

С. И. ВОЛКОВ
А. Н. РОМАНОВ
Г. П. ГРИГОРЕНКО

Построение и функционирование сложных экономических систем

**С. И. ВОЛКОВ
А. Н. РОМАНОВ
Г. П. ГРИГОРЕНКО**

Построение и функционирование сложных экономических систем

*Допущено Министерством высшего и среднего
специального образования СССР в качестве
учебного пособия для студентов вузов,
обучающихся по специальности «Организация
механизированной обработки
экономической информации»*

**Москва
Финансы и статистика
1982**

- В67 Волков С. И и др.
Построение и функционирование сложных экономических систем: Учеб. пособие / С. И. Волков, А. Н. Романов, Г. П. Григоренко. — М.: Финансы и статистика, 1982. — с. 215, ил.

В пер.: 65 к.

Рассматриваются методологические и организационные вопросы построения и функционирования автоматизированных систем управления в народном хозяйстве, являющихся сложными экономическими системами. Особое внимание отводится созданию ОГАС и составляющих ее общегосударственных систем функционального назначения (АСПР, АСГС и др.).

Для студентов, обучающихся по специальности «Организация механизированной обработки экономической информации». Пособие может быть полезно специалистам, работающим над созданием АСУ в различных отраслях народного хозяйства.

В $\frac{0604020101-111}{010(01)-82}$ 145—82

ББК 65.9(2)21
33С

© Издательство «Финансы и статистика», 1982

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития общественного производства влияние научно-технического прогресса на экономику особенно возрастает, что находит свое выражение в расширении масштабов производства и, как следствие этого, в увеличении производственно-хозяйственных связей, информационных потоков и усложнении управленческих функций.

Динамичность современной экономики предопределяет необходимость развития теории и практики построения автоматизированных систем управления в народном хозяйстве. Современная наука рассматривает управление в обществе в историческом аспекте.

К. Маркс писал, что «...всякий непосредственно общественный или совместный труд, осуществляемый в сравнительно крупном масштабе, нуждается в большей или меньшей степени в управлении...» *.

В своих работах В. И. Ленин создал теорию управления, четко сформулировал его принципы: демократический централизм, объективность, конкретность хозяйственного руководства и др., что стало фундаментом современной науки и практики управления обществом. За годы Советской власти путем поисков, отбора лучших форм и методов постоянно совершенствуется управление народным хозяйством, отраслями, предприятиями. Этот процесс протекает непрерывно. Для него характерны совершенствование экономических методов хозяйствования, улучшение планирования, расширение самостоятельности и развитие инициативы предприятий, усиление ответственности, материальной и моральной заинтересованности производственных коллективов в результатах своей деятельности, повышение эффективности общественного производства и качества выполняемых работ, что получило свое активное развитие в последние годы.

XXVI съезд КПСС наметил «повысить качество и эффективность управленческого труда. Активнее распространять рациональные приемы работы, совершенствовать делопроизводство, полнее использовать вычислительную и другую организационную технику. Обеспечить дальнейшее развитие и повышение эффективности сети автоматизированных систем управления и вычислительных центров коллективного пользования, продолжая их объединение в единую общегосударственную систему сбора и обработки информации для учета, планирования и управления» **.

Современным эффективным средством совершенствования управления на разных уровнях народного хозяйства страны являются

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 23, с. 342.

** Материалы XXVI съезда КПСС. Политиздат, 1981, с. 201.

автоматизированные системы организационно-экономического управления предприятиями, отраслями, регионами и ведомствами. Они представляют собой сложные комплексы, требующие для своего построения и функционирования коллективов специалистов, набора необходимых средств сбора, передачи и обработки информации, методологической и организационной базы.

Большое значение в подготовке специалистов по вопросам управления, машинным системам обработки информации и использования вычислительной техники приобретают знания в области построения и функционирования сложных экономических систем.

Основам их построения и функционирования посвящено настоящее учебное пособие. В нем в соответствии с действующей программой курса «Построение и функционирование сложных экономических систем» для специальности № 1738 «Организация механизированной обработки экономической информации» рассматриваются основы общей теории систем, раскрывается сущность системного подхода к изучению экономических объектов, показывается их структура, взаимодействие элементов в процессе моделирования и функционирования. Излагаемые теоретико-методологические положения являются базой для изучения автоматизированных систем управления. Раскрываются особенности проектирования АСУ предприятиями и отраслями. Рассматриваются также методология построения и основы функционирования автоматизированных систем плановых расчетов, государственной статистики и территориальных АСУ. Излагаются общие принципы создания общегосударственной автоматизированной системы сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством.

1.1. ПОНЯТИЕ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

На современном этапе развития общественного производства возрастает влияние научно-технического прогресса на экономику, что находит свое выражение в расширении масштабов производства, увеличении производственно-хозяйственных связей, возрастании информационных потоков и усложнении осуществления управленческих функций.

Сложность и динамичность современной экономики предопределяют для осуществления рационального управления ею решение многих проблем, связанных с изучением ее структуры, взаимодействия между элементами и с внешней средой, оптимальных режимов функционирования элементов в рамках всей системы и т. д. Такой подход предопределил необходимость развития автоматизированных систем управления, работы по проектированию и внедрению которых ведутся уже более двух десятилетий. Этот путь оказался достаточно плодотворным и, в свою очередь, выдвинул ряд теоретических проблем, стимулировавших развитие общей теории систем.

Общая теория систем — это научное направление, связанное с разработкой совокупности философских, методологических, конкретно-научных и прикладных проблем анализа и синтеза сложных систем произвольной природы [84]. Такое определение носит дедуктивный характер. Однако понятие «сложная система» (иногда употребляют термин «большая система») не является однозначным, что обусловило наличие различных подходов к его формальному определению [31, 36, 47, 78]. Известный ученый Л. Берталанфи определил систему как комплекс некоторых элементов, находящихся во взаимодействии между собой и с внешней средой, и выдвинул ряд основных идей этой теории [31].

В настоящее время общая теория систем находит свое развитие в ряде научных направлений, таких, как теория многоуровневых иерархических систем, информационная теория систем управления, теория активных систем и т. д. В рамках этих направлений решаются вопросы, связанные с такой важнейшей проблематикой, как долгосрочное и оперативное планирование, согласование деятельности различных экономических подсистем народного хозяйства, теория проектирования АСУ, и другими практическими задачами.

В самом широком смысле слова экономическую систему (ЭС)

* Глава написана при участии Суржко С. В.

можно определить как систему общественного производства, т. е. совокупность производительных сил и производственных отношений. При этом следует учитывать, что любая ЭС соответствует конкретному способу производства, определяющему характер связей между ее отдельными элементами. Народное хозяйство страны включает сотни тысяч хозяйственных организаций, производит более 20 млн. наименований продукции, объединяет трудовые усилия более 150 млн. людей [26]. В нем взаимодействует множество процессов самой различной природы, сочетаются множества подсистем, каждой из которых, в свою очередь, присущи свойства сложной системы. В состав ЭС входят трудовые, природные, материально-вещественные, информационные и другие ресурсы и их преобразователи. Характерными чертами ЭС прежде всего являются: преобразование ресурсов в материальные блага, непереносимое участие человека в производстве, непрерывное развитие экономических систем и соизмерение затрат и результатов в процессе функционирования экономической системы [38].

Экономический объект как сложную систему характеризуют следующие основные свойства:

1. Сложность иерархической структуры. В сложных экономических системах одновременно функционирует несколько различных иерархических структур, взаимодействие между которыми не сводится обычно к простым отношениям иерархического соподчинения. Таковы, например, структуры административно-производственного управления на предприятии, территориально-регионального и производственно-отраслевого управления и т. д.

2. Специфические особенности природы экономических процессов и явлений, выражающиеся во взаимодействии объективных и субъективных факторов. Например, человек является элементом производительных сил и в то же время носителем производственных отношений.

3. Свойства целостности системы (эмерджентные свойства), т. е. такие, которые не присущи ее элементам (подсистемам), рассмотренным отдельно, вне системы. Например, ни один из цехов не может выпускать продукцию, изготавливаемую всем предприятием.

4. Сложные информационные процессы, обусловленные многочисленными взаимосвязями между управляющей и управляемой подсистемами.

5. Множественность целей, которые могут не совпадать с целями отдельных подсистем. Например, одним из показателей эффективности работы аппарата управления являются расходы, связанные с его содержанием. Но малочисленный аппарат управления при незначительных расходах на его содержание не обеспечивает эффективного руководства предприятием, что ухудшает технико-экономические показатели работы предприятия.

6. Динамичность процессов, имеющих стохастический характер, например урожайность культур, расход сырья на изготовление продукции и т. д.

7. Многофункциональность, проявляющаяся, например, в том, что функциями управления производственной системы являются планирование, учет, контроль, анализ, регулирование и др.

Перечисленные свойства определяют необходимость в системном подходе к их исследованию. Так, методы системного анализа получили широкое распространение в разработке программ отраслей народного хозяйства, территориально-производственных объединений, в практике совершенствования системы управления экономикой нашей страны, в вопросах разработки и внедрения автоматизированных систем управления. Теоретической базой методов системного анализа является общая теория систем, которая отражает роль методологических исследований при изучении сложных объектов.

В настоящее время едва ли существует такая научная дисциплина, в терминологии которой отсутствует термин «система». Этот термин может иметь различные значения. Например, в экономике существуют такие понятия, как «система производственных отношений», «автоматизированная система управления», «система цен», «система административного управления», «система планирования» и т. д.

Многозначность понятия «система» естественна, но вместе с тем оно (безотносительно к тому или иному конкретному случаю его употребления) обладает весьма общими характерными чертами. Выражается эта общность, прежде всего, в нашем понимании системы как некоторого комплекса взаимосвязанных элементов, рассматриваемых как единое целое, в том, что каждой системе присуща определенная структура, а также в некоторой обособленности системы от других объектов, т. е. внешней среды. Обособление системы основывается на отграничении некоторых объектов, включаемых в нее. Характер взаимодействия системы и среды может быть различным. Изучение системы, как правило, предполагает анализ ее взаимосвязей со средой. Это приводит к необходимости разделения систем на открытые (учитывается влияние внешней среды на поведение системы) и замкнутые (система предполагается полностью изолированной от среды). Понятие «замкнутая система» условное, поскольку реальные экономические системы всегда являются открытыми. Понятие «открытая система» предполагает наличие у системы входов и выходов, через которые осуществляется взаимодействие со средой. Возможность получения информации на ее входах и выходах чрезвычайно важна, поскольку анализ поведения системы можно проводить по результатам ее реакции на входные воздействия, даже не располагая иными сведениями о системе (метод «черного ящика»).

Представления о понятии «система» в настоящее время весьма обширны. Однако общепринятого определения системы в его строгой математической формулировке до сих пор не существует. Математическая трактовка понятия «система» полностью зависит от того, в рамках какого аппарата описывается формализованная модель реальной системы. Так, при формализации термина «си-

стема» возник целый ряд различных подходов к его определению. Рассмотрим некоторые из них.

Абстрактный подход [31, 47] основан на теоретико-множественном описании системы. При этом система определяется как некоторое n -арное отношение, определенное на совокупности (базисных) множеств $X_1, X_2, \dots, X_n$. n -арным отношением на множествах $X_1, X_2, \dots, X_n$ называется всякое подмножество R декартова произведения $X_1 \cdot X_2 \dots X_n$, т. е.

$$R \subset X_1 \cdot X_2 \dots X_n.$$

В случае $(x_1, x_2, \dots, x_n) \in R$ ($x_i \in X_i, i = \overline{1, n}$) считают, что элементы $x_1, x_2, \dots, x_n$ находятся в отношении R . Если $X_1 = X_2 = \dots = X_n = X$, то R называется отношением на множестве X . При $n=1$ отношение R называется свойством, при $n=2$ — бинарным отношением.

На теоретико-множественном языке была описана и изучена кибернетическая система управления предприятием [11]. Следует, однако, отметить, что на данном уровне абстрагирования реальные системы могут быть исследованы лишь с весьма общих позиций, достаточно тонкий подход здесь затруднителен.

Логико-философский подход [31, 78]. Пусть P — некоторое свойство, R — отношение, m — множество предметов. Логико-философский подход к определению системы основывается на том обстоятельстве, что если на m обнаруживается некоторое отношение R , то m не обязательно (с точки зрения исследователя) является системой: на m должно быть определено отношение, интересующее субъекта с точки зрения проводимого исследования. Иначе говоря, отношение R должно обладать заранее заданным свойством P . Таким образом, система — это множество m объектов, на которых реализовано заранее определенное отношение R с фиксированным свойством P .

В рамках **структурно-функционального подхода** [30, 31] система определяется как единство структуры, функций и эмерджентности. Структура характеризует общий состав (элементы) системы, взаимосвязи элементов, особенности строения. Природа связей между элементами, поведение системы описываются ее функциями. Но взятые отдельно структура и функции недостаточны для адекватного описания системы: нужна характеристика, дающая их взаимозависимость. В качестве такой характеристики принимается эмерджентность, позволяющая объединить структуру и функции в одно целое. Эмерджентность реальных систем проявляется в наличии у них таких свойств, которые не присущи отдельным ее элементам и не выводимы из свойств этих элементов и способов их соединения.

Рассмотренные понятия, характеризующие сложную систему (структура, функции, эмерджентность), применимы, в свою очередь, и к любой экономической системе. Представим ее следующим образом. Ресурсы классифицируем (по их функциональному назначению) на предметы труда (X_n), средства труда (X_c) и труд

(X_T). Y — есть продукция системы. Тогда понятие ЭС можно конкретизировать как некоторое отношение $S \subset X_n \cdot X_c \cdot X_T \cdot Y$ (элементы из Y могут, в свою очередь, рассматриваться как предметы или средства труда).

Характерной чертой большинства реальных систем является их чрезвычайная сложность. Уровень сложности определяется не только большим числом взаимосвязанных элементов системы, но и высокой степенью взаимозависимости их характеристик, эмерджентными свойствами, сложностью функций, непредсказуемостью реакций системы на те или иные внешние воздействия и т. д. Однако деление систем на простые и сложные весьма условно: один и тот же объект может быть отнесен к тому или другому классу систем в зависимости от цели исследователя. Например, человек с точки зрения ученого-медика — живой организм, чрезвычайно сложная система, а с точки зрения статистика-демографа — простейший элемент другой системы.

Проблема количественной оценки сложности систем является весьма актуальной. Во многих конкретных ситуациях разработаны различные подходы к оценке сложности реальных систем. Рассмотрим, например, один из них [15].

Пусть система включает n элементов, среди которых можно выделить m различных их видов, причем число элементов i -го вида равно m_i ($i = \overline{1, m}$). Если экспериментально или путем экспертных оценок элементу i -го вида сопоставить число S_i , характеризующее его относительную сложность, то число $S' = \sum_{i=1}^m S_i m_i$ дает некоторую оценку сложности системы, не учитывающую, однако, ее структуры. Для ее учета вводится число попарных связей элементов системы, равное p . Так как максимально возможное число связей равно $n(n-1)$, то относительное число реализованных связей можно оценить величиной

$$\alpha = \frac{p}{n(n-1)}.$$

Если при этом учесть коэффициент k сложности связей по сравнению со сложностью элементов (определяемый экспертным путем), то сложность рассматриваемой системы можно оценить величиной

$$S = (1 + k\alpha) S'.$$

Хотя такой подход и оправдывает себя в ряде практических случаев, но его недостатком является то, что он не учитывает эмерджентных свойств, так существенных в сложных системах.

Сложность системы в определенной мере характеризуется и таким численным показателем, как разнообразие, которое обычно измеряется логарифмом числа различных состояний системы и совпадает с ее энтропией. Ограничение разнообразия означает его уменьшение по сравнению с теоретически возможным значением вследствие каких-либо условий или внутренне прису-

щих свойств системы [85]. Задача управления системой состоит в уменьшении ее разнообразия путем сведения множества всех состояний к подмножеству состояний, удовлетворяющих цели управления. Однако для сложных систем величина разнообразия чрезвычайно высока.

При исследовании сложных систем часто используется понятие «гомеостазис», т. е. свойство системы сохранять в процессе взаимодействия со средой значения существенных переменных в заданных пределах (существенными называются переменные, определяющие основные качества системы). Гомеостазис характеризует целостность системы и не может быть однозначно приписан какой-либо ее части. В частности, экономический гомеостазис определяет устойчивое функционирование экономической системы в изменяющейся социальной среде. Экономический гомеостазис присущ устойчивым экономическим системам, равновесие которых поддерживается рыночным процессом регулирования цен.

1.2. СТРУКТУРА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Структура системы — способ организации связей и отношений между элементами (подсистемами), например при разработке структуры автоматизированной системы управления (АСУ) дается описание множества узлов системы и связей между ними, распределение задач по уровням и узлам системы, выбор комплекса технических средств, обеспечивающих их своевременное решение [79].

Возможна и формальная трактовка понятия «структура сложной системы» [31], определяющая ее как произвольный (возможно, континуальный и частично-ориентированный) граф $G = \langle Q, U, \varepsilon \rangle$ с кратными ребрами (мультиграф), где Q — множество вершин, U — множество ребер, ε — отношение инцидентности. Величину ε можно рассматривать как отображение множества упорядоченных пар вершин в совокупность 2^U подмножеств из U , т. е.

$$\varepsilon: Q \cdot Q \rightarrow 2^U.$$

При этом множество U состоит из подмножеств V и W ориентированных и неориентированных ребер соответственно. Из множества Q выделяют подмножество Q_0 вершин, называемых полюсами, а из множества U — подмножество U_0 краевых ребер, т. е. таких, которые инцидентны хотя бы одному полюсу. На множества, составляющие мультиграф G , накладываются условия:

1. $U = V \cup W$; $V \cap W = \emptyset$.
2. Для любого ребра $u \in U$ существует единственная пара вершин $p, q \in Q$, инцидентных u .
3. Для любого полюса $q \in Q_0$ найдется единственное краевое ребро $u \in U_0$, которому инцидентна вершина q .
4. Для всякого краевого ребра $u \in U_0$ найдется единственный инцидентный ему полюс.

В таком представлении структуры роль входов и выходов системы играют полюсы. Заметим, что системы с одинаковыми структурами могут иметь различные функции, а системы с одинаковыми функциями — разные структуры. Поэтому весьма важно назначение отдельных элементов структуры в системе. Их роль определяется следующим теоретическим положением (структурно-функциональный подход [31]): система — это структура, вершинам которой поставлены в соответствие функции, а ребрам — базисные множества, на которых эти функции определены.

Основываясь на данном определении структуры, системы можно классифицировать на конечные и бесконечные, континуальные (непрерывные) и дискретные (в зависимости от мощности множеств вершин и ребер мультиграфа G), на ориентированные (множество $W = \emptyset$), неориентированные ($V = \emptyset$) и частично-ориентированные (оба множества V, W непусты), на системы с постоянной и переменной структурами и т. д.

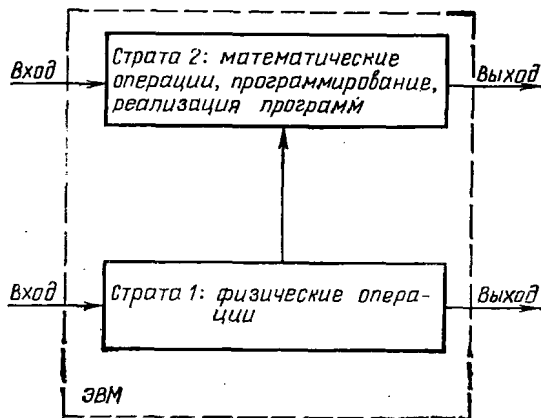
Одним из важнейших направлений в исследовании сложных систем является теория систем с иерархической структурой. Идея и результаты этой теории приложимы к широкому кругу объектов самой различной природы, и прежде всего — к объектам экономики. Организация практически всех систем управления экономическими системами основана на различных отношениях иерархии. Иерархические системы представляют особый интерес с точки зрения построения автоматизированных систем управления производством и отраслями народного хозяйства: проблемы выбора эффективной организационной структуры, распределения задач по уровням системы, установления правильных взаимоотношений между уровнями, координации и руководства общей деятельностью подсистем АСУ.

Рассмотрим широко используемый подход к изучению систем с иерархической структурой [48]. Так как иерархичность структуры предполагает разбиение системы на некоторое число уровней, то определение каждой конкретной системы должно основываться на понятии уровня, что отражает тот или иной аспект описания деятельности системы. Вводятся три уровня:

- уровень описания или абстрагирования;
- уровень сложности принимаемого решения;
- организационный уровень (уровень приоритета действий).

Для различия уровней вводятся понятия «страта», «слой» и «эшелон», которые при моделировании реальных систем могут использоваться одновременно. Однозначного соотношения между стратами, эшелонами и слоями не существует. Каждое из этих понятий имеет свою область применения: страты — описание, моделирование; слой — декомпозиция решаемой проблемы; эшелоны — установление взаимосвязей между элементами системы при принятии решений.

В качестве примера описания системы с помощью страт рассмотрим модель функционирования ЭВМ [48]:



На страте 1 описание системы дается на языке физических законов, в соответствии с которыми функционирует ЭВМ: на этом уровне система рассматривается с точки зрения правильности работы и взаимодействия составляющих ее элементов. На страте 2 моделируется преобразование информационных потоков: здесь важны в первую очередь проблемы программирования, а физическое строение машины интереса не представляет. Между стратами существует взаимосвязь.

Другим примером стратифицированного описания может быть модель полностью автоматизированного промышленного комплекса, включающая следующие страты [48]: физические процессы обработки материалов и преобразования энергии; обработка информации и управление; экономика производства с точки зрения его производительности и прибыльности.

Описание систем с помощью страт имеет следующие особенности:

выбор страт для моделирования конкретной системы зависит от исследователя и целей исследования;

основные принципы и характеристики системы, описываемой на каждой страте, являются независимыми, т. е. не выводятся из принципов, используемых на других стратах;

требования, предъявляемые к работе системы на любой страте, обуславливают ее деятельность на нижестоящих;

элемент системы на высшей страте рассматривается как совокупность других элементов (как система) на низшей (т. е. с понижением уровня иерархии структура системы детализируется).

Формальное представление понятия страты базируется на определении системы S как отношения на множествах X , Y входов и выходов соответственно:

$$S \subset X \cdot Y.$$

Если S — однозначное отображение X в Y , т. е.

$$S: X \rightarrow Y,$$

то такая система называется функциональной. Элементы из X называют также (внешними) стимулами, элементы Y — откликами.

Основой стратифицированного описания функциональной системы $S: X \rightarrow Y$ является условие представимости множеств X и Y в виде декартовых произведений:

$$X = X_1 \cdot X_2 \dots X_n;$$

$$Y = Y_1 \cdot Y_2 \dots Y_n.$$

Это дает возможность разбить стимулы и отклики на компоненты и приписать каждую пару вида (X_i, Y_i) определенной страте. В этом случае i -я страта системы S — система, определяемая отображением S_i со свойствами:

$$S_n: X_n \cdot W_n \rightarrow Y_n;$$

$$S_i: X_i \cdot E_i \cdot W_i \rightarrow Y_i, i = \overline{2, n-1};$$

$$S_1: X_1 \cdot E_1 \rightarrow Y_1,$$

где X_i, Y_i — множества стимулов и откликов i -й страты, E_i и W_i — множества стимулов, исходящих от страт, примыкающих к i -й страте сверху и снизу соответственно (по иерархии).

Стратификацией системы S называется семейство систем S_i ($i = \overline{1, n}$), если существуют два семейства отображений:

$$h_i: Y_i \rightarrow W_{i+1}, i = \overline{1, n-1};$$

$$c_i: Y_i \rightarrow E_{i-1}, i = \overline{2, n},$$

причем для любого $x \in X$ и $y = S(x)$ выполнены условия:

$$y_n = S_n(x_n, h_{n-1}(y_{n-1}));$$

$$y_i = S_i(x_i, c_{i+1}(y_{i+1}), h_{i-1}(y_{i-1})), i = \overline{2, n-1};$$

$$y_1 = S_1(x_1, c_2, (y_2)).$$

Отображения h_i и c_i называют соответственно информационной и распределительной функциями i -й страты. Названия данных отображений определяют их содержательную интерпретацию.

Понятие «слой» относится к процессу принятия решений. При принятии решений в сложных ситуациях, когда, с одной стороны, необходима оперативность в действиях, а с другой — действия в условиях неопределенности, используют иерархический подход, заключающийся в определении совокупности задач, решаемых в такой последовательности, что решение одной из них однозначно определяет параметры и условия другой, позволяя тем самым приступить к ее решению. Итак, процесс принятия решения рассматривается как некоторая иерархия, которую называ-

ют иерархией слоев принятия решений, а всю систему принятия решений — многослойной системой.

В качестве примера можно привести следующий процесс решения многокритериальной задачи с упорядоченными по важности критериями $\varphi_i(x)$ ($i = \overline{1, n}$) и ограничениями вида

$$x \in M$$

(φ_i предпочтительнее, чем φ_{i-1} , $i = \overline{2, n}$).

На первом шаге (первый слой иерархии) решается задача

$$\text{Arg opt}_{\varphi_n}(x) \\ x \in M$$

и определяется множество всех ее оптимальных планов $M_1 \subset M$ (здесь opt означает максимальное или минимальное значение функции, Arg — множество тех $x \in M$, на которых данное значение достигается). Выделение множества M_1 позволяет приступить к решению следующей задачи (второй слой иерархии):

$$\text{Arg opt}_{\varphi_{n-1}}(x) \\ x \in M_1$$

и т. д.

На i -м шаге (i -й слой иерархии) решается задача

$$\text{Arg opt}_{\varphi_{n-i+1}}(x) \\ x \in M_{i-1}$$

В результате рассмотрения последовательности n задач такого вида (в предположении, что все они разрешимы) получаем решение исходной многокритериальной задачи.

Таким образом, иерархию слоев можно представлять как совокупность вертикально размещенных решающих систем S_i , каждая из которых может быть описана как отображение слоя в слой и представлена в виде некоторого решающего элемента:

$$S_i : E_i \rightarrow E_{i-1}.$$

Пусть задано множество $D_i(\gamma_i)$ задач ($\gamma_i \in E_i$) и такое преобразование T_i , что для любого входа γ_i выход $\gamma_{i-1} = S_i(\gamma_i)$ определяется функцией $\gamma_{i-1} = T_i(x_i)$, где x_i — решение задачи $D_i(\gamma_i)$. Тогда входы γ_i служат параметрами, задаваемыми непосредственно элементом высшего уровня и конкретизирующими решение задачи в S_i . Выходы γ_{i-1} , получающиеся в результате преобразования T_i , являются параметрами, задаваемыми нижестоящему элементу.

Для организационной иерархии характерны следующие свойства: система состоит из множества строго выделенных взаимодействующих подсистем, функциями некоторых из них (решающие элементы) является принятие решений. При этом они располагаются иерархически, т. е. одни управляют другими.

Практически все организационно-экономические системы принадлежат к системам такого типа. В иерархии этого типа на каж-

дом уровне расположены, как правило, не один, а несколько элементов, поэтому правильное расположение элементов в соответствии с приоритетами действия особенно важно.

Формальное описание многоэшелонной иерархии дается обычно в терминах упорядоченных множеств. Напомним, что бинарное отношение R на множестве X называется **частичным порядком**, если оно удовлетворяет условиям:

- 1) $R(x, x)$ (рефлексивность);
- 2) из $R(x, y)$, $R(y, z)$ следует $R(x, z)$ (транзитивность);
- 3) из $R(x, y)$, $R(y, x)$ следует $x=y$ (антисимметричность).

Частичный порядок на множестве X , удовлетворяющий перечисленным свойствам, определен и на совпадающих элементах множества X , поэтому данное отношение называют также отношением нестрогого частичного упорядочения, а выражение $R(x, y)$ записывают как $x \leq y$. Если же $R(x, y)$ исключает возможность совпадения элементов x и y , то R называют отношением строгого частичного упорядочения и для его записи используют символ строгого неравенства $<$. Отношение строгого частичного упорядочения на конечном множестве X может быть представлено в виде графа типа «дерево». Если на X определено отношение (строгого) частичного порядка R , то X называют (строго) частично упорядоченным множеством, обозначая его парой $\langle X, R \rangle$. Элемент $x \in X$ называется **минимальным** (максимальным) элементом частично упорядоченного множества $\langle X, R \rangle$, если не существует таких элементов $y \in X$, отличных от x , для которых выполнено условие $R(y, x)$ ($R(x, y)$).

Итак, формализуем теперь понятие иерархии. Пусть $\langle J, R \rangle$ — конечное частично упорядоченное множество индексов с отношением строгого частичного порядка, L — семейство систем S_i , $i \in J$. Тогда тройка $\langle L, J, R \rangle$ называется **иерархией систем** S_i , $i \in J$. Если при этом элементы семейства L являются системами принятия решений и S_i имеет приоритет действия по отношению к S_j тогда и только тогда, когда $i > j$, то $\langle L, J, R \rangle$ называется **иерархической схемой** (иерархией принятия решений).

Выделение эшелонов в иерархии принятия решений осуществляется так. Первый эшелон составляют элементы из

$$L_1 = \{S_i : i \in J_1\},$$

где J_1 — множество минимальных элементов из J . k -й эшелон содержит элементы

$$L_k = \{S_i : i \in J_k \subset J\},$$

где J_k — множество минимальных элементов из $J \setminus \bigcup_{i=1}^{k-1} J_i$.

Если каждый эшелон содержит по одному элементу, то при надлежащем упорядочении получаем многослойную иерархию. Многоэшелонную иерархию можно определить как иерархию принятия решений при таком условии: для любого члена иерархии в эшелоне, расположенном непосредственно над ним, найдется хотя

бы один элемент, имеющий приоритет действия по отношению к нему. Многоэшелонную иерархию можно интерпретировать так: если заданное отношение строгого частичного порядка таково, что S_j является подсистемой S_i тогда и только тогда, когда $i > j$, то получаем стратифицированную систему, ибо системы низшего уровня являются подсистемами систем высших уровней [48].

1.3. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Проблемы управления тем или иным объектом (процессом) чрезвычайно обширны, сложны и многоаспектны. Управление можно рассматривать как важнейшую функцию системы, ориентированную на достижение заданных целей. Такими целями могут быть: обеспечение устойчивости функционирования, сохранение или приобретение системой тех или иных качественных особенностей, выполнение заданной программы действий и т. д. Как правило, формальным выражением цели является целевая функция системы, экстремальное значение которой соответствует наилучшему (оптимальному) способу управления. Очевидно, разнообразие объектов управления порождает разнообразие целей и средств управления.

Систему, в которой реализуется функция управления, обычно называют системой управления. В ней выделяют управляющую и управляемую подсистемы, хотя строгое разделение этих подсистем иногда затруднительно. Функционирование системы управления осуществляется путем взаимодействия управляющей и управляемой подсистем между собой и с внешней средой по каналам связи. Укрупненная структура системы управления имеет вид



Управляющая система получает и обрабатывает информацию X о состоянии объекта и, располагая целью управления и правилами принятия решений, вырабатывает управляющее воздействие Y . В результате этого воздействия объект управления изменяет свое состояние, что фиксируется управляющей системой, и т. д. На состояние объекта управления в каждый фиксированный момент времени оказывают также влияние среда и предшествующие состояния объекта.

Рассмотрим некоторые общие закономерности и особенности процессов управления сложными (в частности, экономическими) системами.