q-1} c_j < R \leq \sum_{j=1}^q c_j$$

Тогда решение задачи (5.17) можно записать в явном виде :

$$x_j = \begin{cases} c_j, & j=1+(q-1) \\ R = \sum_{i=1}^{q-1} c_i, & j=q \\ 0, & j=(q-1)+m \end{cases} \quad (5.19)$$

При рассмотрении принципа жесткого централизованного управления ($\lambda = \text{const}$) x_j определяется из предыдущего выражения (5.19).

Если рассматривается случай согласованного управления, то

$$\lambda = s_q \quad (5.20)$$

и x_j также определяется из (5.19).

Для j - ой транспортной подсистемы можно определить λ_j по формуле

$$\lambda_j = \lambda + \Delta_j, \quad \Delta_j = \lambda_j - \lambda = \lambda_j - s_q \quad (5.20a)$$

где Δ_j - величина разности тарифа j -ой транспортной подсистемы от единого тарифа λ , вычисляемого для всех транспортных подсистем по формуле (5.20).

Анализ игры при жесткой централизации показывает, что при

$$\begin{aligned}\lambda_j > r_j &\Rightarrow s_j < r_j, \\ \lambda_j < r_j &\Rightarrow s_j > r_j, \quad j = 1 + m\end{aligned}$$

где $d_j \leq r_j \leq D_j$.

Таким образом, транспортные подсистемы сообщают недостоверные информации и значение целевой функции координационного центра далеко от оптимального.

Анализ игры при согласованном управлении показывает, что при соблюдении условия согласования выполняются следующие условия равновесия

$$\begin{aligned}r_j < \lambda &\Rightarrow x_j = c_j, \\ r_j > \lambda &\Rightarrow x_j = 0, \quad j = 1 + m\end{aligned}$$

Транспортные подсистемы стараются сообщать истинные оценки $s_j^* = r_j$: обеспечивается оптимальное значение целевой функции координационного центра и одновременно большие выигрыши отдельным транспортным подсистемам.

З а м е ч а н и е 1. Учитывая, что для линейных моделей сходимость к ситуации равновесия нетривиальна, можно применить для случая согласованного управления слабые штрафы. Тогда целевая функция j -ой транспортной подсистемы f_j будет иметь вид:

$$f_j = (\lambda_j - r_j)x_j - \alpha(r_j - s_j)c_j \rightarrow \max, \quad (5.16a)$$

где α - коэффициент штрафа за недостоверную информацию, $0 < \alpha < 1$.

Предполагается, что координационный центр после этапа планирования знает величину r_j , $j = 1 + m$.

Анализ игры при согласованном управлении со штрафом, как было описано раньше, соответствует случаю согласованному управлению без штрафов. Транспортные подсистемы сообщают истинные оценки $s_j^* = r_j$, $j=1+m$.

З а м е ч а н и е 2. Если гипотеза слабого влияния недостаточно правомерна, т.е. транспортные подсистемы учитывают влияние сообщаемых оценок s_j на величину λ_j , то для устойчивости функционирования систем можно использовать метод нормирования целевых функций транспортных подсистем. Стимулирование транспортных подсистем производится из единого фонда, величина которого M задана (либо зависит от суммарного выигрыша всех транспортных подсистем), т.е. значение целевых функций определяется из следующего выражения:

$$f_j^M(s) = \frac{f_j(s)}{\sum_{k=1}^m f_k(s)} M, \quad \text{где} \quad M = \mu \sum_{k=1}^m f_k(s)$$

$$f_j^M = \frac{\lambda x_j - \frac{1}{2r_j} x_j^2}{\sum_{k=1}^m (\lambda x_k - \frac{1}{2r_k} x_k^2)} M; \quad (5.9a)$$

$$f_j^M = \frac{(\lambda_j - r_j) x_j}{\sum_{k=1}^m (\lambda_k - r_k) x_k} M, \quad j = 1 + m \quad (5.166)$$

где (5.9а) - для нелинейной модели, (5.16б) - для линейной модели.

Порядок организации и проведения игры

Перед началом игры:

1.Отбираются участники игры, $m = 4-6$ человек или команд.

2.Участники игры предварительно знакомятся с теоретической частью игры. Назначается ведущий, если его нет (он же – координационный центр).

3.Решается вопрос о моделируемом принципе управления - (жесткое централизованное управление или согласованное управление) и о модели игры (нелинейная или линейная).

4.Ведущий подготавливает данные для игры и определяет значение величин: R - количество груза, которого надо перевезти; r_j - коэффициент эффективности j -ой транспортной подсистемы; c_j - пропускную (провозную) способность j -ой транспортной подсистемы; λ - тариф на перевозку; Δ_j - дополнительный тариф для j -ой транспортной подсистемы, для всех транспортных подсистем, которые заносят в табл. 5.4 (или 5.4а).

5.Ведущий объясняет участникам смысл и правила игры, порядок сообщения данных (оценок), вид целевых функций, сообщает (закрыто) количественные характеристики коэффициента эффективности - r_j , дополнительного тарифа - Δ_j , провозной способности - c_j каждому j -му участнику (j -ой транспортной подсистемы).

Если случай жесткой централизации, то сообщается и значение тарифа- λ .

6. Участники изучают характеристики своих транспортных подсистем, заносят данные в табл.5.5 (или в табл. 5.5а линейной модели) и намечают стратегию игры.

7. Для оперативного проведения игры можно рекомендовать назначение всем командам одинаковых значений r_j - коэффициента эффективности и λ - тарифа за перевозку или заранее можно составить таблицу вычисления выигрышей команд (например, при нелинейной модели для случая $r = 5$ для всех транспортных подсистем дана табл.5.6).

Проведение игры:

1. Все участники сообщают (закрыто) свои оценки s_j (оценку коэффициента эффективности - r_j) ведущему, где s_j находится в пределах $d_j \leq s_j \leq D_j$, d_j и D_j - соответственно нижние и верхние границы значения s_j , $j = 1 + m$.

2. Ведущий решает задачу оптимальной перевозки, т.е. вычисление величин x_j количество перевозимого груза j - ой транспортной подсистемы по выражению (5.12) (или (5.19) - при линейной модели) и λ (значение тарифа за перевозку) по выражению (5.14) (или 5.20, 5.20а), если рассматривается принцип согласованного управления.

3. Ведущий заполняет табл.5.4 и сообщает каждому участнику значения x_j - количество перевозимого груза и λ - величину тарифа.

4. Подсчет участниками игры своих целевых функций по выражению (5.9) или (5.16). Если нормирование, то по (5.9а) или (5.16б), если согласованное управление со штрафом, то по (5.16а). Ведущим - величину потерь в системе по (5.10) или (5.17). Все данные заносятся в табл.5.4.(5.4а) и табл.5.5.(5.5а).

5. Анализ результатов одной партии игры и повторение п.п. 1 – 4 до окончания проводимого тура игры.

После окончания тура игры:

1. Участники строят графики зависимостей целевых функций и сообщаемых оценок от периодов тура игры.

2. Проводится коллективный анализ результатов всех участников игры, обсуждаются стратегии отдельных участников.

3. Ведущий подводит итоги прошедшего тура игры и объявляет результаты, выявляющие преимущества одной структуры игры над другой.

Таблица 5.4 (Ведущему)

r_j	5	5	5	5	5	$1 \leq s_j \leq 10$					$R = 125$	
№	Оценка s_j коэффициента эффективности					Та- риф λ	x_j - количество перевозимого груза					Целевая функция координ. Центра Φ
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
1	5	5	5	6	5	3	24,4	24,4	24,4	29,28	24,4	328
2	6	5	5	4	5	3	30	25	25	20	25	317
3	7	4	4	4	5	3	36,4	20,8	20,8	20,8	26	340
4	4	3	3	5	5	3	25	18,75	18,75	31,25	31,25	323
5	3	2	3	3	5	3	23,4	15,6	23,4	23,4	39,0	340
6	5	5	5	4	5	5	26	26	26	20,8	26	313
7	5	5	5	5	5	5	25	25	25	25	25	312,5
8	5	5	5	5	5	5	25	25	25	25	25	312,5
9	5	5	5	5	5	5	25	25	25	25	25	312,5

Примечание. Партии с 1 по 5 игрались при жесткой централизации с $\lambda = 3 = \text{const}$, с 6 по 9 при согласованном управлении.

Таблица 5.4а (Ведущему)

$r_j \Rightarrow$	8	5	6	7	$c_j \Rightarrow$	25	20	30	25	$R=70$
№	$1 \leq s_j \leq 10$				λ	$0 \leq x_j \leq c_j$				Φ
	1	2	3	4		1	2	3	4	
1	1	5	6	5	10	25	20	0	25	475
2	1	5	6	7	10	25	20	25	0	450
3	1	5	6	1	10	25	20	0	25	475
4	1	5	6	1	10	25	20	0	25	475
5	1	5	6	1	10	25	20	0	25	475
6	5	5	6	6	6	25	20	13	12	462
7	6	5	6	8	6	25	20	25	0	450
8	6	5	6	7	6	25	20	25	0	450
9	10	5	6	2	6	0	20	25	25	425
10	9	5	6	7	7	0	20	30	20	420
11	9	5	6	7	7	0	20	30	20	420
12	9	5	6	7	7	0	20	3	20	420
13	6	5	6	7	6	25	20	25	0	450
14	8	5	6	7	7	0	20	30	20	420
15	8	5	6	7	7	0	20	30	20	420

Примечание. Партии с 1 по 5 игрались при жесткой централизации с $\lambda = 10 = \text{const}$, с 6 по 12 при согласованном управлении и с 12 по 15 при согласованном управлении со штрафом $\Delta_j = 0,5$.

Таблица 5.5 (Участнику)

Коэффициент эффективности		Команда N j				
№ партии	$f_j = \lambda x_j - \frac{1}{2r_j} x_j^2$					
	1	2	3	4	5	
1	14,6	14,6	14,6	0	14,6	
2	0	12,5	12,5	20	12,5	
3	-21	18,8	19,2	18	10,4	
4	12,5	23,33	21,1	-3	0	
5	15	15	15,4	16	-40	
6	63	64	62,4	61	63	
7	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	
8	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	
9	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	

Таблица 5.5а (Участнику)

№ партии	$f_j = (\lambda - r_j)x_j \rightarrow \max, \Delta_j = 0,5, 1 \leq s_j \leq 10$			
	1	2	3	4
1	50	100	0	75
2	50	100	100	0
3	50	100	0	75
4	50	100	0	75
5	50	100	0	25
6	-50	20	0	12
7	-50	20	0	0
8	-50	20	0	0
9	0	20	0	-25
10	0	40	30	0
11	0	40	30	0
12	0	40	30	0
13	-25	20	30	0
14	0	20	30	20
15	0	20	30	20

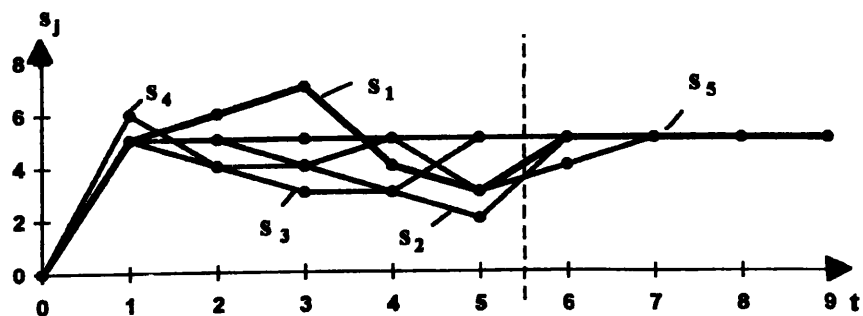
Примечание. Партии с 1 по 5 игрались при жесткой централизации с $\lambda=10=\text{const}$, с 6 по 12 при согласованном управлении и с 12 по 15 согласованное управление со штрафом, при $\Delta_j = 0,5$.

Таблица 5.6

План x_j	f_j	План x_j	f_j
1	$\lambda - 0,1$	19	$19\lambda - 36,1$
2	$2\lambda - 0,4$	20	$20\lambda - 40$
3	$3\lambda - 0,9$	21	$21\lambda - 44,1$
4	$4\lambda - 1,6$	22	$22\lambda - 48,4$
5	$5\lambda - 2,5$	23	$23\lambda - 52,9$
6	$6\lambda - 3,6$	24	$24\lambda - 57,6$
7	$7\lambda - 4,9$	25	$25\lambda - 62,5$
8	$8\lambda - 6,4$	26	$26\lambda - 67,6$
9	$9\lambda - 8,1$	27	$27\lambda - 72,9$
10	$10\lambda - 10$	28	$28\lambda - 78,4$
11	$11\lambda - 12,1$	29	$29\lambda - 84,1$
12	$12\lambda - 14,4$	30	$30\lambda - 90$
13	$13\lambda - 16,9$	31	$31\lambda - 96,1$
14	$14\lambda - 19,6$	32	$32\lambda - 102,4$
15	$15\lambda - 22,5$	33	$33\lambda - 108,9$
16	$16\lambda - 25,6$	34	$34\lambda - 115,6$
17	$17\lambda - 28,9$	35	$35\lambda - 122,5$
18	$18\lambda - 32,4$	36	$36\lambda - 129,6$

Обсуждение результатов игры. Для случая нелинейной модели числовые данные игры представлены в табл.5.4 и 5.5, а графические зависимости s_j , f_j , от периодов игры t на рис. 5.8+5.9. При $\lambda=3 < r_j=5$ игрокам выгоднее сообщать $s_j < r_j$, чтобы не получать слишком большие невыгодные

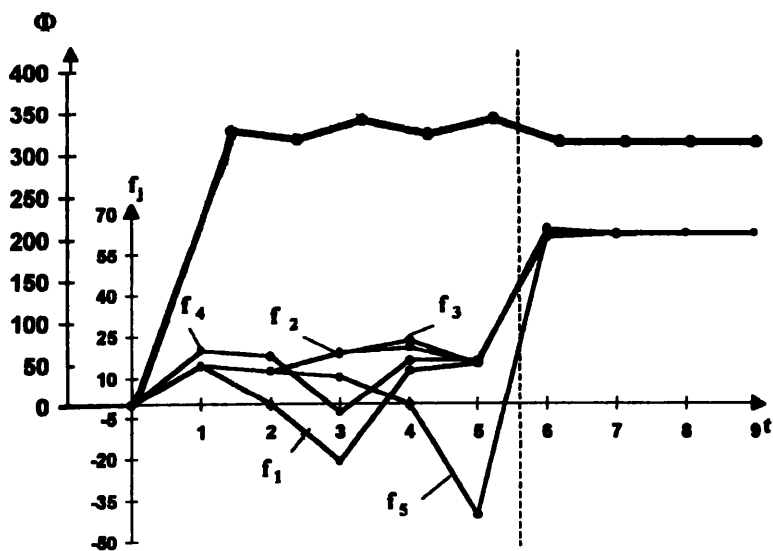
планы $\{x_j\}$. Пятый игрок придерживаясь достоверной информации $s_5 = r_5$ получает невыгодные большие планы x_j и находится в проигрышном состоянии, $f_5 = -40$ при $t = 5$. На третьем этапе игры первый игрок тоже находится в проигрыше, так как сообщая $s_1 = 7 > r_1$ получает невыгодно большой план $x_1 = 36,4$ и $f_1 = -21$. В целом, как и предполагалось из предварительного анализа, игроки при жесткой централизации (периоды с 1 по 5) искажали сообщаемую информацию, т.е. $s_j \neq r_j$.



ЖЦ

СУ

Рис.5.8



ЖЦ

СУ

Рис.5.9

5.3. Деловая игра "Распределение грузопотоков по направлениям"

Содержательное описание игры

Рассмотрим n видов транспортных подсистем, которые перевозят грузы (сырье) из пункта A к m потребителям, имеющим потребности сырья в количестве $b_j (j=1+m)$ (рис.5.10). Каждая транспортная подсистема имеет

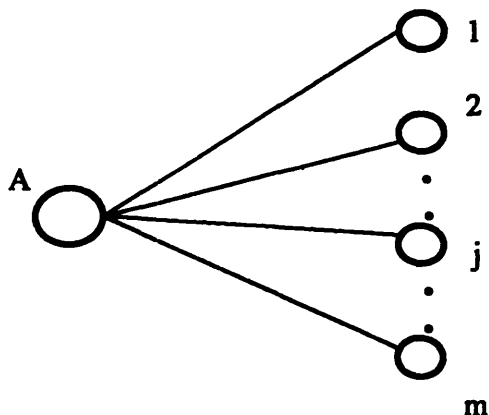


Рис.5.10

пропускную (провозную) способность, равную $a_i (i=1+n)$.

Функционирование системы происходит следующим образом.

Сначала каждая транспортная подсистема, имеющая целевую функцию вида

$$f_i = \sum_{j=1}^m (\pi_j - c_{ij}) x_{ij} \rightarrow \max \quad (5.21)$$

сообщает в координационный центр s_{ij} оценку своих потерь c_{ij} , от перевозки груза в количестве x_{ij} от A до j -го потребителя. π_j - тариф за перевозку единицы груза от A до j -го

потребителя. Целевая функция координационного центра определяется формулой

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (5.22)$$

На этапе планирования перевозок координационный центр минимизирует суммарные потери от перевозок в форме следующей задачи:

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (5.22a)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = b_j, \quad j=1 \div m \quad (5.23)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq a_i, \quad i=1 \div n \quad (5.24)$$

Предполагаем, что координационный центр знает лишь границы изменения величин c_{ij} , т.е. $d_{ij} \leq s_{ij} \leq D_{ij}$, $i=1 \div n$, $j=1 \div m$.

Для решения задачи (5.22a+5.24) выпишем двойственную к ней задачу с двойственными переменными γ_j и $\lambda_i \geq 0$:

$$\sum_{j=1}^m \gamma_j b_j - \sum_{i=1}^n \lambda_i a_i \rightarrow \max \quad (5.25)$$

$$\gamma_j - \lambda_i \leq s_{ij}, \quad i=1 \div n, \quad j=1 \div \overline{m}, \quad (5.26)$$

откуда $\lambda_i = \max(0, \gamma_j - s_{ij})$.

Так как каждая транспортная подсистема стремится максимально использовать свою пропускную способность, то ее целевую функцию можно определить в следующей форме:

$$\lambda_i a_i = \sum_{j=1}^m (\gamma_j - s_{ij}) x_{ij} \rightarrow \max$$

Если рассматривается вариант жесткой централизации, то координационный центр, решив задачу (5.22а, 5.24), сообщает транспортной подсистеме значение x_{ij} , а значение $u_j = \text{const}$.

Если же рассматривается вариант согласованного управления, то к задачам (5.22а + 5.24), добавляется условия совершенного согласования следующего вида:

$$(u_j - s_{ij}) x_{ij} = \max_i (u_j - s_{ij}) x_{ij}, \quad i = 1 + \overline{m} \quad (5.27)$$

Координационный центр, решив задачу (5.22а, 5.24, 5.27) сообщает каждой транспортной подсистеме x_{ij} и значение $u_j = \gamma_j$, $j = 1 + \overline{m}$, которое определяется из решения задачи (5.25, 5.26).

На этапе реализации вычисляются значения функции (5.21) и (5.22). Анализируются результаты функционирования каждого вида транспорта и координационного центра в целом.

Задача решается известными алгоритмами для транспортных задач.

Если перевозка производится из нескольких пунктов A_i , где $i = 1 + n$, решение задачи происходит аналогично.

З а м е ч а н и е.

а). Если рассматриваем согласованное управление со штрафом, тогда целевая функция i -ой транспортной подсистемы имеет вид

$$f_i = \sum_{j=1}^m (u_j - c_{ij}) x_{ij} - \alpha / s_{ij} - c_{ij} / a_i \rightarrow \max, \quad (5.21a)$$

где α - коэффициент штрафа за недостоверную информацию, $0 < \alpha < 1$.

б). При нормировании целевых функций

$$f_i^M = \frac{\sum_{j=1}^m (c_{ij} - c_{ij}) x_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (c_{ij} - c_{ij}) x_{ij}} M \quad (5.216)$$

$$M = \mu \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (c_{ij} - c_{ij}) x_{ij}$$

Предварительный анализ игры для случая жесткого централизованного управления показывает, что каждая транспортная подсистема, стараясь максимизировать только свою целевую функцию, искажает величину себестоимости перевозок c_{ij} , сообщая $s_{ij} \neq c_{ij}$, что приводит к неустойчивости стратегии игры для каждого вида транспорта и проигрышу координационному центру в целом.

Анализ для согласованного управления приводит к сообщению достоверной информации $\forall i, j : s_{ij} = c_{ij}$, благодаря согласованию интересов каждой транспортной подсистемы с целью координационного центра, т.е. ситуацией равновесия игры является $\{s_{ij}^*\} = \{c_{ij}\}$. И каждая транспортная подсистема при гипотезе слабого влияния придерживается стратегии, равной $s_{ij}^* = c_{ij}$, $i = 1 \div n$, $j = 1 \div m$.

Организация и проведение игры

Перед началом игры:

1. Отбираются участники игры, $m = 4 \div 6$ человек или команд.

2. Участники игры предварительно знакомятся с теоретической частью игры. Назначается ведущий, если его нет (он же - координационный центр).

3. Решается вопрос о моделируемом принципе управления (жесткое централизованное управление или согласованное управление). Ведущий подготавливает данные для игры и определяет значение величин b_j - количества потребляемого груза для j -го пункта, a_i - провозной способности i -ой транспортной подсистемы от перевозки груза в j -ый пункт потребления, c_j - тарифа за перевозку груза в j -ый пункт потребления, $j=1 \div m$, $i=1 \div n$, которые заносит в табл.5.7., табл.5.9.

4. Ведущий объясняет участникам смысл и механизм игры, порядок подачи оценок, вид целевых функций, сообщает (закрыто) количественные характеристики (s_{ij} - потери и c_j - тарифа, если жесткое централизованное управление) каждой транспортной подсистеме.

5. Участники изучают характеристики своих транспортных подсистем, намечают стратегию игры и вводят данные по $\{b_j\}$ и $\{s_{ij}\}$ в табл.5.8., табл.5.10 для каждой партий игры.

Проведение игры:

1. Все участники сообщают (закрыто) для каждой партии игры свои оценки s_{ij} (оценку потерь от перевозки c_j) ведущему, где $d_{ij} \leq s_{ij} \leq D_{ij}$, $i=1 \div n$, $j=1 \div m$, d_{ij} , D_{ij} - нижние и верхние границы изменения величины s_{ij} .

2. Ведущий заполняет табл.5.7, табл.5.9 и решает задачу (5.22, 5.24), определяет количество перевозимого груза x_{ij} , если рассматривается согласованное управление, то тариф $c_j = \gamma_j$ ($j=1 \div m$) вычисляется из решения задачи (5.25 и 5.26).

3. Ведущий сообщает каждому участнику количество перевозимого груза x_{ij} (тариф c_{ij} при согласованном управлении) и заполняет табл. 5.8, табл. 5.10 для данной партии игры.

4. Подсчет участниками своих целевых функций по выражению (5.21) или (5.21a), (5.21б) и ведущим - величину потерь в системе по (5.22); все данные заносятся в табл. 5.8 и табл. 5.10.

5. Анализ результатов одной партии игры и повторение п.п. 1–4 до окончания проведенного тура игры.

После окончания тура игры:

1. Участники строят графики зависимостей целевых функций и сообщаемых оценок от периодов тура игры.

2. Проводится коллективный анализ результатов всех участников игры, обсуждаются стратегии отдельных участников.

3. Ведущий подводит итоги прошедшего тура игры и объявляет результаты, выявляющие преимущества одной структуры игры над другой.

4. При необходимости игра проводится с теми же или измененными условиями.

Таблица 5.7(Ведущему)

$\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m b_j, \quad 1 \leq s_y \leq 10, \quad u_y = 15, \quad i = 1 + n, \quad j = 1 + m$				
$b_j(1)$	150	150	150	150
$b_j(2)$	150	150	150	150
$b_j(3)$	150	150	150	150
$b_j(4)$	200	100	200	100
$b_j(5)$	200	200	100	100
$b_j(6)$	300	100	100	100
$b_j(7)$	300	100	100	100
$b_j(8)$	300	200	50	50
$b_j(9)$	500	50	25	25
$b_j(10)$	300	280	10	10
$b_j(11)$	570	10	10	10
$b_j(12)$	600	0	0	0
a_i				
150	2 c_{11}	3 c_{12}	6 c_{13}	4 c_{14}
150	2 c_{21}	3 c_{22}	6 c_{23}	4 c_{24}
150	2 c_{31}	3 c_{32}	6 c_{33}	4 c_{34}
150	2 c_{41}	3 c_{42}	6 c_{43}	4 c_{44}

*- $b_j(t)$ - потребность j -го потребителя в t -й период игры, т.е. для каждого периода t свои числовые данные $b_j(t)$

Таблица 5.8.

N	s_{ij}				b_j				x_{ij}				f_i	Φ
1	1	1	9	9	150	150	150	150	0	150	0	0	1800	2250
	1	5	9	8					150	0	0	0	1950	
	3	4	8	7					0	0	0	150	1650	
	1	1	7	7					0	0	150	0	1350	
2	1	1	9	8	150	150	150	150	150	0	0	0	1950	2250
	1	3	9	8					0	0	0	150	1650	
	2	2	9	9					0	0	150	0	1350	
	2	1	9	9					0	150	0	0	1800	
3	1	1	9	8	150	150	150	150	150	0	0	0	1950	2250
	1	1	9	8					0	150	0	0	1800	
	1	1	9	8					0	0	150	0	1350	
	1	1	9	8					0	0	0	150	1650	
4	1	1	9	8	200	100	200	100	150	0	0	0	1950	2300
	1	1	9	8					50	100	0	0	1850	
	1	1	9	8					0	0	150	0	1350	
	1	1	9	8					0	0	50	100	1350	
5	1	1	9	8	200	200	100	100	150	0	0	0	1950	2000
	1	1	9	8					50	100	0	0	1850	
	1	1	9	8					0	100	50	0	1650	
	1	1	9	8					0	0	50	100	1550	
6	1	1	9	8	300	100	100	100	150				1950	1900
	1	1	9	8					150	100	50		1950	
	1	1	9	8							50	100	1650	
	1	1	9	8									1550	
7	5	3	9	8	300	200	100	100	0	0	100	50	1450	1900
	1	1	9	8					150	0	0	0	1950	
	1	1	9	8					150	0	0	0	1950	
	1	1	9	8					0	100	0	50	1950	
8	1	1	9	9	300	200	50	50	150	0	0	0	1950	1700
	1	1	9	9					150	0	0	0	1950	
	1	1	9	9					0	150	0	0	1800	
	1	1	9	9					0	50	50	50	1600	
9	1	1	9	9	500	50	25	25	150	0	0	0	1950	1400
	1	1	9	9					150	0	0	0	1950	
	1	1	9	9					150	0	0	0	1950	
	1	1	9	9					50	50	25	25	1750	
10	1	1	9	9	300	280	10	10	150	0	0	0	1950	1540
	1	1	9	9					150	0	0	0	1950	
	1	1	9	9					0	150	0	0	1800	
	1	1	9	9					0	130	10	10	1760	
11	1	1	9	9	570	10	10	10	150				1950	1270
	1	1	9	9					150				1950	
	1	1	9	9					150				1950	
	1	1	9	9					120	10	10	10	1880	
12	1	1	9	9	600	0	0	0	150				1950	1200
	1	1	9	9					150				1950	
	1	1	9	9					150				1950	
	1	1	9	9					150				1950	

Таблица 5.9 (Ведущему)

$b_j(1)$	200	200	100	100
$b_j(2)$	200	200	100	100
$b_j(3)$	200	200	100	100
$b_j(4)$	200	200	100	100
$b_j(5)$	500	80	10	10
$b_j(6)$	500	10	10	10
$b_j(7)$	500	80	10	10
$b_j(8)$	570	10	10	10
$b_j(9)$	570	10	10	10
$b_j(10)$	570	10	10	10
$b_j(11)$	570	10	10	10
$b_j(12)$	600	0	0	0
a_i				
150	2	3	6	4
	c_{11}	c_{12}	c_{13}	c_{14}
150	2	3	6	4
	c_{21}	c_{22}	c_{23}	c_{24}
150	2	3	6	4
	c_{31}	c_{32}	c_{33}	c_{34}
150	2	3	6	4
	c_{41}	c_{42}	c_{43}	c_{44}

Таблица 5.10

N	s_{ij}				b_j				x_{ij}				u_{ij}				f_{ij}	Φ
1	6	5	7	2	200	200	100	100	50			100	6	5	5	2	0	2000
	5	4	5	3						150							300	
	8	4	4	5						50	100						0	
	3	3	3	2					150								600	
2	3	8	9	5	200	200	100	100	150				3	8	9	4	150	2000
	2	7	8	6					50	50	50						450	
	3	6	6	1							50	100					150	
	2	4	5	3						150							750	
3	2	3	6	3	200	200	100	100	50			100	2	3	5	3	100	2000
	1	4	6	4					150								0	
	2	2	5	4						150							0	
	2	3	5	4						50	100						100	
4	2	8	9	6	200	200	100	100	150				2	4	8	4	0	2000
	2	9	8	7					50		100						200	
	1	3	7	3						50		100					50	
	2	3	8	8						150							150	
5	2	8	9	6	500	80	10	10	150				2	3	8	4	0	1340
	2	9	8	7					150								0	
	1	3	7	3					140			10					0	
	2	3	8	8					60	80	10	0					20	
6	3	6	8	4	500	80	10	10		140		10	3	4	5	4	140	1320
	2	5	7	5					150								150	
	3	4	5	6					60	80	10	10					150	
	2	4	6	4					150								150	
7	2	3	6	4	500	80	10	10	150				2	3	6	4	0	1300
	2	3	6	4					150								0	
	2	3	6	4					150								0	
	2	3	6	4					150	80	10						0	
8	2	3	6	4	570	10	10	10	150				2	3	6	4	0	1250
	2	3	6	4					150								0	
	2	3	6	4					150								0	
	2	3	6	4					120	10	10	10					0	
9	3	4	7	5	570	10	10	10		140	10		3	4	6	4	150	1230
	2	5	7	4					150								150	
	2	3	5	3					150								150	
	2	4	5	3					130		10	10					130	
10	3	8	9	5	570	10	10	10	150				3	5	6	1	150	1220
	2	7	8	6					150								150	
	3	6	6	1					130		10	10					100	
	2	4	5	3					140	10							160	
11	2	6	9	4	570	10	10	10	150				2	4	5	3	0	1190
	2	5	6	3					150								0	
	2	4	5	3					150								0	
	2	4	5	3					120	10	10	10					-10	
12	2	6	9	4	600	0	0	0	150				2	4	5	3	0	1100
	2	5	6	3					150								0	
	2	4	5	3					150								0	
	2	4	5	3					150								0	

Обсуждение результатов игры

Исходные данные для случая жесткой централизации представлены в таблицах 5.7, 5.10, а графические зависимости s_{ij} , f_{ij} , Φ на рисунках 5.11, 5.12. Из таблицы 5.7 видно, что для всех транспортных организаций выгодными направлениями перевозок грузов является первое и второе направления, где реальные затраты на перевозок $\forall i: c_{i1} = 2$ и $c_{i2} = 3, i=1 \div 4$. Отсюда и заниженные информации оценок s_{ij} до минимального процесса, т.е. $\forall i, t: c_{i1} = c_{i2} = d_{ij} = 1, i=1 \div 4, t=1 \div 12$. "Любознательный" шаг первого игрока на 7 периоде игры (повышение оценок $s_{11} = 5, s_{12} = 3$) приводит к соответствующему смещению значений его целевой функции на 7 периоде игры до $f_1(7) = 1450$.

Изменения значений потребителей b_j от периода к периоду игры не влияют на сообщаемые стратегий игроков, они отражаются лишь на значениях плана перевозок x_{ij} и на целевые функции транспортных подсистем.

Таким образом, еще раз убеждаемся, что при жесткой централизации игроки сообщают недостоверные информации, учитывая только свои интересы.

Для согласованного управления с учетом линейного характера модели игры достоверность сообщаемых оценок s_{ij} приближена к реальным значениям. А после 10 периода игры по выгодным направлениям перевозок достоверность информации однозначная, т.е. $s_{ij} = c_{ij}$ для большинства игроков и направлений.

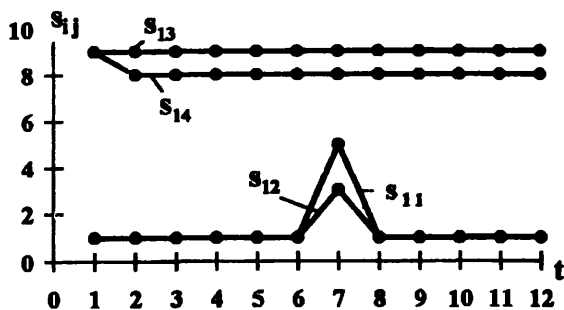


Рис.5.11

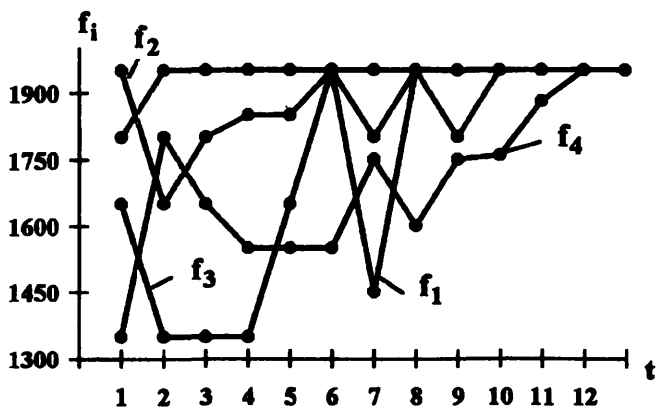


Рис.5.12

5.4. Деловая игра "Распределение ресурсов в режиме "автоматов"

Стратегии "автоматов". При малом числе людей или ограниченном времени, а также в случае экспериментальной проверки теоретических результатов целесообразно проведение игры в режиме "автомат", когда вместо некоторых или всех участников играет ЭВМ. В режиме "автомат" можно проводить игру в любом варианте. ЭВМ (автомат) может играть за любое количество игроков.

Представляет научный интерес сравнение стратегий людей со стратегиями "автоматов".

Стратегии "автоматов" определены следующим образом. Стратегией "автоматов" в каждой партии является либо увеличение оценки предыдущей партии на определенный шаг, либо её уменьшение, либо оценка остается прежней. При этом, если изменение оценки в предыдущей партии привело к увеличению выигрыша или сокращению проигрыша, то в данной партии оценка изменяется в ту же сторону (увеличивается, если в предыдущей партии она увеличивалась, уменьшается - если уменьшалась) и остается прежней, если в предыдущей партии не изменялась. Если же выигрыш уменьшился, то оценка меняется в противоположную сторону по сравнению с изменением в предыдущей партии (увеличивается, если в предыдущей партии уменьшалась, уменьшается - если увеличивалась, и, наконец, если оценка в предыдущей партии не менялась, то делается пробное изменение в сторону увеличения оценки). Если в обоих направлениях проигрышные стратегии, то "автомат" придерживается исходной стратегии.

Если с ЭВМ играют люди, то стратегия "автомата" зависит и от стратегий людей. Но правила выбора стратегии "автоматом", приведенные выше, остаются в силе.

Самой простой на наш взгляд выглядит итерационная процедура вида

$$s_i^{k+1} = s_i^k \pm \gamma_i^k, \quad \gamma_i^k \geq 0 \quad (5.28)$$

где s_i^k - стратегия i -го игрока на k -м шаге, γ_i^k - величина шага.

“Автомат” выбирает стратегию на $k+1$ шага и подсчитывает на этом шаге свой выигрыш со значением целевой функции на k -м шаге. Если значение более выигрышное, то автомат делает шаг в этом направлении, если нет то в обратном направлении и т.д.

Рассмотрим теперь индикаторное поведение автоматов основанных на более сложных принципах [31,32].

Пусть система состоит из n взаимосвязанных элементов $A_i (i=1 \div n)$. Элемент A_i распоряжается выбором величины $s_i \in [d_i, D_i]$.

Для каждого A_i при любом случае и допустимым s_i существует единственная точка $s_i^* = f(s) \in [d_i, D_i]$, которую будем называть положением цели i -го элемента.

Время функционирования системы разбиты на периоды с номерами $k=0,1,2,\dots$. Гипотеза о поведении элементов состоит в следующем (аксиома индикаторного поведения): каждый элемент A_i с течением времени изменяет значение собственной переменной в направлении к текущему положению цели s_i^* , т.е. движется по направлению к поверхности $s_i^* = f_i(s)$. В дискретном случае подобная тактика поведения может быть описана итерационной процедурой

$$\forall i, k: s_i^{k+1} = s_i^k + \gamma_i^k [s_i^* - s_i^k], \quad \gamma_i^k \in [0,1] \quad (5.29)$$

где s_i^k - точка на сегменте $[d_i, D_i]$, которую элемент A_i выбирает в k -м периоде.

Конкретное значение γ_i^k , определяющее величину шага $\Delta s_i^k = s_i^{k+1} - s_i^k$, может зависеть от времени, текущего состояния и некоторых других факторов, внешних по отношению к модели. Ограничение $\gamma_i^k \leq 1$ означает, что в системе отсутствует "перерегулирование" т.е. каждый A_i делает шаг не больший, чем расстояние (по направлению s_i) от s_i^k до поверхности $s_i^* = f_i(s)$.

Рассмотрение игровых моделей приводит к мысли видоизменить модель в несколько ином направлении. Как правило в реальных ситуациях функции выигрыша f_i элемента неизвестны. Элемент A_i располагает лишь локальной информацией о собственной функции выигрыша, зная поведение $f_i(s)$ в некоторой малой окрестности точки, в которой находится система. Еще лучше сказать, что A_i в состоянии оценить лишь направление роста $f_i(s)$ по собственной переменной. В таких условиях гипотеза индикаторного поведения представляется наиболее правдоподобной. В этом случае процедуру (5.29) можно считать адекватной реальному динамическому процессу лишь в предположении, что элементы делают в нужном направлении заведомо малые шаги. Не будучи уверенным в этом, едва ли можно считать выполненным ограничение $\gamma_i^k \leq 1$, так как элементы не располагают информацией для вычисления текущих положений цели.

Если указанное предположение не выполняется, то приходится изучать итерационную процедуру вида

$$\forall i, k: s_i^{k+1} = s_i^k + \xi_i^k \text{sign } g_i(s^k) \quad (5.30)$$

где $\xi_i^k \geq 0$ означает длину шага $\xi_i^k = (s_i^{k+1} - s_i^k)$, а

$$g_i(s^k) = \frac{\partial \Phi_i(s)}{\partial s_i} - \text{функция - индикатор.}$$

И наконец достаточно интересная на наш взгляд модель поведения автомата представляется в виде следующей итерационной процедуры

$$s_i^{k+1} \in [d_i, D_i] \quad (5.31)$$

При фиксированных положениях игроков - людей "автомат" делает перебор по всем возможным значениям (из области $[d_i, D_i]$) и выбирает из них самое оптимальное. В этом случае автомат всегда выглядит предпочтительней людей, так как его стратегия всегда будет оптимальным, нежели у игроков (кроме точки Нэша, где будут находиться все игроки включая и автомат).

Все рассмотренные правила поведения "автоматов" представим в следующем виде:

1. $s_i^{k+1} = s_i^k \pm \gamma_i^k$, $\gamma_i^k > 0$ - стратегия автомата "плюс-минус" шаг;

$$2. s_i^{k+1} = s_i^k + \gamma_i^k \text{sign } g_i(s), \quad \text{sign } g_i(s) = \begin{cases} -1, & \text{если } g_i(s) < 0 \\ 0, & \text{если } g_i(s) = 0 \\ 1, & \text{если } g_i(s) > 0 \end{cases}$$

стратегия автомата "шаг по градиенту";

3. $s_i^{k+1} = s_i^k + \gamma_i^k (\hat{s}_i - s_i^k)$, $\gamma_i^k \in [0, 1]$ - стратегия автомата "ориентация на оптимальность";

4. $s_i^{k+1} = \hat{s}_i$, $\hat{s}_i \in [S_{MIN}, S_{MAX}]$ - стратегия автомата "поиск в интервале".

Постановка задачи игры

Рассмотрим систему, состоящую из управляющего органа (центра) и n подчиненных организаций. Задача центра - так распределить имеющийся у него ресурс R между n элементами, чтобы выигрыш системы в целом был наибольшим.

Приняты следующие предположения: руководство каждой организации знает эффективность переработки ресурса на своем производстве, т.е. знает величины своих выигрышей в зависимости от количества выделенного ресурса; центру известен характер зависимости выигрышей подсистем от количества ресурса, но точных значений показателей эффективности использования ресурсов в организациях центр не знает.

Функционирование описываемой системы в течение одного планового периода предполагается следующим:

- на этапе формирования данных управляющий орган получает от подсистем сведения об эффективности переработки ими ресурса, то есть оценки показателей эффективности;
- на этапе планирования управляющий орган на основании поступивших "снизу" данных решает задачу оптимального распределения ресурса с целью максимизации эффективности всей системы;
- на этапе реализации плана каждая подсистема использует выделенное ей количество ресурса в соответствии с истинным показателем эффективности использования ресурса; подсчитываются выигрыши отдельных подсистем и системы в целом. Суммарный выигрыш каждого элемента складывается из его выигрышей в последовательности партий.

Описание модели игры

Обозначим:

n - количество организаций в системе;

R - количество ресурса, выделяемое организации i , $i=1 \div n$;

$f_i(x_i)$ - функция, определяющая режим потребления ресурса в организациях (она одна и та же для всех организаций и известна управляющему органу);

r_i - коэффициент эффективности использования ресурсов i -й организацией;

$r_i f_i(x_i)$ - эффект от использования i -й организацией ресурса в количестве x_i ,

s_i - оценка величины r_i руководством i -й организации, сообщаемая центру на этапе формирования информации.

Целевая функция всей системы (ее представляет центр) определяется выражением

$$\Phi = \sum_{i=1}^n r_i f_i(x_i) \quad (5.32)$$

На этапе планирования центр на основе сообщенной ему информации решает задачу

$$\left. \begin{aligned} \Phi &= \sum_{i=1}^n s_i f_i(x_i) \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^n x_i &\leq R \end{aligned} \right\} \quad (5.33)$$

и находит величины $\{x_i\}$.

На этапе реализации плана деятельность организаций оценивается центром путем сопоставления достигнутого организацией эффекта $r_i f_i(x_i)$ и затраченных ресурсов.

Формально целевая функция i -ой организации записывается в виде

$$\varphi_i = r_i f_i(x_i) - \lambda x_i \quad (5.34)$$

где λ - коэффициент приведения количества ресурса к эффекту за счет его использования (условно можно назвать его ценой единицы ресурса).

В случае анализа принципа жесткой централизации "цена" λ единицы ресурса постоянна и назначается центром из соображений, непосредственно к задаче распределения ресурса не относящихся: следует учесть порядок величин $s_i f_i(x_i)$ и x_i , чтобы величины φ_i были положительными.

При использовании в системе принципа согласованного управления центр должен учитывать, кроме условия (5.34) и условия согласования. Это условие может быть записано в виде соотношения

$$s_i f_i(x_i) - \lambda x_i = \max_{0 < u_i < \infty} [s_i f_i(u_i) - \lambda u_i] \quad (5.35)$$

Соответствующим выбором "цены" единицы груза обеспечивается выполнение этого условия, где λ определяется из системы уравнений:

$$\frac{\partial f_i(x_i)}{\partial x_i} = \frac{\lambda}{s_i}, \quad i=1+n \quad \text{при} \quad \sum_{i=1}^n x_i = R$$

Для простоты вычислений используется $f_i(x_i) = \sqrt{x_i}$. При этом решение задачи центра на этапе планирования имеет вид

$$x_i = \frac{R}{\sum_{j=1}^n s_j^2} \cdot s_i^2 \quad (5.36)$$

а величина λ (в случае принципа согласованного управления) определяется по выражению

$$\lambda = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n s_j^2}{R}} \quad (5.37)$$

Организация и проведение игры

Определение цели и выбор соответствующей модели поведения автоматов.

2. Отбор группы из N - участников игры (в том числе и автоматов). Назначение ведущего игру (он может играть роль управляющего органа).
3. Пояснение ведущим механизма игры - содержательное описание моделируемой ситуации, принципа распределения ресурсов, целей подсистем и центра. Неформальный анализ игровой ситуации для механизма игры и ограничения периода обучения. При объяснении принципа жесткой централизации важно показать участникам, что при дефиците ресурса будет иметь место к завышению заявок и наоборот.

Из выражения для φ_1 следует, что для получения максимального выигрыша каждая организация должна получить ресурса

$$x_1 = \frac{r_1^2}{4\lambda^2}$$

Отталкиваясь от этого выражения можем написать выражение для случая избыточности и дефицита ресурса.

$$N \cdot \max_1 \left(\frac{r_1^2}{4\lambda^2} \right) < R \quad - \text{избыток ресурса}$$

$$N \cdot \max_1 \left(\frac{r_1^2}{4\lambda^2} \right) > R \quad - \text{дефицит ресурса}$$

В случае согласованного управления оценки должны быть "компромиссными": увеличение оценок s_1 приводит к увеличению количества получаемого ресурса, но увеличивается и величина λ ; уменьшении оценок s_1 приводит к уменьшению λ , но уменьшается и количество

получаемого ресурса - и то и другое может быть невыгодно участникам.

4. Назначение подсистемой величин r_i . Задание границ оценок $s_i \in [S_{MIN}, S_{MAX}]$. Назначение величины λ (в случае жесткой централизации).

5. Начало партии игры. Участники сообщают центру оценки s_i коэффициентов эффективности использования ресурса.

Для автоматов начальное значение задает ведущий.

6. Этап планирования. Центр решает задачу (5.33) - в случае жесткой централизации, или (5.33-5.35) при согласованном управлении с помощью ЭВМ, предварительно вызывая программу согласно выбираемой модели поведения автоматов.

Центр сообщает участникам полученные значения x_i и соответствующее этому значению функцию выигрыша ϕ_i по формуле (5.34) и если решалась задача согласованного управления, значение λ - по формуле (5.37).

7. Этап реализации. Организации "реализуют" выделенные ресурсы с учетом истинных коэффициентов и сообщают s_i на следующий период игры.

Обсуждение результатов игры при стратегии автомата "плюс-минус" шаг. После очередной партии игры автомат сравнивает значение своей целевой функции в текущей партии со значением в предыдущей. Если текущее значение более выигрышное, чем предыдущее, то автомат делает шаг в этом направлении, если проигрышное, то "пробует" сделать шаг в обратном направлении. Если это дает выигрыш, то автомат придерживается этой стратегии, если нет, то автомат не меняет своей первоначальной стратегии. Здесь автомат "придерживается" аксиомы индикаторного поведения (5.29): делает шаг к положению цели, предполагая при этом, что

остальные игроки придерживаются своих прежних стратегий. Слово "придерживается" взято в кавычки потому, что в данном случае значение $(s_i^* - s_i^k)$ в (5.29) равно единице (следовательно, и γ_i^k может быть больше единицы).

В начальных партиях игры автомат по этой стратегии может и проигрывать, но ее достоинством является то, что она наглядно демонстрирует ход движения к цели. При игре с игроками, не достаточно понимающими природу игры, автомат по этой стратегии обычно выигрывает. Шаг для всех автоматов принят нами равным единице и не меняется в течение игры.

В таблицах 5.11 и 5.12 даны числовые данные для случая жесткой централизации соответственно при дефиците ($R = 300$) и избытке ($R = 600$) ресурсов, а в таблице 5.13 - для случая согласованного управления. В игре участвуют два игрока и "автомат", приняты $r_i = 10$, $d_i = 1$, $D_i = 20$, т.е. $s_i \in [1; 20]$, $\lambda = 0,5$ (для случая жесткой централизации). Графические зависимости s_i , ϕ_i и Φ от периодов игры - t представлены на рис. 5.13÷5.15.

Для жесткой централизации при дефиците ресурса при $t \geq 9$ стратегий игроков s_i стремится к максимальному значению - D_i , а при избытке ресурса стратегий - s_i стремится к минимальному значению d_i .

Для случая согласованного управления (рис. 5.28) $s_i = \alpha r_i \quad \forall i: i=1 \div 3, \quad 0 < \alpha \leq 1$.

Таблица 5.11

N партии	$r_1=10$	$r_2=10$	$r_A=10$	$R=300$	Φ_1			Φ
	s_1	s_2	s_A	λ	Φ_1	Φ_2	Φ_A	
1	3	6	1	0,5	47,4	36,7	22	277,9
2	15	10	4	0,5	42,9	49,7	129,9	302,5
3	9	15	7	0,5	47,5	45,7	42,1	327,5
4	5	16	10	0,5	31,7	46,5	47,8	323,8
5	11	18	12	0,5	45,6	48,9	47,3	339
6	8	16	14	0,5	38,5	49,9	49,6	337,5
7	10	18	16	0,5	40,6	50	49,7	339,7
8	12	20	18	0,5	42	50	49,5	341,1
9	20	20	18	0,5	49,6	49,6	48,4	345,9
10	20	20	20	0,5	49,1	49,1	49,1	346,4

Таблица 5.12

N партии	$r_1=10$	$r_2=10$	$r_A=10$	$R=600$	Φ_1			Φ
	s_1	s_2	s_A	λ	Φ_1	Φ_2	Φ_A	
1	1	20	20	0,5	6,8	41,5	41,5	431,2
2	5	10	18	0,5	48,4	47,7	41,5	479
3	12	10	16	0,5	49,8	49,4	40,9	475,7
4	14	8	13	0,5	41,9	48	45,4	480,8
5	9	6	10	0,5	47,2	48,5	42,9	481,5
6	11	8	8	0,5	6,4	49,4	49,4	484,6
7	7	4	6	0,5	39,2	48,7	46,7	481,3
8	1	3	4	0,5	30,7	49,1	36,9	453,6
9	8	1	4	0,5	1	21,8	50	422,8
10	3	1	2	0,5	23,2	41	48,8	461,8
11	1	1	1	0,5	47,5	47,5	47,5	489,9

Таблица 5.13

N Партии	$r_1=10$	$r_2=10$	$r_A=10$	$R=600$	Φ_1			Φ
	s_1	s_2	s_A	λ	Φ_1	Φ_2	Φ_A	
1	1	1	1	0,04	106,2	106,2	106,2	447,2
2	5	3	3	0,16	116,3	79	79	434
3	8	7	5	0,29	84	79,7	68	437,9
4	15	9	8	0,47	40,3	53,2	51,5	429,3
5	11	10	8	0,43	57,9	58,5	57,9	444,2
6	9	10	9	0,41	59,8	60,4	59,8	446,7
7	7	10	9	0,39	57,7	63,4	62,8	445
8	8	10	9	0,40	59,5	61,9	61,3	445,8
9	10	10	9	0,43	58,8	58,8	58,2	446,6
10	9	9	9	0,4	61,5	61,5	61,5	447,2

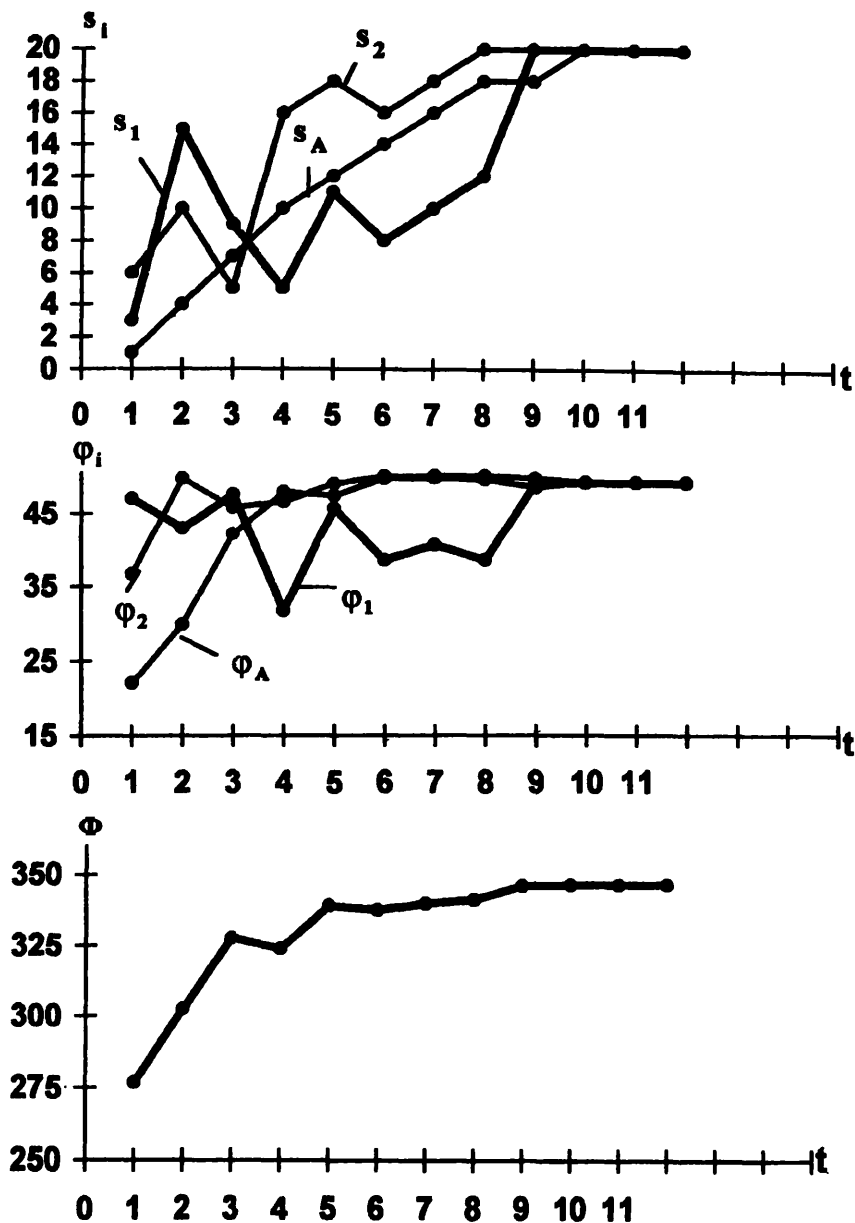


Рис.5.13
218

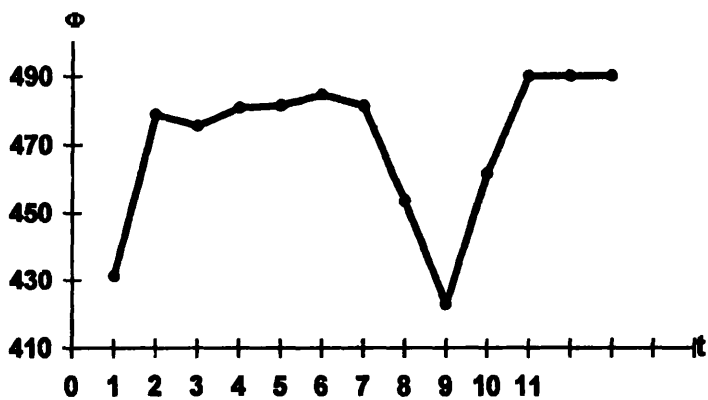
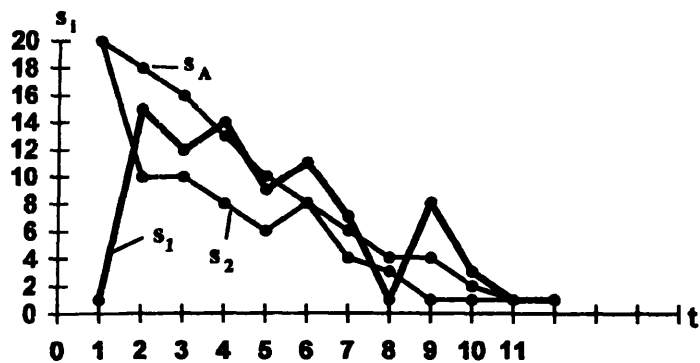


Рис.5.14

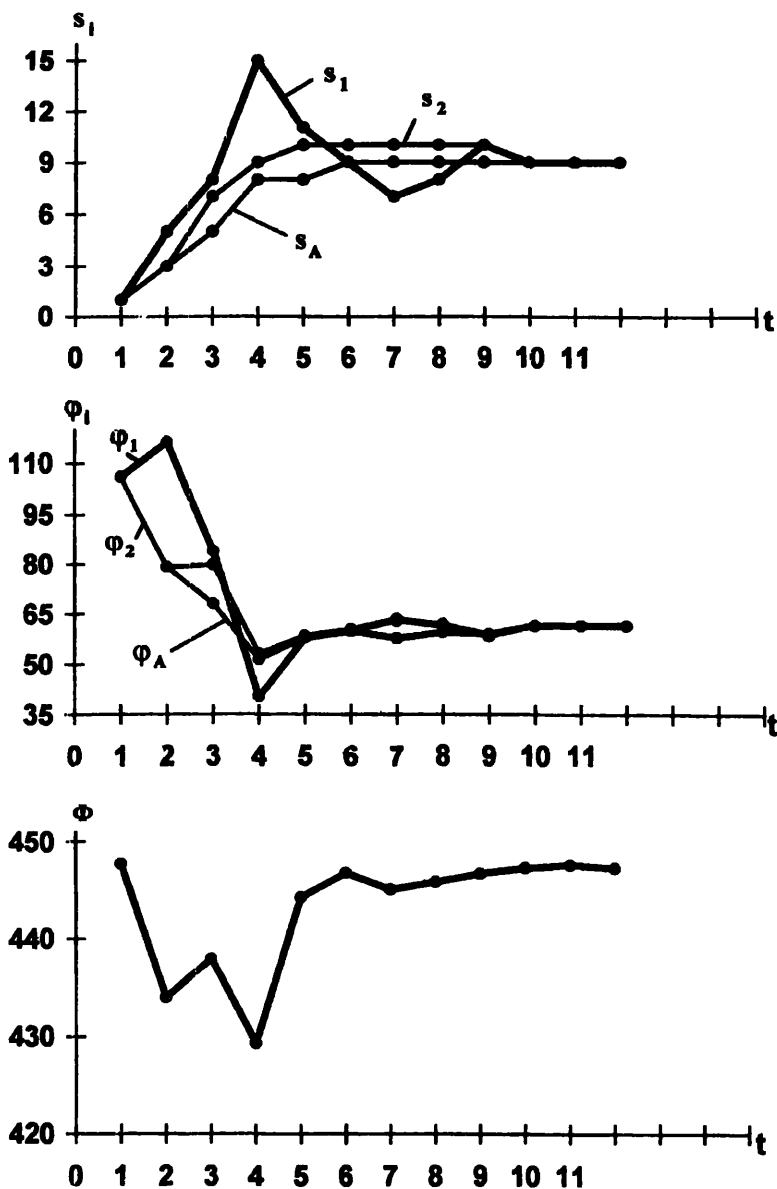


Рис.5.15

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурков В.Н. *Основы математической теории активных систем*. М.: Наука, 1977.
2. Бурков В.Н., Данев Б., Нанева Т.Б. и др. *Большие системы: Моделирование организационных механизмов*. М.: Наука, 1989.
3. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. *Механизмы функционирования организационных систем*. М.: Наука, 1981.
4. Кулжабаев Н. *Об одном подходе к решению задачи критериального управления*.//Автоматика и телемеханика, 1978, № 7.
5. Бурков В.Н., Кулжабаев Н. *Исследование механизма функционирования производственной системы*.//Сб. кибернетика и автоматика, КазПТИ, VII, Алма-Ата, 1978.
6. Бурков В.Н., Кулжабаев Н., Ловецкий С.Е. *Игровое моделирование управленческих решений в транспортной системе*.//Материалы IV семинара социалистических стран по проблеме имитационных игр. Ч.I., Варшава, изд. Института организации управления и повышения квалификации руководящих кадров, 1977.
7. Бурков В.Н., Кулжабаев Н. *Исследование функционирования транспортной системы*.//Сб. Вопросы технической кибернетики, КазПТИ. Алма-Ата, 1979.
8. Кулжабаев Н., Ловецкий С.Е., Резер С.М. *Распределение грузопотоков по видам транспорта и направлениям* (метод. указания к пров. деловых игр). М.: ВЗИИТ, 1979.
9. Кулжабаев Н., Салыкбаев Б.Г., Токбергенов Д.Б. *Моделирование организационных механизмов транспортных процессов*.//Межвузовский сборник научных трудов "Модели, методы и программные средства управления организационно-технологическими системами". Алма-Ата, 1992.

10. Кулжабаев Н. *Описание моделей механизмов функционирования транспортных систем.* // Научный журнал "Вестник КазНТУ" №1. Алматы, 1996.
11. Ашимов А.А., Бурков В.Н., Кулжабаев Н. *Исследование законов управления системой "поставщик-потребитель".* // Автоматика и телемеханика, 1978, № 4.
12. Кулжабаев Н. *Игровой анализ некоторых моделей системы "поставщик-потребитель".* // В кн.: Моделирование в управление в развивающихся системах, М.: Наука, 1978.
13. Джунисбаев К., Кулжабаев Н. *Исследование принципов управления системы водораспределения.* // Сб. Вопросы создания АСУП и ТП, КазПИ, вып.1. Алма-Ата, 1980.
14. Ефимов В.М., Комаров В.Ф. *Введение в управленческие имитационные игры.* - М.: Наука, 1980.
15. Комаров В.М. *Управленческие имитационные игры и АСУ.* Новосибирск: Наука, 1979.
16. Рыбальский В.И. и др. *Деловые игры в управлении и экономике строительства.* Учебное пособие, Киев: Вища школа, 1980.
17. Рыбальский В.И. *АСУ строительством и деловые игры.* М.: Стройиздат, 1983.
18. Бурков В.Н. *Теория организационного управления и деловые игры.* М.: ИПУ, 1983.
19. *Деловые игры* - М.: ИПУ, 1977.
20. Гидрович С.Р., Сыроежин И.М. *Игровое моделирование экономических процессов.* Деловые игры. М.: Экономика, 1976.
21. Сыроежин И.М. и др. *Моделирование и оценка процессов труда:* учебное пособие. Л.: ЛФЭИ, 1977.
22. Жуков Р.Ф. и др. *Методика разработки и оформления деловых игр.* Л.: ИПК, 1975.
23. Лифшиц А.Л. *Подготовка и проведение деловых игр:* Методические указания. Л.: НПО "Ленэлектронмаш", 1977.

24. Чаки Ч., Мозес Л. *Деловые игры и опыт их применения в Венгрии*. Вестн. МГУ. Экономика, 1977, № 2.
25. Duke R.D. *Gaming: The Future's Language*. New York: Sage Publ., 1974.
26. Fisher R.A. *The Disign of Experiments*, Oliver and Boyd, Edinburg, 1935.
27. Shubik M. *Gaming for Society, Business and war: Toward a Theory of Gaming*. New York: Elsevier, 1975.
28. Кулжабаев Н., Нарисбаев К.Н. *Концепция конструирувания учебных автоматизированных имитационных игр*. Деловые игры и имитационные моделирование. //Тезисы докладов. XVI -ИФАГ/ИСАГА, М.: ИПУ 1985.
29. Кулжабаев Н. *Конструирование деловых игр*. Методическое руководство для разработки учебных деловых игр. Алма-Ата, КазПТИ, 1988.
30. Кулжабаев Н. *О концепциях конструирования деловых игр*. //Межвузовский сб.науч.трудов "Деловые игры, имитация производства и управление". Алматы, 1993.
31. Опойцев В.И. *Равновесие и устойчивость в моделях коллективного поведения*. М.: Наука, 1977.
32. Аратцев А.Е., Кулжабаев Н., Садыкбекова А.А. *Реализация деловой игры на ЭВМ в режиме "автоматов"*.//Материалы VIII-Всесоюзн. семинара-совещания: Управление большими системами. Алма-Ата, 1983.
33. Кулжабаев Н., Никонов А.В. *Деловая игра "Сбыт готовой продукции"*. Деловые игры в принятии управленческих решений. Учебное пособие, ч.III, М.: МИС и С, 1980.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Теория управления активными системами	6
1.1. Оргсистема. Оргструктура. Оргмеханизм.....	
1.2. Двухуровневые оргсистемы.....	9
1.3. Описание состава системы и структуры связей.....	12
1.4. Механизмы управления, прогнозирования и планирования.....	14
1.5. Система мотивации, механизмы стимулирования.....	19
1.6. Оценка эффективности механизма управления.....	22
1.7. Степень централизации механизма управления.....	26
1.8. План и рынок.....	30
1.9. Синтез оптимальных механизмов.....	45
2. Базовые механизмы организационного управления.....	56
2.1. Виды базовых механизмов.....	
2.2. Приоритетные механизмы.....	60
2.3. Конкурсные механизмы.....	71
2.4. Многоканальные механизмы.....	78
2.5. Механизмы открытого управления.....	85
2.6. Коллективное принятие решений.....	94
2.7. Противозатратные механизмы ценообразования.....	101
2.8. Противозатратные механизмы налогообложения.....	108
2.9. Некоторые обобщения.....	115
3. Описание моделей производственно-транспортной системы.....	121
3.1. Производственная система.....	
3.2. Транспортная система.....	127
3.3. Система поставщик-потребитель.....	132
3.4. Система водораспределения.....	136
3.5. Обсуждение моделей.....	139

4. Методология конструирования автоматизированных деловых игр.....	141
4.1. О существующих концепциях разработки деловой игры	
4.2. Методология разработки деловых игр.....	148
4.3. Реализация игры на ЭВМ.....	156
5. Комплекс деловых игр.....	159
5.1. Деловая игра "Сбыт".....	
5.2. Деловая игра "Распределение грузопотоков по видам транспорта".....	176
5.3. Деловая игра "Распределение грузопотоков по направлениям".....	195
5.4. Деловая игра "Распределение ресурсов в режиме "автоматов".....	207
Литература.....	221

**Владимир Николаевич Бурков,
Насанбадрядден Мубараквич Кулжабаев**

Активные системы и деловые игры

/учебное пособие/

Ответственный за выпуск . *Г.Худайбергенова*
Художественный редактор *Ж.Касымхан*
Технический редактор *Н.Передереева*

Подписано в печать 29.05. 2000 г.
Усл. п.л. 14,2 Учет. изд. п.л. 14,2
Формат 60 х 84 1/16 Тираж 500 экз.
Заказ №19

**Республиканский издательский кабинет
Казахской академии образования им. И.Алтынсарина**

480100, г.Алматы, ул.Жамбыла, 25