В.М.Добкин

системный анализ в управлении

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД,

системный анализ, системные исследования – не просто модные слова, свидетельствующие о понимании исследователем сложности и комплексности поставленных перед ним задач, это – научная методология, . . . она требует для своего успешного применения специальных знаний и навыков... Существенная отличительная особенность методологии системных исследований – ее непосредственная направленность на решение конкретных практических проблем.

академик Д. М. Гвишиани

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

позволяет расчленить сложную систему на элементы, сложную задачу – на совокупность простых, выразить их количественно, а значит, с большей степенью точности. Мало того, сложная задача может быть сведена не просто к менее сложным, но именно к тем, для решения которых есть отработанные методы.

академик В. Г. Афанасьев

В. М. Добкин

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В УПРАВЛЕНИИ

Москва «Химия», 1984

6П7.33.05
Д56
УДК 658.012.122
519.715

Добкин В. М.

Системный анализ в управлении.— М.: Химия, 1984.— 224 с., ил.

В книге конкретизирована сущность системного подхода к подготовке и выбору решений проблем планирования и управления. Рассматриваются процедуры и приемы выполнения основных этапов системного анализа: выбор целевой функции (критерия оптимальности) с учетом изменений качества и дефицитности продукции и ресурсов, выявление и систематизация путей достижения целей, выбор вариантов решений. Методические положения и рекомендации иллюстрируются примерами анализа актуальных проблем повышения эффективности работы предприятий, институтов, объединений и отрасли в целом.

Книга рассчитана на широкий круг специалистов, связанных с решением указанных проблем в химической индустрии и в отраслях, близких к ней по организации производства и управления, а также на преподавателей и студентов вузов.

224 с., 24 рис., 3 табл., список литературы 109 ссылок.

Рецензент докт. техн. наук В. С. Торопцов.

Д $\frac{2801000000\text{-}173}{050(01)\text{-}84}$ 41-85

© Издательство «Химия», 1984 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 5
Введение 6

Глава 1. Системный анализ проблем управления, его основные этапы . . . 9
1.1. Сложные системы 9
1.1.1. Основные признаки сложных систем 10
1.1.2. Функционирование систем 12
1.1.3. Управление системами 17
1.2. Сущность системного подхода 23
1.2.1. Системный подход к анализу объектов 23
1.2.2. Системный подход к решению проблем 26
1.3. Развитие методологии системных исследований 32
1.3.1. Становление системного подхода 32
1.3.2. Исследование операций, общая теория систем и кибернетика 36
1.3.3. Системный анализ 45
1.4. Основные этапы системного анализа проблемы 50
1.4.1. Факторы, влияющие на выбор этапов 50
1.4.2. Этапы системного анализа внутриотраслевых проблем . . 52

Глава 2. Цели и условия решения проблем, их формализация 56
2.1. Основные процедуры формирования ограничений и целевой функции 56
2.1.1. Цели и задания 56
2.1.2. Целевая функция и ограничения 61
2.1.3. Соизмерение подцелей 64
2.2. Выявление и систематизация подцелей 71
2.2.1. Построение «дерева целей» 72
2.2.2. «Дерево целей» промышленного предприятия 77
2.2.3. Анализ влияния внешних связей и отдаленных результатов принимаемых решений 81
2.3. Система ограничений 87
2.3.1. Виды ограничений 87
2.3.2. Выбор численных значений ограничений, проверка их непротиворечивости 90
2.4. Формирование целевой функции и критериев оптимальности . . . 92
2.4.1. Выбор вида целевой функции 93
2.4.2. Формирование целевой функции на основе расчетной оценки эффективности производства 98
2.4.3. Формирование целевой функции на основе оценки народнохозяйственной эффективности системы 102
2.4.4. Формирование целевой функции с использованием эвристических и комбинированных методов 113

Глава 3. Пути достижения целей, их выявление и систематизация 116
3.1. Структуризация проблемы, ее основные процедуры 116
3.1.1. Основные понятия структуризации проблем 116
3.1.2. Основные процедуры структуризации проблем 117
3.2. Уточнение структуры системы 121
3.2.1. Уточнение структуры объекта управления 121
3.2.2. Функционально-информационная структура системы управления 126
3.3. Критический анализ функционирования системы 138
3.3.1. Некоторые приемы анализа функционирования системы . . 139

3.3.2. Анализ причинно-следственных связей 145
3.4. Систематизация путей достижения целей, оценка их значимости . . 149
3.4.1. «Дерево путей достижения целей» 149
3.4.2. Оценка значимости подпроблем 151

Глава 4. Варианты решений, их выявление и выбор 153
4.1. Решения подпроблем и проблемы в целом 153
4.1.1. Основные виды решений подпроблем 154
4.1.2. Формирование решения проблемы в целом 159
4.2. Выявление и выбор альтернатив 161
4.2.1. Выявление альтернатив и их выбор в условиях определенности 161
4.2.2. Выбор альтернатив в условиях неопределенности 164
4.3. Выбор оптимальных решений 169
4.3.1. Постановка и решение задач оптимизации 169
4.3.2. Оптимальные взаимодействия подсистем 176
4.3.3. Три задачи исследования операций 185

Глава 5. Применение системного анализа для совершенствования технико-экономических норм и нормативов 191
5.1. Структура системы 192
5.1.1. Состав подсистем 192
5.1.2. Внутренние и внешние связи системы 196
5.2. Нормативы эффективности производства и использования производственных мощностей 200
5.2.1. Перспективы использования показателя полезности продукции и ресурсов 200
5.2.2. Нормативы использования производственных мощностей . . 204
5.3. Перспективы взаимосвязи планирования и нормирования в условиях использования АСУ 211

Заключение 212
Литература 216
Предметный указатель 220

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние годы партия и правительство приняли ряд важных решений, направленных на расширение прав предприятий и министерств, повышение их ответственности, на развитие инициативы трудящихся. Это существенно увеличивает состав специалистов, участвующих в выявлении ресурсов дальнейшего роста эффективности производства, в подготовке предложений по совершенствованию планирования и управления, повышению уровня организаторской работы во всех звеньях. Успешная проработка этих проблем возможна лишь на базе комплексного, системного подхода, тщательного анализа всех факторов, влияющих на выбор решения, строгого экономического обоснования.

В связи с этим автор считает своевременной задачей помочь широкому кругу специалистов ознакомиться с сущностью системного подхода к решению управленческих задач, с методами и приемами его практического применения.

В книге использован и обобщен материал цикла лекций (с анализом конкретных ситуаций), которые неоднократно были прочитаны в Институте повышения квалификации руководящих работников и специалистов химической промышленности. В ней нашли отражение также и некоторые практические работы по системному анализу отдельных проблем, выполненные с участием автора.

Автор признателен профессору В. С. Торопцову за полезные рекомендации, сделанные при рецензировании рукописи, а также пользуется случаем поблагодарить сотрудников лаборатории АСУ НИОПиК и многих других товарищей по работе, в контактах с которыми уточнялись некоторые точки зрения и методические приемы, изложенные в книге.

Автор

ВВЕДЕНИЕ

Трудно переоценить важность вдумчивого, обоснованного решения организационных и управленческих проблем, которые систематически ставит жизнь перед руководителями и специалистами разных уровней управления. Остроту этого вопроса образно подчеркивает писатель Юрий Скоп в романе «Техника безопасности» *.

Устами одного из героев — директора крупного горно-химического комбината он напоминает, что излюбленные лозунги «Давай, давай!» пора сменить на «Давай подумаем!».

Не только герой романа, но и директор любого другого предприятия той же, к примеру, химической промышленности ежегодно извлекает из папки с текущей почтой от 700 до 1000 приказов Министерства, 150—300 приказов Всесоюзного промышленного объединения, несколько сот директивных писем, решений коллегии Министерства, пленума и секции Научно-технического совета отрасли, решений Совета директоров подотрасли и т. д. Многие из этих документов выдвигают перед руководителем организационные управленческие проблемы. Проблемы ставит и сама деятельность предприятия или организации. Ошибки, допущенные при их решении, не только принесут ущерб, но в некоторых случаях приведут к возникновению еще более сложных проблем.

Каков бы ни был ранг руководителя, перед которым ставится проблема, в ее постановке и проработке, а также в подготовке решения участвует широкий круг специалистов предприятий, институтов, аппарата управления. К каждому из них относится в той или иной мере призыв «Давай подумаем!»

Как отозваться на этот призыв? Ведь речь идет о том, чтобы не только найти необходимое время в жесткой «текучке», но и наилучшим образом организовать проработку проблемы с целью подготовки обоснованного наилучшего решения. Здесь возникает множество методических вопросов. Как выявить возможные варианты решения? Как из нескольких возможных вариантов выбрать именно тот, который окажется лучшим? Что считать лучшим решением?

Методологию, которая дает ответы на эти вопросы, называют *системным анализом*. Особенно интенсивно эта методология формировалась в последние 30—35 лет одновременно с развитием вычислительной техники. Быть может поэтому среди работников, недостаточно знакомых с системным анализом, сложилось мнение, будто бы он находит применение только в

---

* Роман Ю. Скопа «Техника безопасности» (Роман-газеты № 21—22, 1982) положен в основу сценария кинофильма «Факты минувшего дня», поставленного кинорежиссером Владимиром Басовым.

задачах, которые решаются системами управления с использованием вычислительной техники.

Такая точка зрения не вполне правильно отражает суть системного анализа. Вопрос этот будет подробно рассмотрен в книге, а пока лишь отметим, что системный анализ определяет процедуры проработки любой проблемы с целью подготовки и обоснования ее решения, если в принципе оно не является единственно возможным. Сюда относится также выбор оптимального решения с использованием вычислительной техники и те случаи, когда для принятия решения не нужно ничего, кроме здравого смысла, интуиции и опыта.

Использование приемов системного анализа опытными руководителями и специалистами дисциплинирует ход их рассуждений, помогает повысить надежность выводов, избежать упущений, более обоснованно установить, где достаточно ограничиться здравым смыслом одного руководителя, а где важна экспертиза группы специалистов. При этом методология системного анализа позволяет наиболее правильно организовать выбор такого коллективного проекта решения, который был бы наиболее объективным и вместе с тем достаточно единодушно одобренным. Наконец, использование принципов системного анализа подскажет целесообразность применения количественных оценок (не всегда на основе использования вычислительной техники) там, где по традиции ограничивались только качественным подходом.

Не менее важную помощь управленцам системный анализ окажет и в тех случаях, когда для решения проблемы оправдано применение экономико-математических методов и вычислительной техники.

В настоящее время эффективность использования этих «инструментов», чаще всего оказывается ниже их возможностей. Одной из основных причин этого является недостаточное творческое сотрудничество работников аппарата управления и разработчиков автоматизированных систем управления.

Специалисты в области экономико-математических методов чаще всего не имеют опыта организационного управления, не знают всех «тонкостей» хозяйственного руководства, всех конкретных (нередко частных) трудностей, возникающих в процессе выбора и реализации решений. В то же время работники аппарата управления, имеющие большой опыт, пока еще редко непосредственно участвуют в разработке задач. Причина этого в отсутствии специальных знаний, необходимых для взаимопонимания и взаимодействия с разработчиками АСУ, а также в недооценке реальных возможностей этих систем.

Изучение системного анализа поможет управленцам правильно оценить возможности вычислительной техники не только для совершенствования учета и отчетности, но и для выбора наилучших решений, осознать необходимость выделить в своем напряженном расписании время для творческого участия в разработке подобных задач, даст знания, необходимые для руковод-

ства наиболее ответственными этапами такой разработки (постановка задач, выбор мер, обеспечивающих достаточно полную и достоверную исходную информацию).

Работая над этой книгой, автор стремился не только изложить сведения о процедурах и приемах системного анализа проблем, но и убедить читателя в преимуществах этих приемов, в их соответствии здравому смыслу, поставленному в строгие рамки логики. Любые приемы недостаточно просто знать, ими необходимо овладеть, приобрести навыки их использования. С этой целью по ходу изложения материалов читателю неоднократно будет предложено отложить на время книгу и попытаться решить тот или иной вопрос до ознакомления с описанием его решения. Самостоятельная работа над такими заданиями окажется полезной независимо от правильности их выполнения.

Для методологии системных исследований, как и для каждого сравнительно нового научного направления, характерна неоднозначность понятийного аппарата. В этих условиях очень важно избежать путаницы, возникающей вследствие разной трактовки одних и тех же терминов. Учитывая это, автор считал важным уточнять содержание многих используемых терминов, не претендуя на то, что такое толкование является единственно правильным.

Хотелось бы также подчеркнуть, что некоторые рассмотренные примеры выходят за рамки только иллюстрации применения приемов системного анализа. В них, как правило в дискуссионном порядке, обсуждаются такие актуальные проблемы, как выбор критериев оптимальности, учет фактора дефицитности материальных и трудовых ресурсов, напряженность плановых заданий, обеспечение соответствия локальных интересов народнохозяйственным и др. Эти примеры могут послужить информацией для размышления, помочь в проявлении творческой инициативы.

Глава 1

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ, ЕГО ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ

1.1. СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ

В последние 20—25 лет методологию выбора научно обоснованных решений проблем зачастую связывают с такими понятиями, как системный подход, комплексный подход, системный анализ, системотехника, исследование операций, методы оптимизации и др. Близкими к ним по содержанию считают также общую теорию систем, теорию принятия решений, системологию.

В чем сущность этих научно-методических направлений, в чем их общность и различие?

Отложите на несколько минут книгу и попытайтесь записать ответ на поставленный вопрос. Старайтесь избегать слишком общих определений. Сущность методологии желательно конкретизировать, отметив, что требует она во-первых, во-вторых и т. д. Четкое перечисление существенных признаков методологии поможет не упустить некоторые важные требования при выборе научно обоснованных решений.

Опыт системных исследований подтверждает высокую эффективность подобного приема, сущность которого состоит в том, что до начала обсуждения какого-либо проблемного вопроса каждый участник формулирует свою предварительную точку зрения, на которую еще не повлияли позиции других специалистов.

Если Вы не взялись за выполнение задания только потому, что у Вас еще нет достаточно четких представлений о содержании перечисленных понятий — не огорчайтесь! Ведь основное назначение этой главы состоит именно в том, чтобы помочь читателю составить такие представления. Кроме того, как было отмечено во Введении, даже мнения признанных специалистов по указанным вопросам далеко не однозначны.

Начнем с того, что попытаемся уяснить сущность понятия «системный подход». Обратимся к определениям. Из коллективного труда под редакцией В. Г. Шорина [1, с. 10] читатель узнает, что «системный подход — это эксплицитное выражение процедур представления систем и способов исследования объектов».

В книге Оптнера [2] нет строгого определения, но встречается утверждение, что «системный подход к проблеме — это подход к проблеме, как к системе». Для специалистов по системным исследованиям в этом утверждении заложена важная мысль, к которой мы возвратимся позднее, но для неискушенного читателя оно похоже на каламбур, а не на определение.

Обе цитаты вряд ли позволяют уяснить сущность системного подхода, но убеждают в целесообразности рассмотреть в первую очередь понятие «система».

1.1.1. Основные признаки сложных систем

Термин «система» греческого происхождения и в буквальном переводе означает целое, составленное из частей. Если бы мы попытались определить сущность этого понятия по литературным источникам, нас ждало бы еще большее разочарование, чем при попытке уяснить сущность понятия «системный подход». Мы встретились бы с десятками определений, из которых вряд ли нашлось бы одно, которое полностью оправдало бы наши надежды. Приведем лишь некоторые, наиболее характерные.

Первое научное определение системы принадлежит Берталанфи, который понимает под этим термином комплекс элементов, находящихся во взаимодействии.

Акоф считает, что реальный объект рассматривается как система, если результат его поведения определяется как продукт взаимодействия его частей [3].

Джонсон, Каст и Розенцвейг подчеркивают целенаправленность систем. «Систему — пишут они — можно определить, как некоторое множество элементов, созданное для достижения наперед заданной цели» [4].

По Оптнеру, «система есть ищущий процесс. В более полном определении систему описывают как набор объектов, имеющих данные свойства, и связей между объектами и их свойствами» [2].

Наконец, в словаре-справочнике «Математика и кибернетика в экономике» [5] приводится еще более абстрактное определение системы, авторами которого являются А. И. Уемов и В. И. Богданович: «Система — множество, на котором реализуется заранее данное отношение R с фиксированными свойствами P». А далее отмечается, что «при всей важности этого понятия для современной науки в настоящее время не существует единого общепринятого определения системы».

В чем же состоят основные трудности, препятствующие четкой и достаточно конкретной формулировке сущности понятия «система»? Чтобы ответ на эти вопросы был более ясен, приведем в качестве примера небольшой перечень различных систем: система уравнений, система взглядов, горная система, нервная система, тормозная система, комплексная система управления качеством продукции и т. д. Бросается в глаза чрезвычайное разнообразие видов систем, каждый из которых обладает рядом специфических особенностей. Чтобы в одном лаконичном определении охватить общие черты всех без исключения систем, необходимо абстрагироваться от их особенностей, но тогда формулировка окажется слишком общей.

Чтобы определить сущность интересующего нас понятия «система» не в общефилософском, а в прикладном смысле, попытаемся преодолеть указанные трудности, используя два приема.

Во-первых, откажемся от попытки дать единое определение, охватывающее все системы без исключения. Для рассмотрения оставим лишь биологические, технические и социально-экономические системы, к которым относятся три последних примера из перечисленных выше. Как показал опыт кибернетики, сопоставление именно этих видов сложных систем оказывается особенно плодотворным.

Во-вторых, откажемся от попытки отразить основные общие особенности рассматриваемых систем в одном лаконичном определении. Вместо этого выявим несколько общих признаков, характерных для всех трех указанных выше видов систем. Выявить такие общие признаки удобно при сопоставлении конкретных систем.

Характерным примером сложной биологической системы может служить организм животного или человека. В качестве примера технической системы примем любое многостадийное производство химической технологии. Это же производство можно рассматривать и как пример социально-экономической системы, если под производством понимать не только совокупность технологических процессов и аппаратов, но и элемент общественного производства, объединяющий людей (как главную производительную силу) со средствами производства в процессе общественного труда.

Что общего у трех этих систем?

Первым важным признаком является то, что каждая система представляет собой структурно-организованную целостную *совокупность* более простых частей — так называемых *подсистем*. Такими подсистемами живого организма являются, например, нервная система, системы кровообращения, эндокринная система и т. д. В свою очередь, производство, как техническая система, состоит из отдельных стадий. Наконец, в составе промышленного предприятия как социально-экономической системы можно выделить цехи, службы, участки, бригады.

Второй важной особенностью, общей для всех трех рассматриваемых систем, является *взаимосвязь подсистем*, их взаимодействие в процессах целенаправленного функционирования системы и взаимное влияние как на собственные свойства и поведение, так и на свойства системы в целом.

Третьим важным признаком всех рассматриваемых систем является их *иерархичность*. Каждая подсистема может рассматриваться как более простая система (то есть младшего ранга), которую также можно представить в виде совокупности еще более простых взаимосвязанных компонентов. Такое расчленение систем (их декомпозицию) можно проводить вплоть до подсистем самого младшего ранга, именуемых *элементарными* (дальнейшее деление не представляется целесообразным для уяснения сущности функционирования данной системы). В свою очередь, каждая система входит в качестве подсистемы в другую, более крупную и сложную систему старшего ранга. Так, при

рассмотрении биологических систем в нервной системе могут быть выделены подсистемы: центральная и вегетативная. Эндокринная система представляет собой совокупность желез внутренней секреции, управляемых гипофизом, и т. д. С другой стороны, совокупности животных составляют уже зоологические системы: семью, стаю (стадо), популяцию.

Аналогичная иерархия имеет место и в технических системах. Каждая технологическая стадия представляет собой совокупность взаимосвязанных аппаратов. В аппарате гетерогенного катализа, например, в качестве подсистем могут быть выделены слой катализатора, система съема или подвода тепла и т. д.

Еще более четко иерархическая структура прослеживается в социально-экономических системах. Так, отдельные производства входят в состав предприятия. Совокупность предприятий, производственных объединений, исследовательских и проектных институтов, объединенных в производстве определенных групп продукции, составляет систему более старшего ранга, именуемую подотраслью. Далее, прослеживаются отрасль промышленности, отрасль народного хозяйства, общественное производство в рамках страны, в рамках социалистической интеграции.

Четвертым существенным признаком, общим для всех систем трех рассматриваемых видов, является то, что процессы их функционирования протекают во времени, т. е. эти системы являются *динамическими*. Кроме того, важно подчеркнуть, что все биологические, социально-экономические и некоторые технические системы являются также развивающимися.

Для уяснения понятий «система» и «системный подход», кроме приведенных выше четырех признаков, важно учесть также сущность процессов их функционирования. Вспомните приведенное выше определение системы по Опнеру, в котором подчеркивается, что «система — это ищущий процесс». Точнее было бы сказать, что в системах протекают целенаправленные процессы. Их совокупность представляет собой функционирование системы.

1.1.2. Функционирование систем

Система как совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих подсистем может быть упрощенно представлена схемой, показанной на рис. 1.

В общем случае подсистемы связаны между собой материальными, энергетическими и информационными потоками; их именуют *внутренними связями*. С другой стороны, каждая система связана с другими системами того же и старших рангов. Эти связи для данной системы правомерно именовать *внешними*. Легко убедиться, что в соответствии с принципом иерархичности внутренние связи системы будут внешними по отношению к подсистемам.

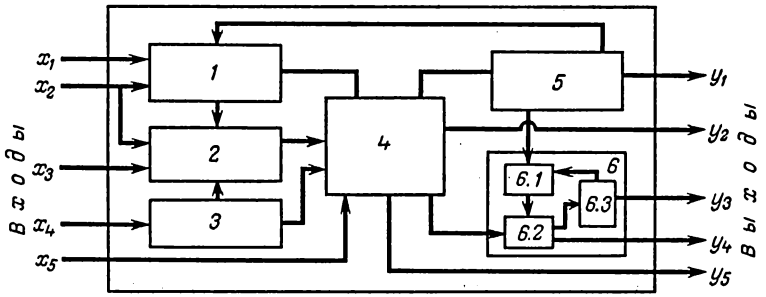


Рис. 1. Структурная схема системы:
1—6 — подсистемы старших рангов; 6.1—6.3 — подсистемы младших рангов.

В свою очередь, все внешние связи любой системы (подсистемы) можно подразделить на *входы* (x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_m), которыми принято называть внешние связи (потоки), направленные к системе и реализующие внешние воздействия на систему, и *выходы* (y_1, y_2, ..., y_j, ..., y_n), которыми будем называть внешние связи (потоки), исходящие от системы и представляющие собой результат ее функционирования, воздействия на другие системы, т. е. на внешнюю по отношению к данной системе среду.

Основная функция системы состоит в преобразовании (переработке) входов в выходы. Реализацию такого преобразования будем именовать *процессами основной текущей деятельности системы* или процессами ее функционирования в узком смысле этого понятия.

Применительно к промышленным предприятиям процессы основной текущей деятельности означают переработку ресурсов, поступающих на вход системы, в конечные результаты — продукцию и услуги. Результатами деятельности исследовательских и проектных институтов является информация, содержащаяся в выпускаемой (на выходе) научной и технической документации.

Кроме целевых (позитивных) конечных результатов, выходами системы могут быть и негативные результаты ее деятельности, например, сточные воды и выбросы в атмосферу, загрязняющие окружающую среду.

Соответственно и на входе системы наряду с ресурсами, необходимыми для ее функционирования, различают также негативные, нежелательные воздействия, нарушающие ее нормальную деятельность; их именуют возмущающими воздействиями или *внешними возмущениями*. Типичными примерами внешних возмущений для промышленных систем могут служить нарушения сроков поставок сырья и материалов, отклонения качества сырья от номинального, сбои в энергообеспечении и т. п.

Кроме внешних (на входе в систему), имеются и *внутренние возмущения*, нарушающие нормальное течение процессов функци-

онирования. Типичными примерами внутренних возмущений в производстве могут служить нарушения технологической дисциплины, аварийный выход из строя оборудования и т. п.

Важная особенность системы — *целенаправленность* основной деятельности проявляется в стремлении предотвратить, преодолеть или скомпенсировать возмущения, сохранить высокие целевые конечные результаты, уменьшить негативные последствия своей деятельности и экономно использовать ресурсы.

Таким образом, оценкой функционирования системы может служить ее *эффективность*, которая характеризуется отношением целевых конечных результатов к ресурсам, использованным как для получения этих результатов, так и для устранения (ограничения в допустимых пределах) негативных последствий функционирования. Подробнее вопросы оценки эффективности систем рассматриваются в разд. 2.4.

Чтобы оценивать эффективность системы, осуществлять меры по ее поддержанию и повышению, необходимо располагать сведениями о закономерностях процессов функционирования.

Математическое описание процессов функционирования. Значения выходов зависят от свойств системы, от входных воздействий на нее и, как правило, от совокупности параметров внутреннего состояния системы. Кроме того, учитывая, что системы являются динамическими, входы $\{x_i\}$, параметры состояния системы $\{z_r\}$ и ее выходы $\{y_j\}$ изменяются во времени (t).

Математические выражения зависимостей выходов от входов и параметров состояния принято называть *математическим описанием* системы. Если описание достаточно правильно (адекватно) отображает фактическое поведение системы, его особенности, важные для исследования или управления, то его можно использовать для моделирования (воспроизведения) протекающих в системе процессов; в таком случае его называют *математической моделью* системы.

Модель системы, описывающая процессы ее функционирования в установившемся режиме, отражает статические свойства системы и называется *статической моделью*. График зависимости выходного показателя от соответствующего входного параметра (чаще всего основного) называют *статической характеристикой*. Типичными примерами статических характеристик конкретного производства могут служить зависимости объема выпуска продукции (A), себестоимости (c) и других важнейших показателей от нагрузки, т. е. от расхода (G_1) основного сырья на входе в систему.

Если математическая модель описывает изменения выходов и параметров состояния системы в неустановившихся режимах (во времени), то она характеризует динамические свойства системы и называется *динамической моделью*. Соответственно графики изменения выходных параметров во времени при определенных воздействиях на входе принято именовать *динамическими характеристиками* звена (системы, подсистемы). Динами-

ческие свойства циклических процессов характеризуются также графиками, иллюстрирующими повторяемость циклов, их период, регулярность, характер колебания параметров и т. д.

Модели сравнительно простых технических систем стараются строить на основе изученных закономерностей физических и химических процессов, их функционирования; такие модели называются *детерминированными.*

Модели систем, которые также являются сравнительно простыми, но закономерности функционирования которых не изучены, могут быть построены в результате статистической обработки результатов экспериментов. Такую систему с неизвестной структурой и свойствами иногда условно именуют «черным ящиком», а модели, полученные указанным выше способом, в отличие от детерминированных называют *статистическими.* При стабильности процессов, протекающих в системе, такие модели могут давать описание системы, близкое к адекватному.

Иначе обстоит дело со сложными системами*. К ним относятся биологические, социально-экономические, некоторые технические системы. Для них характерно большое число подсистем многих уровней иерархии, сложность связей между ними, наличие случайных факторов, влияющих на поведение отдельных подсистем и системы в целом. В связи с этим процессы функционирования сложных систем относятся к категории так называемых *случайных* или *стохастических процессов*, а результаты функционирования не всегда предсказуемы с достаточной точностью.

Стохастические процессы характеризуются функцией распределения вероятностей рассматриваемых событий. Если эта функция стабильна, т. е. не изменяется во времени, то стохастический процесс называется строго стационарным. Для стационарных стохастических процессов функция распределения вероятностей может быть установлена экспериментально. Это позволяет, используя методы теории вероятностей, построить *стохастическую модель* системы; свойства таких систем характеризуются не однозначными (функциональными), а корреляционными зависимостями, позволяющими установить наиболее вероятные значения выходов и других показателей функционирования системы.

Если стохастические процессы, влияющие на поведение системы, нестационарны, то ее поведение не всегда может быть описано математически, т. е., как принято говорить, оказывается неформализуемым. Для количественной характеристики неформализуемых свойств и связей таких систем, для прогноза результатов их функционирования приходится использовать экспертные оценки специалистов и другие эвристические методы, сущность которых будет рассмотрена ниже.

Развитие и совершенствование систем. Среди признаков сложных систем мы отметили их способность к развитию;

* В литературе их иногда именуют «большими системами», «комплексными системами».

это качество означает, что функционирование в широком смысле этого понятия следует рассматривать как совокупность процессов основной текущей деятельности и процессов развития, совершенствования системы.

Как было отмечено выше, процессы развития и совершенствования характерны для биологических систем, социально-экономических и некоторых технических, именуемых самообучающимися или самосовершенствующимися автоматическими системами. Целенаправленность этих процессов означает стремление систематически повышать эффективность своей основной деятельности, обеспечивать приспособление (адаптацию) к изменяющимся внешним условиям.

Как правило, в каждой сложной системе мы встречаемся с комплексом процессов развития, различающихся пространственными и временными масштабами, а также степенью влияния на эффективность системы.

Маломасштабные процессы развития (так называемые *микропроцессы*) — это, как правило, локальные, сравнительно быстро протекающие процессы обновления и некоторого совершенствования.

В промышленных системах примерами локальных процессов совершенствования могут служить многочисленные организационно-технические мероприятия (ОТМ), ежегодно планируемые и проводимые силами предприятия почти в каждом производстве и имеющие различную направленность (экономия сырья и энергии, улучшение качества продукции, повышение производительности труда, улучшение условий и безопасности труда, охрана окружающей среды и т. д.).

К *макропроцессам* развития относятся процессы, охватывающие, как правило, системы более старших рангов, протекающие медленнее, чем микропроцессы, но оказывающие на свойства системы более существенное влияние. Типичными примерами макропроцессов развития промышленных систем является техническое перевооружение производств, развитие действующих и создание новых предприятий по перспективным планам капитального строительства, включая весь комплекс исследовательских, опытных, проектных, строительно-монтажных и пусконаладочных работ *.

Таким образом, под функционированием промышленной системы (в широком понимании этого термина) мы будем иметь в виду совокупность процессов основной деятельности и процессов развития и совершенствования в рамках как организационно-технических мероприятий, так и капитального строительства.

---

* Не следует забывать о существовании еще более медленных, крупномасштабных процессов развития, охватывающих системы наиболее старших рангов. В живой природе — это эволюционные изменения видов, а в общественных процессах — смена социально-экономических формаций. Анализ этих процессов не входит в задачу данной книги.

Необходимо отметить еще одно важное положение, которое касается целенаправленности процессов функционирования системы и именуется *принципом единства целей*; суть этого принципа состоит в том, что функционирование каждой подсистемы должно быть направлено на достижение целей всей системы.

Непосредственной конкретизацией этого принципа являются требования государственного подхода к управлению экономикой. Смысл этих требований состоит в том, чтобы решения на местах принимались исходя из народнохозяйственных, а не ведомственных или местнических интересов.

1.1.3. Управление системами

Процессы функционирования систем нуждаются в управлении. Маркс определяет управление производственными системами как особую функцию, возникающую из самой природы общественного труда. «Всякий непосредственно общественный или совместный труд, осуществляемый в сравнительно крупном масштабе, нуждается в большей или меньшей степени в управлении, которое устанавливает согласованность между индивидуальными работами и выполняет общие функции, возникающие из движения всего производственного организма в отличие от движения его самостоятельных органов. Отдельный скрипач сам управляет собой, оркестр нуждается в дирижере» [6, с. 342].

Сущность процессов управления биологическими, техническими и социально-экономическими системами во многом одинакова. Это наглядно видно из сопоставления двух управляемых систем, представленных на рис. 2. Одна из схем (рис. 2, *а*) иллюстрирует регулирование температуры в реакторе, а другая (рис. 2, *б*) — упрощенную структуру управления промышленной системой. Сравнение этих схем позволяет установить, что измерение

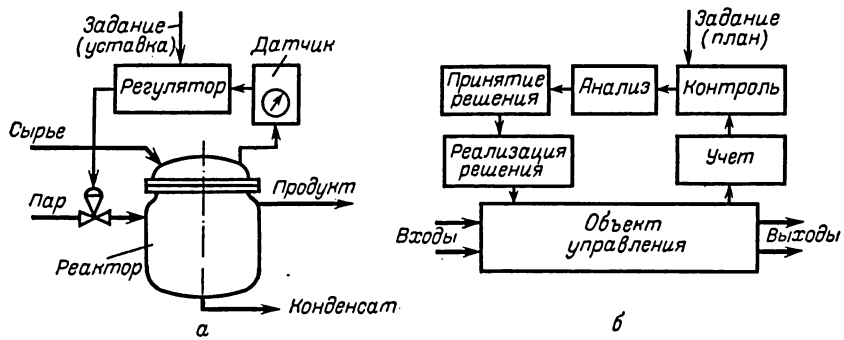


Рис. 2. Управляемые системы:
а — техническая (регулирование температуры в реакторе); б — социально-экономическая (принятие и реализация решения по управлению).

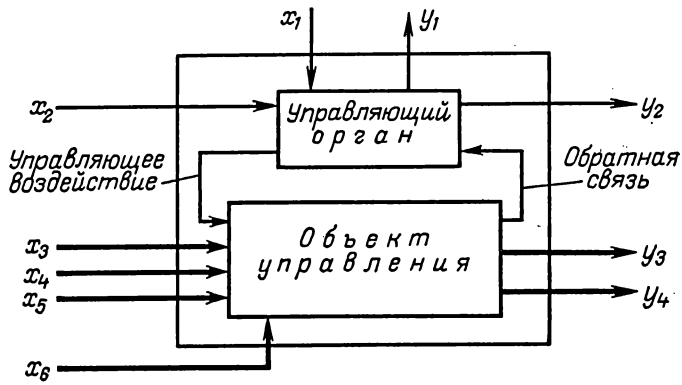


Рис. 3. Обобщенная блок-схема управляемой системы: x_i, y_j — входы и выходы системы соответственно.

температуры в зоне реакции означает сбор информации, подлежащей учету. Сравнение фактических значений температуры с заданным означает контроль этого показателя. Осуществляя анализ степени отклонения температуры от заданной и темпов роста этих отклонений, регулятор вырабатывает регулирующий импульс (управляющее воздействие) и через исполнительный механизм реализует это воздействие.

Задача поддержания заданной температуры на этом не заканчивается. Результаты управляющего воздействия вновь подлежат учету, контролю и анализу, на основании которых осуществляется дальнейшее уточнение воздействий на объект.

Управление промышленной системой использует те же функции и в той же последовательности, но роль регулятора выполняет аппарат управления и его руководитель, принимающий решение.

В каждой из рассмотренных схем управления можно выделить два взаимосвязанных звена:

объект управления (реактор, производство), представляющий собой ту часть системы, в которой протекают основные процессы ее функционирования;

орган управления (управляющее звено), непосредственно реализующее управление объектом.

Орган управления связан с объектом управления информационными потоками. От органа управления на объект поступают управляющие воздействия. С другой стороны, от объекта к органу управления поступает информация, характеризующая функционирование объекта и необходимая для выработки рациональных управляющих воздействий (принятия управленческих решений). Этот поток информации принято именовать *обратной связью* органа управления с объектом.

Орган управления и объект управления, связанные между собой управляющими воздействиями и обратной связью, составляют замкнутый контур управления.

Выявленная общность двух конкретных схем управления, изображенных на рис. 2, позволяет представить их в виде единой обобщенной схемы, показанной на рис. 3.

Мы ограничились сопоставлением схем управления системами только двух классов — технической и социально-экономической, но те же основные принципы, в том числе принцип обратной связи, лежат в основе управления и биологическими процессами. Эта общность составляет предмет исследования кибернетики. Роль этой науки в развитии методологии системного анализа будет рассмотрена в разд 1.3.

Системы управления. Рассмотренный ранее признак иерархичности систем обусловливает иерархичность управления сложными объектами. Этот вывод также относится к важным принципам кибернетики. Из него следует, что управляющий орган системы связан с объектом управления в основном через управляющие органы подсистем. Такая иерархическая по структуре совокупность управляющих органов с их информационными связями составляет управляющую систему, или *систему управления* сложным объектом. Так, например, органом управления отраслью является аппарат министерства, органом управления подотраслью — аппарат ВПО и т. д. В то же время системой управления отраслью следует считать совокупность аппарата министерства и всех информационно связанных органов управления подотраслями, предприятиями, институтами вплоть до органов управления цехами, службами, лабораториями (рис. 4). Как видно из этой схемы, каждый орган управления связан двусторонними информационными потоками с органом управления системы старшего ранга.

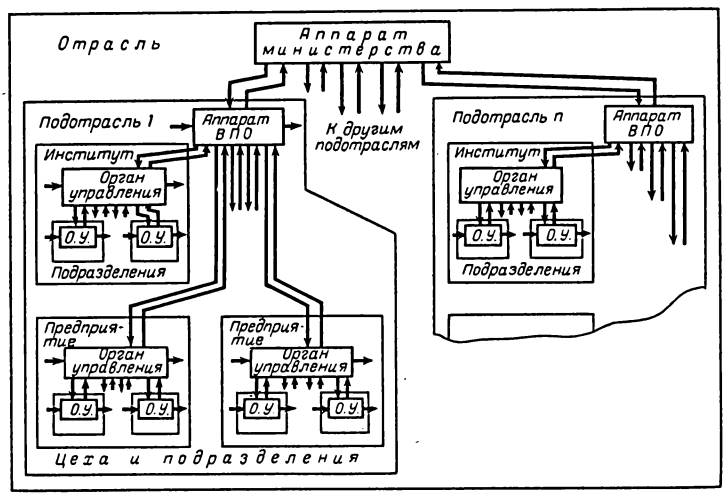


Рис. 4. Иерархическая система управления отраслью:
ОУ — *органы управления цехов и подразделений.*

Значительная часть информации, полученной управляющим органом от объекта управления, должна быть полностью использована для принятия этим же органом необходимых управляющих решений. Лишь сравнительно небольшая доля информации, поступившей с объекта, соответственно переработанная и агрегированная, поступает на верхний уровень. В противном случае без выполнения этого важнейшего принципа информационных связей иерархических систем управления верхние уровни «захлебнулись» бы от избытка информации, переработать которую не представляется возможным.

Кроме так называемых вертикальных информационных связей (с объектом управления и верхним уровнем), управляющий орган системы может быть связан с внешней средой двусторонними горизонтальными информационными связями. Примерами таких связей для промышленных систем могут служить связи между поставщиками и потребителями продукции, между предприятиями и институтами и т. д.

Сопоставляя схемы, приведенные на рис. 1 и 3, легко убедиться, что внешние воздействия или так называемые входы управляемых систем можно разделить по крайней мере на три вида:

информационные, в том числе управляющие воздействия (x_1) верхнего уровня и горизонтальные информационные связи (x_2), используемые для выработки внутренних управляющих воздействий на объект;

исходные ресурсы (x_3, x_4, x_5), используемые в процессах функционирования объекта управления;

неуправляемые факторы, нарушающие нормальный процесс функционирования системы, именуемые возмущениями (x_6).

Соответственно можно дифференцировать и выходы системы, выделяя в них:

выходную информацию, в том числе обратную связь (y_1) с управляющим органом верхнего уровня, и горизонтальные информационные связи (y_2);

целевые конечные результаты функционирования объекта управления (y_3, y_4);

негативные последствия функционирования объекта (y_5).

Рассматривая схему контура управления, представленную на рис. 3, необходимо учитывать, что ее общность, универсальность являются результатом сравнительно высокого уровня абстракции. А это означает, что по сравнению с ней реальные системы управления производством оказываются несравненно более сложными. Причина этого также и в том, что каждая из таких систем содержит множество контуров управления, хотя и связанных между собой, но решающих самостоятельные, частные задачи управления сложной системой, обусловленные многообразием функций управления.

Как уже отмечалось, функционирование системы (в широком смысле) охватывает совокупность процессов основной деятель-

ности и разных по масштабам процессов развития. Каждый из этих процессов нуждается в управлении. Применительно к промышленным системам это позволяет выделить комплексы функций управления собственно производством и управления его развитием. Кроме того, учитывая принцип планомерности социалистического производства, управление каждым из процессов функционирования производственной системы предусматривает принятие решений по планированию, по организации работ, направленных на выполнение плана, по регулированию (управлению) этими работами, т. е. по предотвращению или компенсации (хотя бы частичной) возникающих возмущений, по контролю за ходом выполнения плана.

Для сложных систем, в том числе промышленных, возникает специфическая функция управления, именуемая координацией и направленная на обеспечение эффективного взаимодействия подсистем. Наконец, важно учитывать, что каждая из перечисленных общих функций управления производственной системой предусматривает выполнение ряда специфических функций, в частности, таких, как управление материально-техническим обеспечением производства, энергоснабжением, подбором, подготовкой и расстановкой кадров, сбытом продукции, управление научно-исследовательскими, проектными работами и т. п. Исходя из этого иерархическая структура системы управления должна быть представлена не плоской (упрощенной) линейной схемой, как это было показано на рис. 4, а пространственной линейно-функциональной схемой, приведенной на рис. 5.

Таким образом, управление сложной системой представляет собой выработку и реализацию совокупности разнообразных воздействий на объект, направленных на обеспечение эффективного его функционирования, т. е. на достижение целей системы. Управление, обеспечивающее наилучшее достижение целей в конкретных условиях, принято называть *оптимальным*.

Рассмотренные общие сведения о признаках сложных систем, о процессах их функционирования и об управлении этими процессами позволяют сделать некоторые выводы; после этого мы вернемся к вопросу о сущности системного подхода.

Краткие выводы

1. Общими признаками сложных систем (биологических, технических, социально-экономических) является то, что каждая из них представляет собой структурно организованную целостную совокупность более простых частей (подсистем), взаимосвязанных и взаимодействующих в процессах целенаправленного функционирования системы.

2. Каждая из систем входит в качестве подсистемы в состав более крупной системы (старшего ранга); в свою очередь, подсистемы (кроме элементарных) могут быть представлены, как системы младшего ранга.

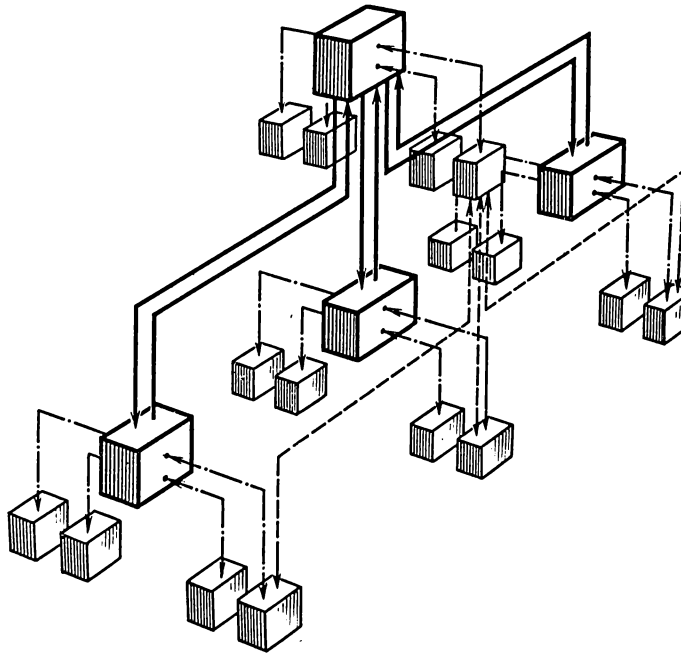


Рис. 5. Фрагмент пространственной схемы линейно-функциональной иерархической системы управления:
——— — межуровневые связи линейного руководства; — — — — то же, функционального руководства; —·—·— — связи линейных руководителей с функциональными подразделениями.

3. Системы взаимодействуют с внешней средой. Это взаимодействие реализуется через внешние связи системы: входные и выходные.

4. Процесс функционирования системы в узком смысле — это процесс преобразования ресурсов на входе в систему в целевые конечные результаты основной деятельности на выходе из системы.

5. Эффективность основной деятельности системы характеризуется отношением целевых конечных результатов к затратам ресурсов на достижение этих результатов и на устранение (или ограничение в допустимых пределах) негативных последствий функционирования.

6. Целенаправленность процессов функционирования проявляется в стремлении поддерживать и повышать высокую эффективность системы, приспособляясь (адаптируясь) к изменениям внешней среды.

7. Процессы функционирования системы (в широком смысле) — это совокупность процессов основной деятельности и разных по масштабам процессов развития и совершенствования системы.

8. Математическое описание процессов функционирования системы называется ее математической моделью. Если система

подвержена нестационарным случайным воздействиям, процессы ее функционирования зачастую не могут быть описаны математически, т. е. являются неформализуемыми.

9. Процессы функционирования систем нуждаются в управлении. Управление реализуется за счет целенаправленных воздействий органа управления на объект управления и обратной связи объекта с органом управления. Совокупность управляющих воздействий и обратной связи образует замкнутый контур управления.

10. Каждый контур управления предусматривает сбор информации о состоянии объекта (учет), ее сопоставление с заданными значениями (контроль), анализ информации и выработку управляющего воздействия (подготовку и принятие решений), а также реализацию воздействия.

11. Совокупность органа управления системы и органов управления ее подсистем всех рангов вместе с их информационными внутренними и внешними связями составляет иерархическую систему управления.

1.2. СУЩНОСТЬ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

1.2.1. Системный подход к анализу объектов

Когда речь идет о «системном подходе», то сразу же возникает вопрос: подход к чему?

Рассмотрим, в первую очередь, сущность системного подхода к изучению, исследованию (т. е. к анализу) объектов, именуемых системами, а уже далее попытаемся установить особенности использования системного подхода к решению проблем.

Методология анализа сложных объектов, изучения и познания процессов, протекающих в них, неразрывно связана с *теорией познания*. Подход к сложному объекту, как к системе, т. е. как к совокупности взаимосвязанных и взаимодействующих его частей, формировался вместе с диалектическим пониманием процессов природы, в том числе процессов, протекающих в таком сложном объекте, как живой организм.

Известно, что изучение лишь отдельных органов вело к примитивному механицизму. С другой стороны, попытки рассматривать организм, как нечто единое и неделимое не могли объяснить результаты многих наблюдений иначе, чем действием некоей «высшей жизненной силы», т. е. вели к витализму. Единственно правильный путь из этого кризиса в познании природы указала *материалистическая диалектика*. Путь этот основывался на правомерности изучать отдельные части сложного объекта (теперь мы говорим «подсистемы»), но не изолированно, а при тщательном исследовании и учете процессов их взаимодействия. В. И. Ленин подчеркивал тож-

дественность понятий: Логика, диалектика и теория познания материализма. «Не надо трех слов: это одно и то же» — замечает он в «Философских тетрадях» [7, с. 315].

Естественно, что диалектика — методология познания мира — особо актуальна в процессе анализа систем, как наиболее сложных его объектов. Особенности сложных систем и процессов их целенаправленного функционирования убедительно подтверждают, что методология исследования систем немыслима без использования основных законов и категорий диалектики, таких, в частности, как взаимосвязь и взаимообусловленность явлений в природе и обществе, соотношение целого и частного, цель, причинность, развитие и внутренние противоречия как движущая сила развития. Таким образом, материалистическая теория познания является методологическим базисом системного подхода, ей принадлежит основная роль в становлении методологии системных исследований [8—10].

С другой стороны, системный подход в его философском и логико-методологическом аспектах правомерно рассматривать, как развитие и конкретизацию материалистической теории познания применительно к исследованию определенного типа объектов, именуемых системами.

Попытаемся выделить основные принципы системного подхода к анализу объектов, опираясь на рассмотренные ранее признаки систем.

1. Поскольку под понятием система мы условились понимать совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих подсистем, анализ следует начинать с выявления ее структуры, т. е. состава подсистем и связей (отношений) между ними. Исследование отдельных подсистем надо вести не изолированно, а с учетом их связей. Для сложных систем характерно обилие внутренних связей. Поэтому важно суметь выделить существенные, так называемые системообразующие связи, заметно влияющие на результат исследования.

2. Система представляет собой не простой набор (сумму) подсистем, а целостный объект, многие свойства и возможности которого не являются простой совокупностью (суммой) возможностей ее подсистем. Из этого следует, что в ходе анализа все свойства и показатели систем должны быть разделены на целостные и аддитивные в зависимости от влияния на них эффекта взаимодействия подсистем.

Целостными (интегративными, эмерджентными) называют такие свойства, функции и показатели, которые присущи только системе как целостному объекту; так, например, в химической промышленности, где синтез новых продуктов, разработку технологии и проектирование осуществляют в основном отраслевые институты, проблема развития производств и постановки новой продукции на производство должна рассматриваться как целостная подотраслевая проблема, а не проблема отдельных предприятий.

Аддитивными называют такие свойства и показатели систем, которые определяются только возможностями подсистем и представляют собой их сумму; так, например, прибыль или объем производства нормативно-чистой продукции (НЧП) отрасли равна сумме этих показателей ее предприятий и не зависит от внутренних связей системы, в отличие от выпуска товарной продукции, определяемого по заводскому методу.

При разделении свойств на целостные и аддитивные необходимо учитывать относительность многих аддитивных показателей. Так, в частности, относительность аддитивности приведенного выше показателя НЧП проявляется в том, что реализация мер по кооперированию и специализации предприятий в рамках подотрасли как системы может обеспечить повышение производительности труда и соответственно рост НЧП без увеличения численности персонала предприятий; такой рост обусловлен общесистемными (целостными) факторами.

3. Подсистемы взаимодействуют в процессе целенаправленного функционирования системы. Из этого следует, что при анализе систем важно выявить и тщательно изучить цель (цели) функционирования системы. Кроме того, важно выявить фактические цели функционирования отдельных подсистем и убедиться в их соответствии целям системы, т. е. в соблюдении принципа единства цели. Если этот принцип не соблюдается, его необходимо восстановить, это существенный ресурс повышения эффективности функционирования системы.

4. Система связана с другими системами, т. е. с внешней средой, с помощью входных и выходных внешних связей. Из этого следует, что при анализе системы необходимо рассматривать и учитывать влияние этих связей, в том числе:

учитывать воздействия внешней среды на исследуемую систему и последствия этих воздействий;

оценивать функционирование системы с учетом ее воздействий на другие системы (внешнюю среду) за счет выходных связей, учитывать последствия этих воздействий.

При анализе внешних связей (так же, как это было отмечено выше, применительно к внутренним связям) важно выделить существенные.

5. Сложная система как объект анализа и другие системы, с которыми она связана (внешняя среда), чаще всего представляют собой развивающиеся динамические системы. Из этого следует, что при анализе систем существенную роль играет учет фактора времени. В свою очередь, фактор времени подлежит двоякому учету. Во-первых, при анализе системы и оценке ее возможностей необходимо исследовать не только статические, но и динамические свойства и характеристики, во-вторых, особое внимание должно быть уделено исследованию ее развития и движущим силам этого развития. Такой анализ важен для познания целей и движущих сил развития, понимание закономерностей которых необходимо для обоснованного прогноза

как перспектив развития системы, так и изменений ее взаимодействия с внешней средой. При исследовании движущих сил развития необходимо тщательно рассмотреть внутренние противоречия и их причинные связи.

6. Системный подход к исследованию сложных объектов как самостоятельное методологическое направление формировался одновременно с развитием прикладной математики и в значительной мере в результате использования количественных методов исследования. Отсюда следует, что глубина и эффективность исследования систем зависят от полноты использования этих методов для описания внешних и внутренних связей, процессов функционирования, целей системы.

7. Иерархическая структура сложных систем обуславливает целесообразность сочетания при их исследовании индуктивного метода (от частного — к общему) и дедуктивного (от общего — к частному).

8. Сопоставление сложных систем разной природы (в том числе биологических, технических и социально-экономических) показывает, что некоторые их признаки и закономерности функционирования сходны, т. е. для них в известной степени характерен изоморфизм (независимость от природы и строения системы). Поэтому при исследовании систем правомерно пользоваться методом аналогий, не доводя, разумеется, его до вульгаризации.

Таковы в общих чертах основные признаки системного подхода к исследованию объектов. Хотелось бы подчеркнуть прикладной характер и недостаточную полноту приведенного выше перечня признаков. Весьма вероятно, что некоторые читатели, последовавшие совету, изложенному в начале данной главы, выделили существенные аспекты системного подхода полнее, чем это сделано выше.

1.2.2. Системный подход к решению проблем

Нередко к проблемам относят лишь очень крупные научные и хозяйственные задачи. Рассматривая использование системного анализа для решения организационных проблем, мы трактовали этот термин значительно шире, понимая под проблемами все те вопросы деятельности предприятий, институтов и отрасли, обоснованное решение которых требует проработки, выявления и сравнения нескольких возможных вариантов. Такая трактовка вполне правомерна, так как термин «проблема» в переводе с греческого означает задачу, задание.

Системный подход используется в ходе анализа и решения широкого круга проблем, касающихся не только управления, но и многих других областей науки и техники. В химической технологии объектом системных исследований являются главным образом структурно сложные многостадийные химико-технологические комплексы.

Каждая область применения системных исследований накладывает соответствующий отпечаток на методологию решения проблем. При дальнейшем изложении основное внимание будет уделено организационным и организационно-техническим проблемам, возникающим в ходе управления промышленными системами (производство, предприятие, отраслевой институт и КБ, подотрасль и отрасль).

Исходя из принятого выше определения процессов функционирования систем в узком и широком значениях этого понятия (см. с. 13 и 16), как совокупности двух групп процессов — текущей деятельности и развития (совершенствования) систем, можно выделить, соответственно, по крайней мере две категории проблем: стабилизации и развития.

Проблемами стабилизации будем называть такие, решение которых направлено на предотвращение, устранение или компенсацию возмущений, нарушающих текущую деятельность системы. К решению проблем стабилизации относится также совокупность мер, которые без изменения основных характеристик системы корректируют процессы текущей деятельности; при этом учитываются изменяющиеся условия протекания установившегося производственного процесса (в том числе возникающие дополнительные возможности использования ресурсов) и колебания потребности в продукции, в том числе ее различных сортовых разновидностей.

На уровне предприятия, подотрасли и отрасли решение этих проблем обозначают термином управление производством, понимая под этим совокупность мер по управлению основным и вспомогательным производствами, материально-техническим снабжением и сбытом, а также по их текущему планированию.

Проблемами развития и совершенствования систем будем называть такие, решение которых направлено на повышение эффективности функционирования за счет изменения характеристик объекта управления или системы управления объектом. Решение этих проблем можно рассматривать, как совокупность мер по переводу системы из исходного состояния в новое, отличающееся от прежнего лучшими техническими характеристиками, лучшей организацией. Это обеспечивает более высокую эффективность системы.

На решение проблем развития и совершенствования промышленных систем направлено перспективное планирование производства, управление научно-исследовательскими и опытными работами, проектированием, капитальным строительством, обеспечение технического и организационного прогресса, в том числе внедрение новой техники, планирование и реализация организационно-технических мероприятий, весь комплекс работ по совершенствованию планирования и управления.

Общность проблем стабилизации процессов функционирования и проблем развития систем обусловлена единством целей, а иногда также общностью условий и средств их решения.

Условия и средства решения проблем, так же как цели, оказывают существенное влияние на выбор варианта решения. Содержание этих понятий требует уточнения.

Конкретными условиями, в которых решается проблема, принято именовать совокупность требований и ограниченных возможностей, с учетом которых должен быть принят тот или иной вариант решения.

В качестве требований, которые влияют на выбор решений, должны быть учтены действующие нормы и нормативы, во всяком случае те, выполнение которых является обязательным, в том числе по охране труда и окружающей среды, требования, вытекающие из директивных документов вышестоящих организаций, и т. д.

К условиям решения проблемы следует отнести также некоторые требования к конечным результатам системы, уточняющие степень или сроки их достижения. Однако вводить такие требования в условия решения проблемы правомерно, лишь в тех случаях, когда их выполнение реально и обоснованно, т. е. не противоречит остальным ограничивающим условиям.

Ограничения возможностей определяются в первую очередь ресурсами различного вида, выделенными в определенных установленных пределах.

Средствами решения проблемы принято именовать совокупность тех воздействий на систему, за счет которых в установленных условиях можно обеспечить ее эффективное функционирование или повысить степень достижения целей.

Для промышленных систем основными средствами решения проблем являются распределение и перераспределение всех видов ресурсов, плановых заданий, изменение режимов функционирования системы, все прочие организационные и организационно-технические меры, обеспечивающие наилучшее использование выделенных ресурсов, соответствие целей коллектива и отдельных его членов народнохозяйственным целям.

Все факторы, которые в ходе реализации решения можно сознательно изменять (варьировать), принято именовать *варьируемыми управляющими факторами (воздействиями)*.

Уточнение исходных понятий, связанных с решением проблем, изложенное выше, позволяет также конкретизовать сущность принятия обоснованного решения.

Принять *оптимальное решение проблемы* — значит выбрать такие средства решения и значения варьируемых факторов, которые в конкретных условиях обеспечат максимальную степень достижения целей.

Для большинства сравнительно сложных систем решение проблем является многовариантным. Это означает, во-первых, что для достижения цели принципиально существует множество путей, направлений, каждое из которых можно рассматривать, как подпроблему; во-вторых, что каждая из подпроблем может иметь несколько вариантов решения.

Из этого вытекает, что решение проблемы следует рассматривать не только как акт собственно принятия решения, а как процесс проработки, анализа проблемы, в ходе которого должны быть выявлены возможные пути ее решения (подпроблемы), определены возможные варианты решения каждой подпроблемы, сделан обоснованный выбор тех вариантов, которые в конкретных условиях обеспечивают наилучшее решение проблемы в целом.

В чем суть системного подхода к анализу и решению проблем? Для ответа на этот вопрос уместно вспомнить приведенное ранее высказывание Оптнера о системном подходе к проблеме как к системе, которое мы готовы были принять лишь в качестве каламбура. Попытаемся раскрыть суть этого «каламбура» и обратимся к рис. 1, на котором схематически изображена структурно-организованная система. Представим себе, что с помощью этого же графика нам надлежит представить проблему.

Тогда входы $\{x_i\}$ следует рассматривать как исходные условия и ресурсы для решения проблемы, а выходы $\{y_i\}$ — как результаты решения, обеспечивающие определенную степень достижения поставленных целей. То, что на рис. 1 мы именовали подсистемами, следует теперь рассматривать как подпроблемы, которые в процессе решения проблемы взаимосвязаны общностью выделенных ресурсов и принципом единства целей. В данных условиях этот принцип означает, что решение каждой из подпроблем должно быть подчинено наилучшему решению проблемы в целом. Связь подпроблем обусловлена также непосредственным взаимодействием многих из них в том смысле, что результаты решения одних подпроблем (их выходы) могут служить исходными данными (входами) для решения других подпроблем.

Тот факт, что решение проблем направлено на стабилизацию функционирования или на совершенствование систем, имеющих иерархическую структуру, обусловливает иерархичность и самих проблем. Проявляется она не только в том, что каждая проблема представляет собой совокупность подпроблем, но и в том, что почти каждая проблема может рассматриваться, как часть (подпроблема) более крупной проблемы.

Процесс решения проблемы, так же как процессы функционирования системы, представляют собой динамический процесс со всеми вытекающими отсюда выводами о значении фактора времени.

Наконец, особо важной является интерпретация признака развиваемости систем применительно к решению проблем их развития и совершенствования. В самом деле, каждая частная проблема охватывает лишь определенный этап совершенствования системы как объекта управления, но процесс ее развития будет продолжаться и в дальнейшем. Из этого вытекает необходимость реализовать данный конкретный этап совершенство-

вания с учетом перспектив дальнейшего развития, т. е. так, чтобы реализуемые сегодня меры органически вписывались в программу дальнейших работ, составляли ее этап, увязанный с последующими этапами.

Обеспечить такую взаимоувязку можно, лишь когда детальная разработка ближайших этапов совершенствования осуществляется одновременно с предварительной (эскизной) проработкой более отдаленных этапов развития и совершенствования системы.

Этот принцип реализуется в действующей сейчас системе долгосрочного планирования экономического и социального развития СССР.

Рассматривая сущность системного подхода к решению проблем, необходимо также иметь в виду, что проработка проблемы должна начинаться с анализа той системы, на обеспечение и совершенствование процессов функционирования которой направлена данная проблема. Такой анализ должен обеспечить уточнение целей системы, ее структуры, выявление основных недостатков процессов функционирования, препятствующих достижению целей, причинно-следственных связей этих недостатков. В ходе этого анализа системы должны быть использованы те принципы системного подхода к анализу объектов, которые были рассмотрены в предыдущем разделе.

Таким образом, системный подход к решению проблем правомерно рассматривать как основу методологии, которая включает системный подход к анализу объектов, но, кроме того, позволяет рассматривать процесс подготовки и выбора решения проблемы аналогично процессам функционирования систем.

Совпадают ли понятия «системный подход» и «комплексный подход»? Единой точки зрения по этому вопросу нет. Некоторые специалисты рассматривают эти термины как синонимы. Однако в этом случае такие наименования, например, как Комплексная система управления качеством продукции (КС УКП) должны звучать как «масло масляное». Нередко отмечают, что понятие «комплексный подход» несколько шире. Оно не только учитывает связи подсистем в составе системы, но и подразумевает рассмотрение проблем в разных аспектах (например, экономическом, социальном, политическом и др.), охватывает комплекс факторов или стадий, которые, строго говоря, относятся к разным системам (например, стадии жизненного цикла продукции: разработка — производство — применение).

Хотелось бы подчеркнуть, что выше мы внесли некоторые уточнения и различия в понимание системного подхода к анализу систем и к решению проблем. В ходе решения проблем мы вправе выделить в качестве ее подпроблем все важные аспекты, учесть все необходимые факторы. На этом основании понятия системного и комплексного подхода к решению проблем правомерно считать синонимами, а нематериальные системы, реализующие многоаспектное решение проблемы — комплексными.

Реализация решения проблемы. В литературе по методологии системных исследований широко используется термин «операция». Чаще всего под этим термином понимается совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых действий, направленных на достижение желаемого результата (определенной цели) [3, с. 146; 11, с. 19]. С этой точки зрения реализацию решения проблемы можно рассматривать, как *операцию*. Соответственно операция складывается из отдельных подопераций, каждая из которых реализует решение определенной подпроблемы. Зачастую такие подоперации именуют работами и процедурами. При этом *работой* называют совокупность действий, направленных на решение задачи, результат которой носит материальный характер (ее выходами являются переработанные или перемещенные материальные и энергетические потоки). *Процедурами* именуют совокупность действий, направленных на получение определенной информации, решения или некоторой концепции (выходы чаще всего носят не материальный, а так называемый концептуальный характер).

Таким образом, если под операцией подразумевать совокупность работ и процедур, направленных на реализацию решения проблемы, то решение проблемы при достаточно детальной его разработке правомерно рассматривать как *план проведения операции.*

Из самого определения операции вытекает ее иерархическая структура. Выделение компонентов этой структуры и их связей (работ и процедур разных рангов, расчленяемых на отдельные действия вплоть до элементарных) можно осуществлять, исходя из разных принципов, в том числе по функциональной принадлежности, по времени и месту действия, а также в соответствии со структурой той проблемы, на реализацию решения которой направлена операция.

Краткие выводы

1. Системный подход правомерно рассматривать как развитие и конкретизацию материалистической теории познания применительно к исследованию сложных систем.

2. В соответствии с основными признаками сложных систем, рассмотренными в предыдущем разделе этой главы, системный подход к анализу этих объектов предусматривает:

исследование структуры системы, т. е. состава подсистем и связей (отношений) между ними, выявление существенных связей;

выделение целостных (эмерджентных) свойств и показателей, присущих только системе в целом, а также учет аддитивных свойств и показателей, которые могут быть определены как сумма соответствующих свойств и показателей подсистем;

определение (или уточнение) целей системы, проверку соответствия им целей функционирования подсистем;

исследование взаимодействия системы с внешней средой за счет внешних связей, учет последствий этих взаимодействий как для системы, так и для среды;

учет фактора времени, процессов развития и совершенствования системы, исследование внутренних противоречий как движущих сил развития.

3. Системное исследование сложных объектов и процессов их функционирования требует использования количественных методов.

4. Иерархическая структура сложных систем обусловливает целесообразность сочетания индуктивного и дедуктивного методов при их исследовании.

5. Изоморфизм многих признаков и закономерностей сложных систем определяет возможности применения метода аналогий при исследовании этих систем.

6. Системный подход к решению проблем означает, что процессы разработки обоснованного решения и его реализации следует рассматривать по аналогии с процессами функционирования систем; из них к основным относится: исследование объекта, его структуры и целей, выявление путей достижения целей (подпроблем), выявление вариантов решений подпроблем, выбор решений подпроблем и проблемы в целом.

1.3. РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.3.1. Становление системного подхода

Из девяти научно-методических направлений, перечисленных в начале главы, мы рассмотрели сущность лишь первых двух системного и комплексного подходов. Уяснить особенности остальных нам помогут краткие сведения о становлении и развитии методологии системных исследований.

Этап становления системного подхода охватывает вторую половину XIX и первые десятилетия XX в. (до начала второй мировой войны). Для этого этапа характерны отдельные важнейшие исследования, в ходе которых формировались основные принципы анализа сложных систем, но еще не существовало единой методологии изучения систем разной природы. Более того, понятие «система» не вошло еще в литературу как объект познания, обладающий определенными признаками, независимо от его природы. Поэтому становление системного подхода проходило практически самостоятельно и независимо в ходе исследования социально-экономических, биологических и физико-технических систем.

Исследования социально-экономических систем оказались именно тем направлением, в котором основы системной методологии, применительно к анализу сложных систем, сформиро-

вались раньше, чем в биологии. «Капитал» Маркса стал первой работой, в которой системный подход не только был использован для анализа сложнейшей социально-экономической системы, но, по существу, в ходе этого исследования Марксом были выработаны многие важнейшие принципы системных исследований [7, с. 315]. Используя и развивая методологию К. Маркса, В. И. Ленин продолжил исследования той же системы, но уже на последующей стадии ее развития.

Превращение домонополистического капитализма в империализм существенно усложнило его как социально-экономическую систему, обострило производственные отношения, усложнило взаимосвязи внутри монополий и особенно между ними. Несравненно более сложными стали задачи выбора стратегии монополистической фирмы и управления ею. Таким образом, потребность практики управления фирмами также стимулировала развитие методов исследований и принятия решений, в том числе в тех направлениях, которые способствовали дальнейшему развитию системной методологии. Можно указать по крайней мере два таких направления.

Во-первых, на рубеже XIX и XX вв. возникают, а в 30-е годы получают заметное развитие теории буржуазной политической экономии, задача которых состояла в описании процессов функционирования производства (естественно, с позиций апологетики капитализма) [13, с. 132; 546; 14, с. 314, 353].

Вторым направлением можно считать развитие методов управления производством. Здесь следует отметить в первую очередь работы школы «научного менеджеризма», или, как ее еще называют, «классической» школы управления [16; 17, с. 92—109].

Так, одно из основных положений Тейлора подчеркивает необходимость расчленения конкретной работы на элементарные действия и движения, важность изучения и рационализации каждого из них.

Эмерсон включает в свои «Двенадцать принципов производительности» (1911) такие, как точное формулирование целей, обеспечение руководителя необходимыми сведениями (теперь мы сказали бы — информацией), нормализацию условий, обеспечивающую такое сочетание времени, усилий и затрат, при котором достигаются наилучшие результаты. Эмерсон впервые ввел понятие эффективности как соотношения между результатами деятельности и затратами; он подчеркивал важность комплексного подхода к решению задач организации производства и управления.

Файоль считается теоретиком административного управления. В своем труде «Общая и промышленная администрация» (1923) он приводит уже не 12, как Эмерсон, а 14 общих принципов управления, в которых также подчеркивается целенаправленность руководства, но уже формулируются положения, близкие к тем, которые позднее были положены в основу

программно-целевого управления: каждая совокупность видов деятельности, преследующая одну и ту же цель, должна иметь единого руководителя и единый план (программу). Существенную роль в работах Файоля занимает систематизация административной функции. Ему, в частности, принадлежит выделение упомянутых выше элементов функции управления (планирование, организация, регулирование, координация и контроль). Файоль первым предложил создание совещательного органа (штаба) при руководителе; в задачу такого органа входит проработка перспектив совершенствования организации. В известной степени эта идея легла позднее в основу создания групп системного анализа.

Основное направление работ Л. Урвика связано с разработкой принципов построения организации и ее структур. Не называя еще организацию системой, он вместе с тем выделяет ее компоненты и рассматривает связи между ними.

Наиболее поздней работой «классической» школы управления является, по-видимому, книга Бернарда «Функции администратора» (1938). В ней обобщены более ранние работы, а также дана собственная трактовка сущности формальной и неформальной организации, административного управления, функций администратора. При этом автор уже использует понятие «система». Как подчеркивают Кунц и О'Доннел, книга Бернарда «основывается на системном подходе, причем основное внимание сосредоточено на главных элементах управленческой деятельности». [16, с. 78].

Существенный вклад в становление методологии системных исследований и ее применения для особо крупных социально-экономических систем внесло развитие планирования народного хозяйства в СССР.

План ГОЭЛРО по праву можно считать первым научно обоснованным, комплексным, долгосрочным планом реорганизации и развития экономики такой крупной системы, как народное хозяйство России. При разработке этого плана были в полной мере использованы основные принципы системного подхода, сложившиеся к тому времени, а также осуществлено дальнейшее развитие методологии, в том числе создание балансового метода, в основу которого легли схемы расширенного воспроизводства К. Маркса. Метод этот получил дальнейшее развитие в ходе формирования пятилетних планов.

Немалую роль в подготовке развития системной методологии применительно к экономическим системам сыграли также работы по использованию математических (в том числе статистических) методов и моделей для решения экономических задач. Это экономико-математическое направление исследований получило наименование *эконометрии* (*эконометрики*).

Особое значение для развития методологии системных исследований имели работы по использованию математических методов для выбора наилучших (оптимальных) решений. Работы

этого направления применительно к экономике начаты также в конце XIX в. (В. Порето), но заметное развитие получили позднее. Среди этих работ можно отметить исследования Рамсея, который в 1927 г. сформулировал задачу оптимального распределения инвестиций. В 30-х годах советские математики Хинчин и Гнеденко начали разработку ряда вероятностных оптимизационных задач, получивших впоследствии наименование задач массового обслуживания. В 1937 г. американский математик Нейман предложил так называемую модель расширяющейся экономики, предназначенную для оптимизации темпов роста экономики. В 1939 г. вышла книга советского математика и экономиста Канторовича «Математические методы организации и планирования производства» [18], в которой впервые были изложены общие принципы линейного программирования как универсального математического метода решения широкого класса оптимизационных экономических задач и указаны основные типы этих задач.

Исследования биологических систем внесли свой вклад в создание системной методологии, главным образом, потому что вместе с исследованиями социально-экономических и физико-технических систем позволили выявить признаки, общие для систем разной природы.

Поиски разрешения противоречий между механицизмом и витализмом привели к тому, что в биологии раньше, чем во многих других дисциплинах, получил признание материалистический подход к изучению явлений.

Важную роль в становлении системной методологии сыграла эволюционная теория Дарвина. Важнейшими ее результатами следует считать механизм целенаправленности процессов развития в живой природе, адаптации к изменяющимся условиям внешней среды.

Существенный вклад в развитие диалектико-материалистической теории отражения внесли исследования по изучению высшей нервной деятельности животных, в первую очередь работы Павлова и его школы.

Исследования физико-технических систем также сыграли существенную роль в подготовке системной методологии. Эту роль просто и наглядно выразил Н. Н. Моисеев, рассматривая состояние работ по применению математических методов в общественных науках, и в первую очередь в экономике. «По существу,— пишет он,— происходит не просто «математизация» общественных наук, а проникновение в эти науки методов, выработанных в точном естествознании.» [19, с. 10].

В самом деле, в физике, химии, во многих инженерных дисциплинах объектом анализа и синтеза были в основном детерминированные системы, значительно более простые по сравнению с биологическими и социально-экономическими системами, что обусловило широкое применение математических методов в физических и химических исследованиях, в разра-

ботке технологических процессов, в конструировании машин и аппаратов.

Технологические процессы и машины нуждались в управлении. Поэтому теорию управления (регулирования) и теорию релейных систем, реализующих логические операции, начали разрабатывать как прикладные инженерные дисциплины.

Более того, любой физик, химик или инженер, рассматривая изложенные выше принципы системного подхода к анализу объектов и решению проблем, заметил, очевидно, что большинство этих принципов близко примыкает к содержанию «инженерного подхода», усвоенного им еще в студенческие годы.

Это нетрудно показать, если рассмотреть действия технолога при решении типичной технологической «проблемы», например, выяснения причин «сбоев» процесса, снижения качества продукта и т. п. В первую очередь он обратится к технологической схеме и технологическому регламенту, т. е. к документации, которая (если пользоваться системной терминологией) определяет структуру объекта, его подсистемы (стадии, аппараты), их взаимные связи и параметры состояния. В поисках причин нарушения процессов функционирования системы он, безусловно, обратит внимание на «внешние связи», в первую очередь на входы, т. е. проверит соответствие сырья и энергоснабжения требованиям регламента. Наконец, в ходе анализа он, как правило, воспользуется количественными методами, т. е. потребует проведения дополнительных анализов продукта, промежуточных реакционных масс, а при необходимости проведет расчеты, используя описание процессов (их «математические модели»), известные из кинетики превращений и теории процессов и аппаратов. Все эти действия, типичные для «инженерного подхода», достаточно близки к тому, что выше мы именовали системным подходом.

Вместе с тем тот же технолог вынужден будет признаться, что, решая не инженерную, а организационную или организационно-экономическую задачу в области управления производством, он нередко скажет: «Вот мы тут посоветовались и решили...», хотя в выборе этого решения не использовался ни анализ структуры объекта, ни количественные методы, а сам подход к решению ничем не напоминал хорошо известный ему «инженерный подход».

Именно поэтому прав Моисеев, подчеркивая роль точного естествознания и инженерных дисциплин в становлении методологии системных исследований.

1.3.2. Исследование операций, общая теория систем и кибернетика

Приведенный выше краткий обзор становления системной методологии показывает, что к концу 30-х годов в основном определились принципы системного подхода, был накоплен зна-

чительный опыт по его реализации применительно к сравнительно простым системам и выполнены принципиально важные, но единичные работы по применению системного подхода к сложным социально-экономическим системам.

Вместе с тем к этому времени еще не сложилась единая методология исследования сложных систем разной природы и ни одно из понятий, перечисленных в начале этой главы, не получило еще распространения. Первым из них появился термин «исследование операций».

Исследование операций. История возникновения этого термина любопытна и поучительна. Известно, что Англия была родиной радиолокации. В предвоенные годы при тех скоростях (W), которые имели тогда немецкие самолеты, радиус действия локационных устройств (R) обеспечивал достаточное время (с момента обнаружения самолетов до их приближения к берегам Англии), необходимое для приведения в боевую готовность системы противовоздушной обороны $T_{\text{ПВО}}$. Это условие может быть записано (формализовано) в виде следующего неравенства:

$$(R/W) > T_{\text{ПВО}} \tag{1.1}$$

Но в 1939 г. в составе бомбардировочной авиации Германии появились новые самолеты, скорость которых $W^1 > W$ нарушала указанное выше условие. Группе физиков, работавших над усовершенствованием радиолокационных устройств, было предложено в сжатые сроки увеличить радиус действия R локаторов так, чтобы восстановить неравенство (1.1). После краткого анализа задания физики заявили, что необходимое увеличение радиуса действия потребует значительных ресурсов и времени. В связи с этим они предложили рассмотреть возможность восстановить условие (1.1) не за счет увеличения R, а за счет сокращения времени приведения системы ПВО в боевую готовность ($T_{\text{ПВО}}$). Вряд ли стоит объяснять, что предложение физиков не встретило понимания, но все же по их настоянию им были предоставлены необходимые данные по операции приведения ПВО в боевую готовность. К величайшему удивлению командования физики в краткие сроки представили предложения по организационным и организационно-техническим мерам, обеспечивающим сокращение времени $T_{\text{ПВО}}$ до величины, достаточной для восстановления условия (1.1). Удивление вызывало именно то, что предложение исходило от штатских физиков, которые никогда не занимались исследованиями в области ПВО или других военных операций. На вопрос о том, как им удалось найти решение проблемы, они ответили, что всю исследуемую операцию приведения системы ПВО в боевую готовность они разделили на элементарные действия, а организацию проведения каждого из них и обеспечения их взаимодействия рассмотрели с позиций минимизации времени.

Сам методический подход показался военному командованию столь перспективным, что при штабе ВВС была создана группа «исследования операций» («Operations research»). Вскоре такие же подразделения были созданы при военно-морских силах Англии, а позднее — при военно-воздушных и военно-морских силах США. Характерно, что в составе этих подразделений были широко представлены именно физики. Объясняют это тем, что физики лучше, чем обычные инженеры, владели математическими методами и притом имели не столь абстрактное мышление, как «чистые» математики.

На протяжении всей второй мировой войны подразделения «исследования операций» участвовали в разработке стратегических планов, планов отдельных боевых операций, широко используя математические методы и, в частности, теорию игр. После окончания войны часть специалистов этих подразделений продолжала работать на военное ведомство (главным образом, в США), выполняя проработки различных проблем, в том числе проблемы о соотношении различных систем вооружения. Исследования этого направления получили наименование «system analisis». Позднее этот термин, который переводится на русский язык как «системный анализ», стал использоваться для обозначения методологии системных исследований.

Многие специалисты демобилизовались и, понимая ценность накопленного опыта по исследованию операций, предложили свои услуги коммерческим фирмам, реализуя применение математических методов, в том числе методов теории игр, теперь уже не для подготовки боевых операций, а для конкурентной борьбы. Накапливался опыт решения широкого круга задач, в том числе оптимального распределения ресурсов и заданий, рационализации перевозок, управления запасами и др. Этот опыт нуждался в обобщении, в теоретической базе, т. е. практика создала благоприятные предпосылки для развития соответствующих теоретических работ.

Важнейшие среди них появились в конце 40-х годов почти одновременно, это были работы Берталанфи и Винера, положившие начало двум новым, взаимосвязанным научным направлениям. Одно из них получило наименование «общая теория систем», а второе — «кибернетика». Рассмотрим кратко влияние каждого из этих направлений на развитие методологии системных исследований.

Общая теория систем возникла, как обобщение тех принципов и закономерностей, которые оказались в значительной степени применимыми к объектам разной природы. Если до начала XX в. развитие науки шло по пути дифференциации дисциплин, то в XX в. наряду с продолжающейся дифференциацией наметилось и встречное направление — интеграция наук. В пограничных областях начинают возникать такие научные направления, как физическая химия, биохимия, химическая физика и др. Общая теория систем представляет собой

еще более высокую степень интеграции наук и может рассматриваться, как междисциплинарное научное направление.

Наблюдения, подтверждающие общность многих принципов для систем разной природы, накапливалось сравнительно давно, но для возникновения нового научного направления необходимы были соответствующие условия, возникшие, как уже отмечалось выше, в конце 40-х годов. Это подтверждает признание самого Берталанфи, которое он сделал спустя 15 лет после первых публикаций. Признание это в виде краткого исторического экскурса представляет интерес еще и потому, что в нем сжато излагается суть идей, положенных в основу общей теории систем.

«40 лет назад,— пишет Берталанфи,— когда я начал карьеру ученого, биология была вовлечена в спор между механицизмом и витализмом... В этих условиях я был вынужден стать защитником так называемой организмической точки зрения. Суть этой концепции можно выразить в одном предложении: организмы — суть организованные явления, и мы, биологи, должны проанализировать их в этом аспекте. Я пытался применить эту организмическую программу в различных исследованиях по метаболизму*, росту и биофизике организма. Одним из результатов, полученных мною, оказалась так называемая теория открытых систем и состояний подвижного равновесия, которая, по существу, является расширением обычной физической химии, кинетики и термодинамики. Оказалось, однако, что я не смог остановиться на однажды избранном пути и был вынужден прийти к еще большей генерализации, которую я назвал общей теорией систем. Эта идея относится к весьма давнему времени — впервые я выдвинул ее в 1937 г. на семинаре по философии, проходившем под руководством Чарлза Морриса в Чикагском университете. Но в то время теоретическое знание как таковое пользовалось плохой репутацией в биологии... Поэтому я спрятал свои наброски в ящик стола, и первые мои публикации по этой теме появились только после войны».

«Затем,— продолжает Берталанфи,— произошло нечто интересное и удивительное. Оказалось, что в изменившемся интеллектуальном климате стали модными построения моделей и абстрактные обобщения. Более того, значительное число ученых размышляли в том же направлении, что и я» [3, с. 27—28].

В самом деле, на публикацию Берталанфи откликнулись многие исследователи, работы которых существенно расширяли границы общей теории систем. Так, Росс Эшби развил методы моделирования применительно к неизученным системам типа «черный ящик». Акоф рассмотрел системный подход к организациям, подразумевая под этим понятием структурно-организо-

* Процессы обмена, протекающие в организме.

ванную группу людей, чаще всего обладающих техническими средствами, связанных между собой в процессе определенной деятельности, имеющих некоторую свободу в выборе целей этой деятельности и путей достижения целей. Теорию моделирования иерархических многоцелевых систем существенно развил Месарович. Заметную роль в формировании общей теории систем сыграли также работы Клира, Раппопорта, Боулдинга, Ланге и др.*.

Общая теория систем изучает общность признаков и свойств сложных систем и методы их математического описания независимо от того, объектом изучения каких научных дисциплин являются эти системы. Именно поэтому общую теорию систем называют междисциплинарным научным направлением. Непосредственным следствием этого является сравнительно высокий уровень абстракции общей теории систем. Ее основное значение — в ее теоретико-познавательном аспекте, в развитии понятийного аппарата, совершенствования общих принципов методологии исследования и описания систем разной природы. С этим аспектом связано и большинство отечественных работ по общей теории систем [20].

Кибернетика. Этот термин нередко ассоциируется с вычислительной техникой и ее использованием. Такое представление не совсем правильно отражает основное содержание кибернетики как научного направления, возникшего в конце 40-х годов практически одновременно с общей теорией систем. Винер — создатель этого направления определил его сущность уже в заголовке опубликованной им в 1948 г. книги «Кибернетика, или управление и связь в животном и машине» [21]. Характерно, что изложенная в ней концепция оказалась результатом многолетнего научного содружества математика Винера и физиолога Розенблюта. Вопросы управления социально-экономическими системами не вынесены в заголовок книги, но в ее тексте отражена важность изложенных понятий и методов при изучении общественных систем. Годом позднее вышла в свет книга Винера «Кибернетика и общество» [22].

Предметом кибернетики являются общие принципы и процессы управления системами разной природы. Важнейшие выводы кибернетики связаны с понятиями информации и сигнала как физического процесса передачи информации. Сущность управления рассматривается как целенаправленная переработка информации. Отсюда непосредственное единство управления и связи. Особое значение придает Винер обратной связи объекта управления с управляющим органом, суть которой мы рассмотрели в разд. 1.1.

Кибернетика возникла в результате обобщения опыта по проблемам управления, накопленного в различных областях

---

* Важнейшие работы перечисленных выше и некоторых других авторов читатель найдет в сборнике «Исследования по общей теории систем» [3].

знания, в том числе в теории регулирования, теории автоматов, теоретических основах связи, статистической механике, физиологии высшей нервной деятельности, рефлексологии и многих разделах математики (математическая логика, теория вероятностей и др.).

Некоторая общность процессов управления (саморегулирования) в живых организмах, в технике и общественных системах была известна и до возникновения кибернетики. Так, Павлов в работах, известных Винеру, отмечает некоторое сходство человека, как системы, с саморегулирующимися механизмами. Уместно также напомнить об исследованиях Богданова по «всеобщей организационной науке», названной им «тектологией» (от греческого tektonikos — созидание). В его работах, опубликованных за 30 лет до появления книги Винера, была показана общность многих процессов управления в природе и обществе. Таким образом, сущность кибернетики состоит не в выявлении лишь качественно общих принципов управления в живой природе, технике и общественных системах, но и в математической формализации этой общности, в том числе в создании статистической теории информации*. Винер признает, что основная идея этой теории почти одновременно возникла у еще двух специалистов — Шеннона и Фишера. «Следует, однако, отметить,— добавляет он,— что некоторые мои изыскания в этом направлении связаны с более ранней работой Колмогорова в России**» [21, с. 22].

Вычислительная техника, хотя и связана тесным образом с кибернетикой, но исторически работы по созданию цифровых вычислительных машин начались еще в начале второй мировой войны, а первые образцы машин появились в конце войны, т. е. за 3—4 года до выхода в свет «Кибернетики» Винера. В этой книге речь о вычислительных машинах идет главным образом лишь при рассмотрении аналогии между цифровой машиной, работающей в двоичной системе (сигнал или его отсутствие), и нервной системой, клетки которой (нейроны), подобно реле, могут быть в одном из двух состояний: возбуждения или покоя.

Винер отмечает, что еще в 1940 г. передал группе специалистов, работавших над созданием вычислительных машин, свои соображения о требованиях, которым должна удовлетворять более совершенная цифровая машина, но тут же еще раз подчеркивает: «Эти мысли почти носились тогда в воздухе, и я не хочу здесь заявлять какие-либо претензии на исключительный приоритет в их формулировке» [21, с. 47].

Обращает на себя внимание поразительное сходство двух этих признаний Винера (о возникновении идей статистической

---

* Популярное изложение теории информации можно найти в работе [23].

** Колмогоров А. Н. Интегрирование и экстраполирование стационарных случайных последовательностей. Изв. АН СССР, сер. мат. т. 5, с. 3—14, 1941.

теории информации и о мыслях, которые «почти носились в воздухе») с приведенным выше высказыванием Берталанфи, в котором он с удивлением констатирует, что «значительное число ученых размышляли в том же направлении». Сходство это подтверждает, что бурное развитие системной методологии в послевоенные годы было закономерным явлением.

В самом деле, накопленные за 70—80 лет в разных областях знания идеи системности получили практическое применение и нуждались в научном обобщении. В то же время развитие аппарата прикладной математики достигло такого уровня, который обеспечивал возможность таких обобщений, а возникновение средств вычислительной техники открывало перспективы практической реализации сложных расчетов.

Так, на рубеже первой и второй половины XX в. возник могучий союз кибернетики, прикладной математики и вычислительной техники. Потребность практической реализации системных идей стимулировала стремительное развитие цифровых вычислительных машин: за два десятилетия их общее число перешагнуло за 80 тысяч, а быстродействие возросло в десятки тысяч раз. Со своей стороны, возрастающие возможности ЭВМ создавали необходимость дальнейшего совершенствования и дифференциации математических методов исследований.

Можно указать два основных направления такой дифференциации. Во-первых, совершенствовались и оформлялись в качестве самостоятельных дисциплин методы решения конкретных классов задач, характеризуемых общностью математической постановки. Это направление получило наименование «исследование операций» или «теория исследований операций», хотя с конца 50-х годов содержание этих понятий уже отличалось от рассмотренного выше, характерного для первых лет после его возникновения.

Во-вторых, расширялась область применения математических методов и средств вычислительной техники, выявлялась и методически разрабатывалась специфика их использования в отдельных областях науки и практической деятельности.

Рассмотрим кратко каждое из этих направлений.

Теория исследования операций быстро развивалась как методология выбора оптимальных решений, главным образом, в задачах организационного управления и экономики. Термин «теория» применительно к исследованию операций ввел советский ученый Гермейер [26]. Позднее теориями стали называть отдельные разделы исследования операций. Так, методология выбора оптимального уровня различного вида запасов и резерва получила наименование *теории управления запасами.*

Методология решения задач, связанных с выбором оптимального компромисса между потерями, вызванными ожиданием обслуживания в различного вида очередях и затратами на сокращение этих потерь, стала называться *теорией массового обслуживания.*

Термин *теория надежности* объединил методы выбора оптимального компромисса между потерями от недостаточной надежности различных устройств и затратами на ее повышение, в том числе за счет резервирования недостаточно надежных узлов и элементов.

Расширение области использования прикладной математики обусловило ее интенсивное развитие, формирование новых направлений. Так, в частности, возникла *вычислительная математика*, предметом которой стали численные методы решения задач на ЭВМ. Совершенствование методов решения оптимизационных задач (задач по определению экстремума функции многих переменных) привело к созданию самостоятельного раздела прикладной математики, получившего наименование *математического программирования* *. В зависимости от особенностей математической постановки задачи наряду с *вариационным исчислением* и *линейным программированием* возникли и получили развитие методы *кусочно-линейного*, *квадратичного*, *выпуклого*, *целочисленного*, *динамического программирования*.

Широкое применение получила *теория графов* (сетей), послужившая основой для формирования многих прикладных методов, в том числе для *сетевого планирования* сложных комплексов работ, и др.

Область математики, известная как *теория игр*, продолжала развиваться и служила аппаратом для решения задач, в основном состязательного характера, возникающих при исследованиях военной области, политики, конкурентной борьбы, а отчасти и тех задач, которые, не являясь собственно состязательными, связаны с определенным риском, обусловленным неопределенностью (погодные условия, некоторые случайные возмущения и т. п.).

Сведения о методах исследования операций можно найти в пособиях [24—28]. Сущность некоторых задач оптимизации будет рассмотрена в гл. 4. Разные направления исследований операций отмечены здесь лишь для того, чтобы дать представление о масштабах их развития.

Расширение области применения математических методов и средств вычислительной техники в Советском Союзе проводилось под руководством Научного совета по кибернетике, созданного при АН СССР в 1959 г. Совет, который долгие годы возглавлял академик А. И. Берг, объединил специалистов технических, естественных и гуманитарных наук, проявивших понимание перспектив развития кибернетики. В ближайшие после создания Совета годы работы по использованию математических методов и вычислительной техники получили значительное развитие во многих областях знаний. Так возникли *техническая кибернетика*,

---

* Этот термин не следует путать с составлением программ для ЭВМ, т. е. описанием алгоритмов решения задачи на языке машины, именуемым *программированием*.

экономическая кибернетика, химическая кибернетика, биокибернетика и др. Под флагом кибернетики начали развиваться работы по применению математических методов также в области геологии, экологии, лингвистики, права и многих других наук. Термин *химическая кибернетика* (или кибернетика химико-технологических процессов) получил распространение в СССР после того, как в 1962 г. под руководством В. В. Кафарова в МХТИ им. Д. И. Менделеева была создана соответствующая кафедра, приступившая к подготовке специалистов этого профиля. Основными направлениями работ по химической кибернетике были математическое моделирование процессов, их оптимизация при проектировании и управлении, а также планирование и автоматизация эксперимента. Исследования в области математического моделирования процессов химической технологии интенсивно развивались также в Институте катализа СО АН СССР под руководством М. Г. Слинько, в Физико-химическом институте им. Л. Я. Карпова под руководством Г. М. Островского, а в дальнейшем — во многих отраслевых институтах химической и нефтехимической промышленности. В последние годы под руководством Кафарова получило развитие направление работ по исследованию и созданию сложных химико-технологических комплексов (ХТК), именуемое системным анализом ХТК.

Термин *экономическая кибернетика* появился в начале 60-х годов в работах В. С. Немчинова (СССР), О. Ланге (ПНР), С. Бира (Англия). Основы использования математических методов в экономике и системный подход к их применению были заложены значительно раньше. В 1958 г. Немчинов организовал первую отечественную лабораторию экономико-математических исследований, на базе которой был создан в 1963 г. Центральный экономико-математический институт (ЦЭМИ) АН СССР.

В скором времени работы в области экономико-математических методов получили развитие в СО АН СССР в результате совместных исследований Института экономики и организации промышленного производства и Института математики. Видную роль в становлении отечественной экономической кибернетики играли также В. Л. Канторович, Н. П. Федоренко, В. В. Новожилов, А. Г. Аганбегян, А. Л. Лурье и др.

В начале 60-х годов Институт народного хозяйства им. Г. В. Плеханова (а вскоре и ряд других экономических вузов) начал подготовку специалистов по экономической кибернетике.

Для более полного представления о периоде становления в СССР экономической кибернетики можно рекомендовать читателю ознакомиться с работами [29—31] и с первыми дискуссиями экономистов и математиков [32].

Наряду с работами по кибернетике и теории систем в последние годы в отечественной литературе возник термин *системология*, под которым понимается объединение двух этих научных направлений [33].

С экономической кибернетикой тесно связано применение средств вычислительной техники для решения организационных проблем (в первую очередь для организационного управления). Это направление развивалось по пути создания систем, которые в Советском Союзе получили наименование автоматизированных систем управления (АСУ), а на Западе чаще именовались системами (службами) электронной обработки данных (ЭОД). Такие системы, реализующие функции управления в результате взаимодействия работников аппарата управления и машины, стали называться человеко-машинными. Этот термин подчеркивает то обстоятельство, что при управлении сложными объектами возникают задачи, решение которых не может быть получено на основе строго формализованных моделей, а потому выбор остается за человеком в отличие от автоматического управления сравнительно простыми объектами, где функции человека ограничиваются лишь контролем за действием автоматов.

В некоторых работах совокупность методов создания человеко-машинных систем на основе принципов системного подхода получила наименование *системотехники* [34, 35]. Следует подчеркнуть, что под созданием (конструированием) систем авторы этого термина имели в виду разработку отнюдь не ЭВМ или других элементов технического обеспечения, а системы в целом, ее структуры, принципов решения задач, математического обеспечения.

1.3.3. Системный анализ

Появление этого термина и формирование методологии системного анализа чаще всего связывают с работами консультативной организации «Корпорации РЭНД».

Как было отмечено выше, в годы второй мировой войны в ВМС и ВВС Англии и США работали подразделения по исследованию операций, которые занимались преимущественно анализом частных (тактических) проблем. Сразу же после войны, в первую очередь в связи с появлением атомной бомбы, администрация США и ее военное ведомство (Пентагон) проявили интерес к научной проработке несравненно более сложных проблем, в том числе к «изучению предпочтительных приемов и средств ведения межконтинентальных боевых действий». В марте 1946 г. по контракту с ВВС США фирма «Дуглас Эйркрафт» создала консультативную группу для «исследований и усовершенствований» (Research and development — RAND). Через 2 года эта группа реорганизовалась в самостоятельную научно-исследовательскую консультативную организацию — «Корпорацию РЭНД». Эта организация привлекла широкий круг высококвалифицированных специалистов из университета и ряда частных фирм. Наряду с физиками и математиками, которые составляли основу групп исследования

операций, в работах участвовали экономисты, инженеры, психологи, социологи, биологи и юристы. Появились ученые, которые в отличие от «специалистов» именовались «дженералистами» (от английского слова general — общий). Они имели широкий кругозор, хотя по глубине знаний в каждой области, естественно, уступали соответствующим специалистам. Дженералисты особенно ценились, так как могли возглавить анализ сложных проблем и обеспечить объединение усилий специалистов разного профиля, их взаимопонимание. Накопление опыта работы таких комплексных, многопрофильных групп подтвердило эффективность их деятельности не только при анализе особо сложных междисциплинарных проблем, но и в решении большинства вопросов совершенствования управления фирмами.

Спрос на квалифицированную консультацию в области коммерческой деятельности и управления возникал во многих фирмах. По образцу и подобию корпорации «РЭНД» в США, а позднее в Англии, ФРГ, Франции и Японии были созданы многочисленные консультативные фирмы, получившие полуофициальное название «Фабрики мысли». Консультативные услуги обходились коммерческим фирмам дешевле, чем создание собственных исследовательских подразделений по решению деловых проблем и совершенствованию управления. С другой стороны, специализация и использование накопленного «Фабриками мысли» опыта обеспечивали квалифицированные рекомендации. Это обстоятельство вызвало настоящий бум и стремительный рост консультативных фирм, которые стали, по выражению Д. М. Гвишиани, «важнейшей составной частью современной американской системы менеджмента» [37, с. 72]. К концу 60-х годов в США действовало уже более 2,5 тыс. консультативных фирм, из которых около 600 наиболее квалифицированных Дисон относит к категории «Фабрик мысли» [38; 39].

Все эти фирмы использовали опыт корпорации РЭНД, а также продолжали сами совершенствовать методологию анализа проблем. Широкий обмен информацией по методологии был обусловлен тем, что, желая привлечь к работе высококвалифицированных ученых, администрация должна была предоставить им право широкой публикации методологических идей, сохраняя, естественно, закрытыми результаты многих конкретных исследований. Таким образом, в процессе интенсивной деятельности «Фабрик мысли» развивалась и совершенствовалась методология проработки проблем, именуемая *системным анализом*, тесно связанная с исследованиями операций, но имеющая специфические особенности.

Математика и логика системных исследований. В ходе развития и дифференциации методологии системных исследований за термином «исследование операций» сохранилась в основном методика выполнения таких работ, в которых для нахождения оптимальных решений широко использовался математи-

ческий аппарат и средства вычислительной техники. Однако такие решения возможны для ограниченного круга задач, допускающих формализованную постановку, определение же цели и критерия оптимальности «лежит вне проблематики исследования операции» [11, с. 42]. А следовательно, для решения задач исследования операций необходимо совершенствовать какие-то другие, не формализованные, а логические приемы выявления целей и путей их достижения, способы построения критериев оптимальности.

Кроме того, деятельность корпорации «РЭНД» и многих других «Фабрик мысли» оказалась связанной с анализом таких проблем, которые не могли быть полностью решены на основе исследования операций, поскольку требовали применения неформальных методов анализа. Зачастую формализованный подход мог быть использован лишь для решения отдельных подпроблем. Это дало основание различать в новой методологии системных исследований два основных аспекта: математику системного анализа и его логику [36, с. 75—77]. При этом под «логикой» чаще всего понималась совокупность процедур и приемов выявления целей, подпроблем, альтернативных вариантов решения.

Последние 6—8 лет внесли некоторые коррективы в деление системного анализа на «математику» и «логику». За эти годы получили развитие (в значительной мере усилиями советских специалистов) методы имитационного моделирования. Цель этих методов — рационализировать «человеческий» фактор в человеко-машинных системах, использовать ЭВМ для более наглядного решения задач «логики» системного анализа [40].

По-видимому, именно это обстоятельство дало основание некоторым ведущим специалистам переосмыслить понимание термина «системный анализ». К числу таких специалистов принадлежит Н. Н. Моисеев, который внес существенный вклад в развитие методов системного анализа. Еще в 1974 г. он писал: «Мое глубокое убеждение, что системный анализ — это новый термин, а не новое направление научной деятельности» [41]. А спустя 7 лет в своем капитальном труде «Математические задачи системного анализа» Моисеев приходит к выводу, что «сегодня системный анализ — это обширная синтетическая дисциплина, включающая целый ряд разделов, носящих характер самостоятельных научных дисциплин». При этом он учитывает и неоднократно подчеркивает, что «одна из основных задач системного анализа, как дисциплины — научиться объединять математические и неформальные методы анализа, строгие способы исследования формализованных моделей с экспериментом, эвристическими приемами, суждениями экспертов» [40, с. 7, 136].

Эвристические методы. Термин «эвристика» происходит от греческого слова heurisko — нахожу. В противоположность расчетным эвристические решения основаны на размышлениях,

догадках, соображениях специалистов. Эти соображения могут опираться на их длительный опыт или возникнуть «по наитию». Понятие эвристических решений объединяет все эти пути мышления. Однако основное влияние на эффективность этих решений оказывают опыт, интуиция и здравый смысл экспертов. Необходимость экспертизы обусловлена тем, что решение одного специалиста неизбежно будет субъективным. В то же время мнения нескольких экспертов могут различаться столь сильно, что простое их усреднение даст недостаточно надежный результат. В этом причина актуальности методических работ по совершенствованию так называемых экспертных оценок, в том числе по подбору экспертов, по организации экспертизы и обработке ее результатов [42—44].

Системный анализ и принятие решений. Чтобы внести окончательное уточнение в содержание и связь приведенных понятий, надо уяснить сущность *теории принятия решений.* Моисеев считает, что эту теорию можно рассматривать как синоним системного анализа.

В то же время приходится считаться с тем, что логические приемы, используемые в ходе системного анализа, все еще весьма разнообразны, нередко зависят от опыта специалиста и характера проблем, на решении которых формировался этот опыт. Поэтому нам представляется более уместным считать синонимом системного анализа термин «методология решения проблем» (problem-solving). Для убедительности сошлемся на книгу Венделина «Процесс принятия решения» [45], в которой изложено содержание и даны приемы системного анализа. Пользуясь случаем, рекомендуем эту книгу как одно из немногих в отечественной литературе пособий, доступных широкому кругу читателей.

Для уточнения понятия «системный анализ» важно учесть еще одну его особенность — наличие двоякого смысла: с одной стороны, это методология реализации системного подхода к подготовке и обоснованию решения проблемы, с другой — собственно процесс и результат такой подготовки. В самом деле, никого не удивит, если на отчете института (или специальной комиссии) о результатах выполненного анализа будет стоять заголовок: «Системный анализ путей снижения материалоемкости продукции *n*-го предприятия», а доклад о проведенных исследованиях начнется с фразы: «Нами проведен системный анализ такой-то проблемы». Вместе с тем заменить термин «системный анализ» на термины «теория» или «методология принятия решений» в обоих указанных примерах не представляется возможным.

Программно-целевые методы планирования и управления. Методология системного анализа, формируемая в капиталистических странах (в отличие от методологии исследования операций), может быть использована нами лишь в ограниченной степени. Это обусловлено тем, что в основе важнейших этапов

системного анализа (выбор целей и путей их достижения) применительно к капиталистическому и социалистическому строю лежат совершенно разные принципы.

Именно поэтому в СССР методология системного анализа (в первую очередь его «логика») развивается в значительной мере самостоятельно; в настоящее время она используется, главным образом, при проработке крупных народнохозяйственных проблем. Планы их решений принято у нас именовать целевыми программами, а методологию их разработки — *программно-целевыми методами планирования и управления* [11; 46].

В разработке целевых программ по крупным межотраслевым проблемам принимает участие широкий круг ведомств и научно-исследовательских организаций, в их числе Всесоюзный научно-исследовательский институт системных исследований (ВНИИСИ), Институт экономики АН СССР, Центральный экономико-математический институт (ЦЭМИ) АН СССР, Экономический научно-исследовательский институт при Госплане СССР, институты Сибирского отделения АН СССР, многие другие союзные, республиканские и ведомственные исследовательские организации.

Термин «программа» в советской экономике давно уже означает результат комплексной, системной проработки определенной проблемы, представленный в виде составной части народнохозяйственного плана. Вместе с тем приходится констатировать, что методология системного анализа еще не получила должного применения при решении частных, но достаточно важных организационных задач, относящихся к повседневной деятельности предприятий, институтов, аппарата управления подотраслями и отраслями промышленности. В значительной мере это объясняется тем, что широкий круг специалистов, участвующих в решении указанных проблем, еще недостаточно знаком с основами методологии системного анализа.

Краткие выводы

1. Становление методологии, реализующей системный подход к решению проблем, началось со второй половины XIX в. и проходило параллельно в ходе исследований социально-экономических, биологических и физико-технических систем.

2. Накопленный опыт, потребность практики и достаточный уровень развития прикладной математики создали к концу 40-х годов благоприятные условия для теоретических обобщений и математической формализации общих принципов функционирования систем разной природы и процессов управления ими. Такими обобщениями стали возникшие практически одновременно междисциплинарные направления в науке, получившие названия общей теории систем и кибернетики.

3. В этот же период появились первые пригодные для практического применения цифровые ЭВМ. Наличие технических средств и теоретических основ обусловило быстрое развитие и расширение применения математических методов и средств вычислительной техники в разных областях знаний и практической деятельности.

4. Одновременно быстрыми темпами идет развитие и совершенствование методологии системных исследований. При решении задач, которые могут быть полностью формализованы, эти методы позволяют выбирать оптимальные решения, исходя из заданного критерия и ограничивающих условий. К методологии решения таких задач относятся теория исследования операций, прикладная кибернетика.

5. Методы исследования операций не распространяются на такие ответственные этапы решения проблем, как выбор целей и путей их достижения. Кроме того, многие проблемы не поддаются полной формализации. В связи с этим возникает необходимость в сочетании формальных и неформальных (логических, эвристических) методов. Развитие методологии такой комплексной подготовки решений проблем на основе системного подхода и обоснования этих решений получило название системного анализа или методологий решения проблем. В отечественной практике использование этой методологии для решения крупных народнохозяйственных проблем получило также наименование программно-целевых методов планирования и управления.

6. Актуальная задача совершенствования управления народным хозяйством состоит в распространении методов системного анализа на проработку широкого круга организационных проблем, решаемых на уровне предприятий, организаций, аппарата управления отраслями и подотраслями промышленности.

7. Расширяя область использования системного анализа, необходимо помнить, что опыт по методологии решения проблем (в первую очередь по ее «логике»), накопленный в капиталистических странах, имеет ограниченное применение в условиях социалистического способа производства.

1.4. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПРОБЛЕМЫ

1.4.1. Факторы, влияющие на выбор этапов

Подготовку, выбор и обоснование проекта решения проблемы, т. е. ее системный анализ, будем рассматривать как некоторый процесс. Для уяснения «технологии» этого процесса важно выделить его основные стадии, которые будем именовать основными этапами системного анализа проблемы.

Выбор этапов относится к неформализуемой части методологии системных исследований, к ее «логике», на которую

существенное влияние оказывает характер проблем, идеология, а иногда и «почерк» исследователя. Именно поэтому в зарубежной литературе по методологии системного анализа нет однозначного подхода к выбору основных этапов подготовки решения проблемы.

Так, Квейд [47] и Хитч [36, с. 84] выделяют 5 элементов в процессе исследования систем: 1) цель (или цели); 2) альтернативы (способы достижения целей и их элементы); 3) затраты ресурсов; 4) математические и логические модели (системы связей между целями, альтернативными средствами их достижения, окружающей средой и требованиями по ресурсам; 5) критерий выбора предпочтительных альтернатив.

Оптнер отмечает лишь 3 основных этапа, но каждый из них подразделяет на 6—8 подэтапов [2, с. 169]; он ставит задачу следующим образом:

1. Сформулируйте проблему: а) зафиксируйте цель и принуждающие связи; б) установите условие; в) определите границы и альтернативы, подлежащие оценке; г) установите согласованные критерии; д) там, где необходимо, обусловьте предположения; е) определите природу риска.

2. Принимайтесь за проблему: а) определите процессы; б) соберите данные, описывающие проблему; в) выработайте метод работы; г) проведите работу над проблемой; д) получите частичное и опытное полное решение; е) проверьте прежние решения.

3. Решайте проблему: а) интерпретируйте результаты проверки; б) проведите итерацию, начиная с пункта 1а или с того пункта, с которого необходимо; в) начните идентификацию величин, которые должны возрасти; г) начните аттестацию качества предлагаемого решения в терминах лучшего решения; д) выберите решение и план его реализации; е) если можно, внедрите решение как опытное; ж) оцените результаты внедрения; з) откорректируйте решение; и) внедрите откорректированное решение.

Янг применительно к решению проблем управления организациями указывает 10 основных этапов, из которых 5 относятся собственно к подготовке и выбору решения, а остальные 5 — к его принятию и реализации [48]:

1. Определение целей организации. 2. Выявление проблем, решение которых необходимо в процессе достижения целей. 3. Исследование проблем и постановка диагноза. 4. Поиск решения проблемы (выявление альтернатив). 5. Оценка всех альтернатив и выбор наилучшей. 6. Согласование намеченного варианта решения. 7. Утверждение решения. 8. Подготовка к вводу решения в действие. 9. Управление реализацией решения. 10. Проверка эффективности решения и необходимая корректировка.

Приведенные примеры позволяют уловить общую направленность процесса системного анализа проблем, но подтверж-

дают отмеченную выше неоднозначность в выборе конкретных этапов, их последовательности и содержания. Обращают на себя внимание и такие особенности «технологии» решения проблем западными специалистами, как отрыв выбора критерия от целей, акцент на альтернативных (взаимоисключающих) вариантах решения. По-видимому, это связано с тем, что большинство проблем, на которых отрабатывалась методология системного анализа в США и других капиталистических странах, носит состязательный характер.

Этих особенностей лишена методология программно-целевого управления социалистическим производством. Рассматривая сущность программного подхода к народнохозяйственному планированию, отечественные специалисты четко выделяют его основные требования, которые здесь рассматриваются как этапы разработки программ [46, с. 9]:

1. Выявление и обоснование важнейших комплексных проблем научно-технического и социально-экономического прогресса, имеющих общее народнохозяйственное значение.

2. Определение конкретных целей, которые детализируют структуру выявленных проблем и характеризуют ожидаемые конечные результаты.

3. Определение реализующего цели комплекса отраслей, экономических районов, видов производства, организаций, функционирование и развитие которых необходимо для достижения выявленных целей.

4. Разработка системы мероприятий (программное планирование).

5. Обеспечение мероприятий ресурсами, т. е. целевое распределение ресурсов, необходимых для реализации определенных функций.

1.4.2. Этапы системного анализа внутриотраслевых проблем

«Технология» системного анализа проблем зависит от ее характера и масштаба. Как было подчеркнуто во введении, основное внимание будет уделено проблемам управления, систематически решаемым работниками предприятий, институтов, аппарата всесоюзных промышленных объединений и министерств.

Для этой категории проблем целесообразно выделить следующие основные этапы системного анализа:

1. Исходная постановка (формулирование) проблемы.

2. Конкретизация целей и условий решения проблемы, их формализация.

3. Выявление и систематизация путей достижения целей как «подпроблем».

4. Выявление и выбор вариантов решения подпроблем, выбор решения проблемы в целом.

5. Принятие решений и их реализация.

Для выполнения каждого из указанных этапов необходима определенная информация. Поэтому в качестве дополнительной стадии работ в ходе системного анализа проблемы должны быть предусмотрены также сбор и подготовка необходимой информации.

Перечисленные выше этапы следует рассматривать лишь как рекомендации, вытекающие из опыта практической и педагогической работы автора в области системного анализа.

Рассмотрим кратко содержание каждого этапа.

1. **Исходная постановка (формулирование) проблемы.** Прежде чем приступить к анализу проблемы, необходимо уяснить и сформулировать ее сущность, хотя бы предварительно. Исходная постановка существенно зависит от характера и масштабов проблемы, а также от намеченной организации ее проработки. Исходная постановка проблемы должна служить своего рода заданием на подготовку решения или выполнение предварительного этапа проработки, результаты которого будут рассмотрены лицом, принимающим решение (ЛПР), и определят дальнейшее направление действий.

Постановка (формулирование) проблемы называется исходной или предварительной потому, что в ходе анализа и на его основании многие исходные положения могут быть пересмотрены или уточнены. Исходная постановка проблемы существенно зависит от организации ее проработки и квалификации исполнителей.

2. **Конкретизация целей и условий решения.** Сформулировать цели решения проблемы важно в первую очередь для правильного выявления путей их достижения и для сравнения вариантов решения по степени достижения целей.

Из принципа единства целей, рассмотренного выше, вытекает, что цели любой производственной системы должны соответствовать народнохозяйственным целям, а потому в общем виде они связаны с повышением эффективности производства. Но использовать цели в качестве меры эффективности вариантов решения проблемы можно, лишь если они сформулированы настолько четко и конкретно, что их можно формализовать, т. е. перейти от словесной формулировки к математической, выражающей главную цель в виде некоторой функции параметров системы. Такую зависимость принято именовать функцией цели или *целевой функцией*; она используется в качестве критерия качества решения. Таким образом, конкретизация и формализация целей — это этап выбора критерия качества решений (критерия оптимальности). Вместе с тем понятие оптимальности решения неразрывно связано с конкретными условиями, в которых принималось решение, в том числе с выделенными ресурсами, реальным состоянием системы, требованиями норм и нормативов, директивными указаниями и т. д. Формализация этих условий дает *систему ограничений.*

Формирование целевой функции и системы ограничений взаимосвязано, а потому должно выполняться согласованно и совместно в составе единого этапа системного анализа.

3. **Выявление и систематизация путей достижения целей** — это этап структуризации проблемы, т. е. выявления «подпроблем» разных рангов, их взаимных связей в соответствии с рассмотренной выше сущностью системного подхода. Последовательную детализацию подпроблем как общих направлений действия продолжают до тех пор, пока дальнейшая их конкретизация будет означать уже переход к определенному мероприятию, действию, реализующему решение соответствующих подпроблем младшего ранга. Этот этап заканчивается выявлением возможных вариантов решения отдельных подпроблем и их взаимных связей (взаимной обусловленности).

4. **Выбор вариантов решений** осуществляется и для подпроблем, и для проблемы в целом. Он должен завершать разработку проекта решения проблемы. На этом этапе (в отличие от предыдущих) при выборе вариантов решения значительно шире используются формализованные модели и математические методы исследования операций. Именно здесь чаще всего выявляется обоснованность пересмотра некоторых исходных данных, а потому к завершению разработки проекта решения нередко приходят после нескольких повторных итераций последовательного уточнения условий, результатов решения и границ проблемы.

5. **Принятие решений, их реализация.** Строго говоря, системный анализ чаще всего считают методологией подготовки и обоснования решений. С этой точки зрения этапы принятия решений и их реализации относятся скорее к организации управления, чем к анализу проблем. Однако необходимо учитывать по крайней мере два обстоятельства, определяющих целесообразность использования системного анализа и на этапах реализации решений.

Во-первых, реализация решений — это тоже процесс, нуждающийся в правильной организации и управлении. Его правомерно рассматривать, как функционирование некой системы реализации, при создании которой целесообразно использовать методологию системного анализа.

Во-вторых, рассмотренный выше принцип обратной связи диктует необходимость тщательно контролировать, изучать и анализировать результаты реализации решения, а на основании такого анализа уточнять принятые ранее решения.

Таким образом, проработка проблемы, выбор решения, его принятие, реализация и уточнение в ходе реализации представляют собой единый процесс последовательного приближения к цели, а в успехе решения проблемы важную роль играют организация этого процесса и управление им.

Таковы основные этапы системного анализа. Их взаимосвязи, учитывающие информационное обеспечение, представлены на

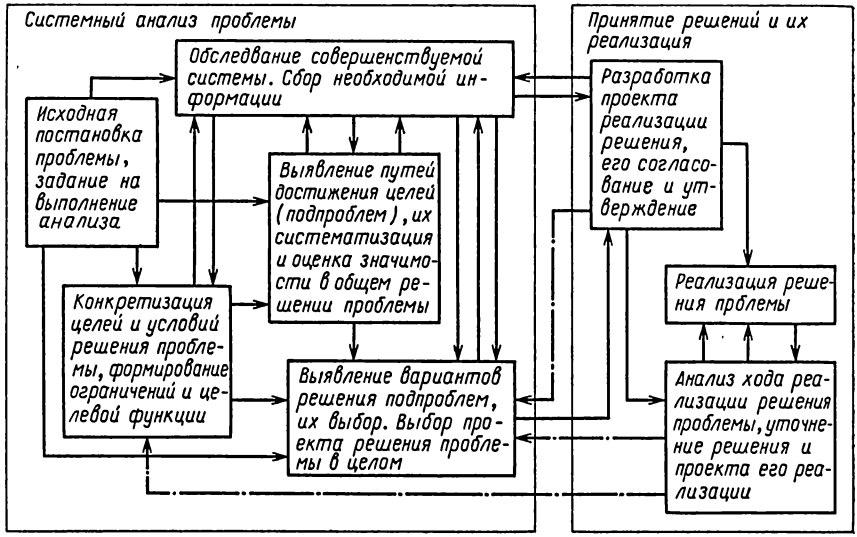


Рис. 6. Блок-схема взаимосвязей основных этапов системного анализа проблемы.

рис. 6 в виде блок-схемы. Процедуры, приемы и примеры выполнения этих этапов будут рассмотрены далее. При этом каждый этап будет подвергнут структуризации с выделением соответствующих процедур и обоснованием связей между ними.

Основное внимание будет уделено второму и третьему этапам, т. е. формализации целей, условий решения проблемы и выявлению путей достижения целей. Это обусловлено тем, что именно эти этапы опираются, главным образом, на неформализуемую логику системного анализа, которая значительно меньше освещена в литературе, чем использование математических методов. Вместе с тем конкретизация целей и выявление путей их достижения больше, чем остальные этапы, требуют учета специфики проблем, их масштаба, особенностей общественного строя (капиталистического или социалистического). Вот почему на этих двух этапах системного анализа в наименьшей мере может быть использован опыт методологии системных исследований, накопленный в США и других капиталистических странах.

По всем вопросам, которые хорошо освещены в литературе, мы ограничимся краткими комментариями и рекомендательными ссылками на соответствующие источники.

Краткие выводы

1. В методологии системных исследований, используемой в США и других капиталистических странах, еще не сложился единый подход к выбору состава и последовательности основных этапов анализа проблем.

2. В методологии программно-целевого управления социалистическим производством определились основные требования программного подхода к народнохозяйственному планированию и соответствующие этапы разработки целевых программ. Существенное влияние на эти этапы оказывают межотраслевой характер и масштабы проблем, решаемых с помощью сложившихся методов программно-целевого управления.

3. Для внутриотраслевых проблем, рассматриваемых в аппаратах управления отраслями, подотраслями, на предприятиях и в отраслевых институтах, рекомендуются следующие основные этапы системного анализа:

исходная постановка (формирование) проблемы;

конкретизация целей и условий решения проблемы, их формализация;

выявление и систематизация путей достижения целей (подпроблем) и вариантов их решения;

выбор вариантов решения подпроблем и проблемы в целом;

принятие решений и их реализация.

4. Каждый из перечисленных основных этапов подлежит структуризации, т. е. выделению процедур (подэтапов) и выявлению их взаимосвязей.

Глава 2

ЦЕЛИ И УСЛОВИЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ, ИХ ФОРМАЛИЗАЦИЯ

2.1. ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ И ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ

В соответствии с выводами, изложенными в предыдущей главе, конкретизация целей и условий решения проблемы является первым (после исходной постановки) этапом системного анализа. Математическая конкретизация целей (т. е. их формализация) позволяет сформировать целевую функцию, а конкретизация условий, с учетом которых должна быть решена проблема — даст систему ограничений.

Необходимо отметить, что термин «цель» трактуется в литературе неоднозначно. Поэтому прежде чем приступить к описанию сущности и содержания рассматриваемого этапа, важно уточнить некоторые понятия, которые будут использованы ниже.

2.1.1. Цели и задания

Термин «цели» имеет широкое, неоднозначное толкование как в методологии системных исследований, так и в практике управленческой деятельности. В то же время не менее широко исполь-

зуются такие понятия, как «конечные результаты» (ожидаемые или желательные), «поставленные задачи», «цели — средства» и некоторые другие. Различие между этими понятиями и понятием «цели» недостаточно ясно очерчено.

Цели. В ходе системного анализа проблемы к этому понятию следует подходить, исходя из принципов целенаправленности функционирования систем и единства целей, которые были рассмотрены в разд. 1.1.

Конкретные социально-экономические системы (предприятие, организация, подотрасль, отрасль и т. д.) входят в общую систему общественного производства в качестве подсистем разного ранга; на основании принципа единства целей их функционирование должно быть направлено на достижение целей общества.

Главная цель социалистического общества определяется основным экономическим законом социализма и состоит в обеспечении наиболее полного благосостояния и всестороннего развития всех членов общества [14, с. 192]. Следовательно, в условиях социалистического общества деятельность каждой отдельной социально-экономической системы любого ранга (отрасль, подотрасль, предприятие) должна в пределах выполняемых ею функций способствовать достижению главной цели общества. В чем состоит ее вклад в достижение этой цели?

В первую очередь речь идет об удовлетворении потребности общества в продукции и услугах, на производство которых направлена основная деятельность системы. При достижении этих конечных для нее результатов система использует разнообразные ресурсы (трудовые, материальные, финансовые и информационные). С экономией этих ресурсов также неразрывно связано достижение главной цели общества. Это обусловлено тем, что трудовые ресурсы общества ограничены, а следовательно, рост удовлетворения потребностей его членов (в том числе потребности в свободном времени) возможен лишь за счет роста производительности общественного труда при наилучшем его распределении по направлениям деятельности в соответствии с потребностями общества.

Наконец, каждая социально-экономическая система — это одновременно коллектив (часть общества), который участвует в достижении социальных целей общества, решает социальные задачи внутри своего коллектива.

В наиболее общем виде такое сочетание стремлений системы к росту результативности и экономии ресурсов, затраченных на достижение конечных результатов, означает повышение социально-экономической эффективности ее функционирования. Это требование можно рассматривать как обобщенную формулировку главной цели системы.

Связь целей отдельных подсистем с объективными экономическими законами общественного производства характерна и для капиталистического строя. Как убедительно показал Маркс, побудительные причины, движущие силы и цели любого капи-

талистического производства определяет закон прибавочной стоимости, стремление к росту прибыли. Признать это вынуждены и западные специалисты по системному анализу. В этом смысле характерным примером может служить понятие целей организации (здесь «фирмы»), данные видным американским методологом в области теории систем и исследования операций, Акофом. По поводу целей он пишет: «Желательные состояния или результаты поведения называются целями. Организация может хотеть либо получить что-то, чего у нее в настоящее время нет (например, основную долю рынка сбыта), либо сохранить то, что у нее есть (например, основную долю местного рынка)». И далее: «При составлении цели более высокого порядка часто употребляется понятие «прибыль»» [49, с. 39, 47].

На основании изложенных соображений понятие «цель» применительно к социально-экономическим системам может быть обобщено следующим образом.

Цели конкретных социально-экономических систем обусловлены общественно-экономическим строем, его объективными экономическими законами, в первую очередь основным экономическим законом, определяющим главную цель и побудительные причины общественного производства в целом.

Подцели. Управление любой сравнительно сложной системой является многоцелевым. Это подтверждается сделанным выше заключением о том, что конкретными целями промышленной системы является и увеличение различных целевых конечных результатов ее функционирования $\{y_j\}$, и экономия всех видов ресурсов $\{x_i\}$.

Достижение главной цели функционирования системы складывается из достижения (в той или иной мере) ее отдельных составляющих — подцелей.

Главная цель должна быть сформулирована достаточно конкретно и четко, чтобы ее можно было бы формализовать, т. е. построить *целевую функцию,* количественно характеризующую степень достижения главной цели.

Очевидно, что аргументы этой функции должны характеризовать достижение отдельных подцелей. К вопросу построения целевой функции мы вернемся ниже, а пока отметим, что достоверность формулирования цели и построения целевой функции существенно зависит от полноты *выявления подцелей.*

Задания. Представим себе, что нам поручена разработка плана мероприятий по повышению производительности труда. В чем цель решения этой проблемы? В ответ на это нередко можно услышать, что цель разработки плана состоит в том, чтобы повысить производительность труда. Недостаток такой формулировки — в ее тривиальности, неконкретности. Из нее нельзя построить функцию цели, а следовательно, ее нельзя практически использовать в ходе подготовки плана мероприятий для сравнения вариантов и выбора наилучшего по степени достижения цели.

Стремление количественно конкретизировать цель решения проблемы нередко приводит к ее формулировкам, содержащим определенное задание с указанием объемов и сроков выполнения. Например, «повысить в планируемом году производительность труда на 2,5 %» или «довести уровень продукции высшей категории качества к концу пятилетки до 36 %» и т. д.

Такие задания имеют важное значение в том случае, если количественные оценки конечных результатов и сроки их достижения получены и обоснованы в итоге системного анализа проблемы, когда уже выявлены наилучшие варианты ее решения, проверена обеспеченность этих вариантов ресурсами, подтверждена эффективность использования ресурсов, обоснована реальность выполнения задания и должная его напряженность. При выполнении всех этих условий подобные требования будем в дальнейшем именовать не целями, а *обоснованными заданиями*.

Если конечные результаты и сроки их достижения установлены до проработки проблемы, то это не цель и не задача, а волевое (волюнтаристское) задание. Его выполнение окажется, как правило, менее эффективным по затратам ресурсов, чем выполнение обоснованного решения, найденного на основании системного анализа проблемы.

Чтобы проиллюстрировать разницу между целями и заданиями, приведем пример, относящийся к общественному производству в целом. Мы уже отмечали, что главная цель социалистического производства определена основным экономическим законом социализма как обеспечение наиболее полного благосостояния и всестороннего развития всех членов общества. Наряду с этим в «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» на основании предварительной проработки на народнохозяйственном уровне проекта пятилетнего плана сформулированы конкретные задания на планируемый период, в том числе одно из заданий по повышению народного благосостояния в 1981—1985 гг. предусматривает повышение реальных доходов на душу населения на 16—18 % [50].

На основании этого примера можно сделать следующий обобщающий вывод о соотношении понятий целей и заданий.

Главная цель определяет то, к чему стремится система в процессе функционирования. Цель может и должна быть определена на первых этапах анализа проблемы, что необходимо для последующего использования в качестве критерия сравнения и выбора вариантов решения.

Задание устанавливает определенную степень достижения одной или нескольких подцелей, реальность и обоснованность которой подтверждена результатами системного анализа проблемы.

Ожидаемые конечные результаты. «Прежде чем решать задачу — подумай, что будешь делать с ее решением!» Это изречение принадлежит математику и специалисту в области систем

Хемингу. Перефразируя и обобщая его мысль, можно сказать, что, приступая к анализу проблемы, следует определить, какие конечные результаты ожидаются в его итоге и как эти результаты будут использованы в дальнейшей работе.

Такая целевая установка, безусловно, важна, она направляет весь ход анализа, конкретизирует требования к его исполнителям. Однако ее не следует смешивать с принятым нами понятием цели.

Рассматривая выше термин «задание» мы пришли к выводу, что требование повысить в планируемом году производительность труда на 2,5 % можно рассматривать, как задание лишь в том случае, если его реальность и обоснованность подтверждены результатами анализа проблемы. Следовательно, какой-то группе специалистов должен был быть предварительно поручен анализ проблемы повышения производительности труда и указано, что его конечными результатами должно быть обоснованное задание по росту производительности труда с учетом выделенных на решение этой проблемы ресурсов.

В иных условиях поручение специалистам могло быть сформулировано так: определить, на каких конкретно участках производства могут быть высвобождены 70 производственных рабочих, необходимых для укомплектования штатов вновь вводимого цеха, и какие для этого потребуются ресурсы.

Эти формулировки поручений на проведение анализа сравнительно близки к формулированию целей системы, но полностью с ними не совпадают. Для четкого различия понятий, условимся в отличие от целей называть подобные целевые установки *ожидаемыми конечными результатами* или назначением анализа, процедуры работы и т. п.

Пути достижения целей. Наряду с понятием цели в литературе нередко используются также термины «цели — средства», «рабочие цели», «инструментальные цели»; при этом обычно имеют в виду те факторы, которые влияют на эффективность производства, обеспечивают ее рост, но именно обеспечивают, а не выражают непосредственно. Характерными примерами таких факторов могут служить улучшение технологической дисциплины, автоматизация и механизация производственных процессов, повышение квалификации кадров и др. Их следует отличать от собственно целей (подцелей) функционирования системы.

В самом деле, повышение технологической дисциплины сказывается на экономических показателях предприятия не непосредственно, а за счет влияния на качество продукции, сокращение расходов сырья, увеличение межремонтных пробегов оборудования, а следовательно, и на увеличение объема выпуска продукции, сокращение затрат на обслуживание и ремонт оборудования.

В отличие от собственно целей (подцелей) примем для этих факторов единое наименование — *пути достижения целей.*

Отличительным признаком путей достижения целей является то, что сами они не относятся непосредственно к конечным ре-

зультатам функционирования системы (ее выходам) или к ресурсам (ее входам), но обеспечивают повышение эффективности процесса функционирования.

На этом можно завершить уточнение основных исходных понятий и перейти к рассмотрению целевой функции и ограничений, т. е. результатов формализации целей и условий решения проблемы.

2.1.2. Целевая функция и ограничения

Целевая функция системы. Как было отмечено выше, целенаправленность функционирования социально-экономической системы проявляется в стремлении к одновременному достижению многих подцелей, в том числе к улучшению совокупности конечных результатов $\{y_j\}$ при обеспечении экономии всех видов ресурсов $\{x_i\}$.

Вместе с тем четкое формулирование цели необходимо, чтобы построить ее математическое выражение (целевую функцию), которая служила бы инструментом для сравнения вариантов решений. Роль такого инструмента наилучшим образом может играть единая функция, одновременно учитывающая степени достижения всех основных подцелей. Из этого вытекает, что в самом общем виде целевую функцию системы можно представить, как некоторую функцию переменных $\{x_i\}$ и $\{y_j\}$, характеризующих степень достижения соответствующих подцелей:

$$\Phi_{\text{ц}}=\Phi_{\text{ц}}(x_1, \ldots, x_i, \ldots, x_m; y_1, \ldots, y_j, \ldots, y_n) \qquad (2.1)$$

Целевая функция и критерии оптимальности. Уточним, существует ли различие этих понятий. Во многих литературных источниках термин «функция цели», «целевая функция», «критерий оптимальности» рассматривают как синонимы. Вряд ли это оправдано. Представляется целесообразным считать синонимами лишь термины «функция цели» и «целевая функция», но учитывать их отличие от термина «критерий оптимальности». Обоснуем эту точку зрения и уточним в чем состоят особенности рассматриваемых понятий.

Целевая функция выражает цель системы, а потому в каждой конкретной проблеме является единственной и имеет определенное социально-экономическое содержание, характеризующее эффективность функционирования системы.

Выше было отмечено, что важная роль целевой функции состоит в том, чтобы служить критерием при выборе вариантов решений. Роль эта реализуется при использовании целевой функции в составе неравенства; если ее значение для первого варианта больше, чем для второго, т. е. $\Phi_1 > \Phi_2$, это означает, что первый вариант лучше (эффективнее) второго.

Однако тот же вывод может быть получен, если сравнивать не только Φ_1 и Φ_2, но и любые другие функции, монотонно возрастающие с увеличением $\Phi_{\text{ц}}$, а следовательно, не влияющие

на знак неравенства. Характерным примером такой функции может служить выражение

$$R = a + b\Phi_{ц} \qquad (2.2)$$

где a и b — произвольные постоянные величины, причем $b > 0$.

Из этого вытекает, что при сравнении вариантов решения может использоваться не только единственная целевая функция, но и любая из бесчисленного множества функций $R(\Phi_{ц})$, удовлетворяющих указанным выше условиям. В ходе решения конкретной проблемы это обстоятельство позволяет переходить от сложной целевой функции $\Phi_{ц}$ к более простым выражениям критериальной функции $R(\Phi_{ц})$, например, исключить из состава целевой функции постоянные слагаемые, не учитывать аргументы, которые в ходе решения данной проблемы считаются неизменными, заменять абсолютные показатели относительными и т. д. Вместе с тем необходимо учитывать, что по своему экономическому содержанию функция $R(\Phi_{ц})$, полученная в результате подобных преобразований, будет отличаться от целевой функции.

Что касается термина «критерий оптимальности», то его правильнее относить не к самой функции $\Phi_{ц}$, а к условию $R(\Phi_{ц}) \rightarrow \max$ или $R(\Phi_{ц}) \rightarrow \min$, выполнение которого свидетельствует о том, что найденное решение является наилучшим (оптимальным).

Целевая функция решения проблемы. Определяя понятие цели и выражая ее в виде целевой функции, мы говорили о целях функционирования системы. Вместе с тем целевую функцию предполагается использовать в качестве инструмента для сравнения вариантов решения проблемы. При этом возникает вопрос о взаимосвязи и соотношении понятий «цель функционирования системы» и «цель решения проблемы», а следовательно, и связи соответствующих целевых функций.

Решение той или иной организационной или управленческой проблемы, как правило, влияет на степень достижения не всех, а лишь некоторых подцелей системы. Вместе с тем мы убедились в правомерности исключения из состава целевой функции тех аргументов, на которые не влияет принимаемое решение. На этом основании можно сделать следующий вывод.

Цель решения проблемы представляет собой частное выражение цели функционирования соответствующей системы (объекта решения проблемы), охватывающее лишь те ее подцели, на степень достижения которых может повлиять принимаемое решение.

Цели и ограничения. Конкретизация формулировки цели решения проблемы тесно связана с учетом конкретных условий, в которых должно быть принято решение. Условия эти (как было отмечено выше) определяют совокупность ограничений, фиксирующих значения или область значений для некоторых параметров системы и для переменных, характеризующих степени достижения некоторых ее подцелей.

Об оптимальном решении редко говорят вообще, безотносительно к конкретным условиям, в том числе к выделенным ресурсам. Характерным примером формулирования цели с учетом ограничений по затратам ресурсов служит следующее требование: обеспечить максимальные конечные результаты (например, максимальное удовлетворение потребности в продукции) в пределах выделенных ресурсов.

Математически такие требования к функционированию системы могут быть выражены совместно критерием оптимальности и совокупностью ограничений (вида неравенств), установленных на все или некоторые виды ресурсов:

$$\Phi_{\text{ц}}(y_1, y_2, \ldots, y_i, \ldots, y_n) \to \max$$
$$x_1 \leqslant X_1 \quad x_i \leqslant X_i \quad x_m \leqslant X_m \tag{2.3}$$

Такой вариант совместного формулирования цели и ограничений является весьма распространенным. Это обусловлено тем, что при иерархической структуре управления выделение ресурсов для каждой системы устанавливается, как правило, органом управления системы более высокого ранга.

Правомерна и другая комбинация критерия оптимальности и ограничений. В определенных условиях балансовой увязки планов производства перевыполнение плановых заданий может быть нецелесообразным. В этих случаях требования к предприятию следует выразить в следующей формулировке: минимизировать затраты ресурсов при обеспечении заданной степени удовлетворения потребности в продукции.

Математическое выражение этих требований задается совместно критерием оптимальности и совокупностью ограничений в виде равенств:

$$\Phi_{\text{ц}}(x_1, x_2, \ldots, x_{ij}, \ldots, x_m) \to \min$$
$$y_1 = Y_1 \quad y_i = Y_i \quad y_n = Y_n \tag{2.4}$$

К такому же варианту формулирования цели можно было привести и задание по повышению производительности труда, рассмотренное выше. При этом его нужно было бы выразить следующим образом: минимизировать затраты ресурсов, обеспечивающих повышение производительности труда в планируемом году на 2,5 %.

Из рассмотренных примеров следует, что формулирование цели и условий решения проблемы тесно связаны между собой, а выявление и систематизация подцелевой системы представляют важную процедуру, предшествующую собственно формированию целевой функции и ограничений. От полноты выявления подцелей, применительно к конкретной рассматриваемой проблеме существенно зависит качество ее решения.

Приемы выполнения процедуры выявления и систематизации подцелей будут рассмотрены в разд. 2.2.

2.1.3. Соизмерение подцелей

На первый взгляд две приведенные выше формулировки цели (2.3) и (2.4) освобождают нас (за счет использования ограничений) от сложного выбора обоснованного компромисса между увеличением конечных результатов и экономией ресурсов. Но такой вывод был бы неправильным. Во-первых, условие (2.4) было принято лишь для частных случаев, когда перевыполнение плана нецелесообразно или когда для сведения баланса по трудовым ресурсам возникла необходимость изыскать недостающую численность персонала любой ценой. Во-вторых, в обеих рассмотренных формулировках цели необходимость выбора компромисса между степенью достижения конечных результатов и затратами ресурсов не исключена, а лишь перенесена с одного уровня управления на другой (более высокого ранга), где должен быть сделан обоснованный выбор ограничений — лимитов на ресурсы (в том числе на численность персонала), плановых заданий и др.

Как сделать обоснованный выбор?

В этом и состоит важная и сложная проблема определения целевой функции (или критериев оптимальности). Не решив ее, трудно говорить об оптимальном обоснованном решении конкретных хозяйственных задач.

Цель этой главы, или, выражаясь точнее (в соответствии с принятыми выше понятиями), ожидаемый конечный результат состоит именно в том, чтобы помочь читателю вникнуть в суть проблемы критерия оптимальности, научиться шире понимать вопросы экономической эффективности функционирования промышленных систем. Приступим к реализации этих намерений.

Выше мы неоднократно подчеркивали принцип системного единства целей, согласно которому решение любой проблемы на уровне предприятия, отрасли или территориального комплекса должно быть направлено на достижение максимального народнохозяйственного эффекта.

На этом основании напрашивается путь уточнения целевой функции отдельной подсистемы народного хозяйства через народнохозяйственную целевую функцию. Однако сегодняшнее состояние проблемы народнохозяйственного критерия оптимальности таково, что этот путь от общего к частному пока еще остается нереальным, хотя работы в указанном направлении ведутся [51, 52].

Сложность проблемы народнохозяйственного оптимума по сравнению с проблемой оптимума отдельных промышленных систем обусловлена не только грандиозными масштабами общественного производства, но и рядом дополнительных сложных проблем, возникающих только на народнохозяйственном уровне; сюда относится проблема выбора пропорций между накоплением и потреблением, между темпами роста производства продукции группы «А» (средства производства) и группы «Б» (предметы потребления), про-

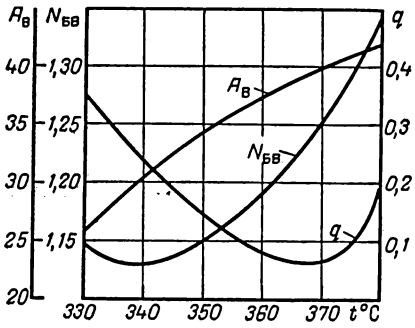


Рис. 7. Результаты балансовых испытаний производства:
$A_в$ — производительность, тыс. т/год; $N_{бв}$ — удельный расход сырья, т/т; q — содержание примесей в продукте, %.

порций распределения ресурсов в непроизводственной сфере и некоторые другие.

Поэтому в настоящее время более доступным остается индуктивный путь от частного к общему, применяемый, начиная с отдельного производства, рассматриваемого как элемент промышленной системы. Более доступным, но тоже нелегким, так как мы по-прежнему сталкиваемся с необходимостью выбора наивыгоднейшего компромисса между достижением разных подцелей на основе их соизмерения.

Покажем это на конкретном примере. Учитывая, что пример этот будет использован нами и в последующих разделах, условия задачи изложим достаточно полно.

Пример 2.1. На действующем предприятии осуществлена модернизация технологии производства продукта В методом каталитического окисления сырья Б. Модернизация базировалась на замене катализатора новым, более стабильным и производительным. После окончания работ проведены балансовые испытания производства в широком диапазоне температурных режимов. Их основные результаты представлены в виде графика на рис. 7.

Для работы в новых условиях предприятию (с привлечением проектного и исследовательского отраслевых институтов) поручено выбрать обоснованные значения производственной мощности $M_в$ (т/год) и нормы $N_{бв}$ (кг/т) расхода сырья Б, которое практически является единственным видом сырья данного производства.

Попытайтесь решить эту задачу. Для конкретизации задания сообщаем некоторые дополнительные данные. Сырье предприятие получает по цене $Ц_б = 320$ руб/т. На продукт установлена цена: $Ц_в = 650$ руб/т. Основные фонды производства определены в сумме $K_в = 24{,}6$ млн. руб. Условно-постоянные затраты $З_{у\,п} = 5{,}4$ млн. руб/год.

Потребление энергии в производстве компенсируется утилизацией тепла реакции и в сумме практически не зависит от нагрузки. Поэтому в виде исключения затраты на энергию учтены в составе условно-постоянных затрат $З_{у\,п}$. Успеха Вам в решении этой задачи!

* * *

И для читателя, и для автора интерес представляет не столько выполнение расчетов, сколько обсуждение полученных результатов. Создадим такую возможность искусственно. Представим себе, что мы оказались случайными свидетелями совещания, на котором представители предприятия, исследовательского и проектного институтов обменивались соображениями о выполнении данного поручения. Устами участников этого совещания попытаемся изложить некоторые возможные подходы к решению поставленной задачи. Начал обсуждение представитель отраслевого проектного института.

— Мы, проектанты,— сказал он, выбираем проектную мощность на основании методики расчета эффективности капитальных вложений по минимуму *удельных приведенных затрат*:

$$c + E_н k_у \longrightarrow \min \qquad (2.5)$$

где $E_н$ — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений $E_н = 0{,}12$, 1/год; c — себестоимость продукции, руб/т; $k_у$ — удельные капитальные вложения, руб·год/т.

Таким же образом была определена проектная мощность этого производства при прежних условиях его работы (до замены катализатора). Для новых условий номинальный режим можно «прикинуть». Минимум приведенных затрат наблюдается при $t = 358$ °С. Ему соответствует мощность $M_б = 37\,000$ т/год и норма расхода сырья $N_{бв} = 1184$ кг/т. Приведенные удельные затраты составляют $c_{пр} = 605$ руб/т. Именно такой режим был бы выбран, если бы производство проектировалось с новым катализатором.

— Помилуйте,— возразил проектанту представитель исследовательского института,— причем здесь капитальные вложения? Ведь объект уже действующий. Замена катализатора проводилась по плану внедрения новой техники. Эти работы стимулируются, исходя из экономического эффекта, который рассчитывается на основании «Методики (основных положений) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений» [53]. По этой методике *сводный хозрасчетный эффект* определяется приростом прибыли $\Delta П_м$ от проведенного мероприятия за вычетом окупаемости единовременных затрат на данное мероприятие:

$$Э_х = \Delta П_м - E_{нит} \Delta K \qquad (2.6)$$

где $E_{нит} = 0{,}15$ 1/год — нормативный коэффициент эффективности новой техники. Я тоже «прикинул» результат, и не сейчас, а тогда, когда в институте готовился отчет по эффективности наших работ. Затраты на замену катализатора фиксированы. Поэтому хозрасчетный эффект будет тем больше, чем больше прирост прибыли, а максимальная прибыль имеет место при $t = 362$ °С, которой соответствуют: мощность $M_в = 38{,}0$ тыс. т/год и норма расхода сырья $N_{бв} = 1204$ кг/т. При этом режиме прибыль составит $П = 4{,}66$ млн. руб/год.

— Вот Вы,— вступил в разговор начальник технического отдела предприятия,— начинаете свои доводы с того, что методика, которую Вы использовали, стимулирует работы по новой технике. Для Вашей лаборатории это единственный, или во всяком случае основной, вид экономического стимулирования. Слов нет, от премии за внедрение новой техники кое-что перепадет и нам, но в основном работники предприятия получают премию из фонда материального поощрения, который тоже формируется по официальным нормативам, утвержденным на пятилетку. Причем наполовину этот фонд образуется в порядке поощрения роста производительности труда, на 40% — за рост прибыли и на 10 % — за улучшение качества.

Мы тоже уже давно «прикинули», что к чему. Качество продукции в нашем случае не влияет на цену. Этот источник стимулирования со счетов долой! Не меняется и численность персонала, но производительность труда (выработка на человека) растет пропорционально объему выпуска продукции. Таким образом, отчисления в *фонд материального поощрения* будут определяться следующим образом:

$$\Delta Ф_{мп} = m\left(0{,}5\,\frac{A - A_0}{A_0} + 0{,}4\,\frac{П - П_0}{П_0}\right) \qquad (2.7)$$

где m — норматив отчислений, постоянный в пределах пятилетки. Максимальное отчисление соответствует режиму $t = 372$ °С. При этом будет получено следующее: объем выпуска продукции $M_в = 40$ тыс. т/год, норма расхода $N_{бв} = 1264$ кг/т, а прибыль $П = 4{,}42$ млн. руб/год.

— Как видите,— заключил свое сообщение представитель предприятия,— по сравнению с Вашим режимом мы теряем около 5 % прибыли, а выигрываем дополнительно почти 5% роста производительности труда.

* *
*

Прервем на этом наше участие в совещании. Оставим членов комиссии «выяснять отношения». Надо полагать, что они придут к

общему мнению. Вероятнее всего, представитель предприятия пойдет на уступки, так как не в его интересах слишком завышать мощность. Наступит время, когда поставщики «подведут» завод, задержат очередную партию сырья и резерв мощности понадобится, чтобы, форсируя режим, «спасать план» после того, как сырье, наконец, поступит. Не исключено, что в этих случаях температуру в слое катализатора будут поддерживать на еще более высоком уровне, чем тот, который предлагал начальник технического отдела предприятия для номинальной мощности.

Тех, кто следуя нашей просьбе, попытался решить предложенную в примере задачу, интересует, наверное, не только какими целевыми функциями пользовались участники совещания, но и с помощью каких методов «прикидывали» они те результаты, о которых сообщил каждый из них.

Решение этого примера «по всем правилам» оптимизации мы рассмотрим в гл. 4, которая посвящена собственно выбору решений, как заключительному этапу системного анализа. А пока отметим лишь, что простейшая прикидка могла быть сделана так называемым табличным способом — для нескольких значений температур были рассчитаны и сведены в таблицу значения целевых функций: исходя из того, что

$$c = Ц_Б N_{ВВ} + \frac{З_{у\,п}}{A} \qquad k_у = \frac{K_В}{A} \qquad П = (Ц_В - c)\,A.$$

В качестве решений принимался режим, для которого рассчитанное значение целевой функции было соответственно максимальным или минимальным. Учитывая соотношение (2.2) между целевой функцией и критерием оптимальности, рассмотренное выше, представитель предприятия принял $m = 1$, а представитель НИИ искал максимум не $\Delta П$, а $П = (Ц - c)\,A$.

Обсудим результаты незаконченной дискуссии, рассмотрим основные причины разногласий.

Из рассмотрения режимных характеристик, представленных на рис. 7, еще до решения задачи можно сделать вывод о том, что искомый оптимальный режим не может лежать в области температур ниже 340 °С. В самом деле, в этом диапазоне с ростом температуры все показатели процесса только улучшаются: растет объем выпуска продукта, снижается содержание q примесей, т. е. улучшается его качество, снижается удельный расход сырья на единицу продукта.

При $t = 340$ °С расход сырья наименьший. Можно ли этот режим считать оптимальным, а соответствующую производительность ($A_В = 30{,}5$ тыс. т/год) номинальной? В общем случае (если на расход сырья заранее не наложено строгое ограничение) выбор этого режима был бы неправильным, так как в окрестностях минимума кривая удельного расхода сырья возрастает полого, а соответственная доля себестоимости $c_м$ увеличивается сравнительно мало. Это увеличение явно окупается улучшением остальных показателей производства, в том числе и качества продукции,

которое начинает ухудшаться только свыше 370 °С, когда начинает сказываться частичное осмоление.

До каких пределов оправдано повышение температуры? В общем виде ответ на этот вопрос достаточно очевиден: до тех пор, пока ухудшение одних показателей окупается улучшением других. Конкретизировать такой ответ, т. е. найти наилучший компромисс между выигрышем в достижении одних подцелей и проигрышем в степени достижения других можно только на основе соизмерения полезности (важности) подцелей, их вклада в достижение главной совокупной цели системы. В результате такого соизмерения и должна быть получена целевая функция.

Однако участники совещания не пошли по этому пути. Решая задачу, они воспользовались готовыми целевыми функциями, причем разными. Каждый применил тот критерий, который был для него привычным, соответствовал его обычной деятельности.

В самом деле, проектирование новых производств нередко ведется еще до того, как на новый продукт утверждена цена. Поэтому выбор режима в ходе проектирования принято вести, исходя из условия минимума приведенных затрат, которые не зависят от цены. В нашем примере цена на продукт $Ц_в = 650$ руб. была утверждена применительно к старой технологии. В новых, более экономичных условиях производства она обусловила сравнительно высокую рентабельность основных фондов (18,9 %). Если бы цена на продукт была пересмотрена и оказалась близкой к минимальным приведенным затратам (рентабельность основных фондов 12 %, соответственно $E_н = 0{,}12$), т. е. составляла 608—610 руб/т, то расчеты представителя исследовательского института совпали бы с предложениями проектанта.

Обратимся теперь к позиции представителя предприятия. Рассматривать ее только как корыстную было бы неправильно. Смысл системы материального стимулирования состоит именно в том, чтобы обеспечить единство экономических интересов народного хозяйства и коллектива предприятия. Поэтому принцип отчислений в фонд материального поощрения и численные значения нормативов отчислений можно было считать наиболее правильными тогда, когда условия максимума отчислений и максимума народнохозяйственной эффективности совпадали бы. Почему же они не совпали в рассмотренном случае?

Причина в том, что показателем прибыли рост производительности труда учтен лишь в меру экономии затрат на оплату труда. В нашем примере при повременной оплате эти затраты (с учетом отчислений на социальное страхование) входят в условно-постоянные затраты.

Система материального поощрения учитывает ограниченность трудовых ресурсов и предусматривает дополнительное стимулирование их экономии. Но возникает законный вопрос, почему в условиях ограниченности трудовых ресурсов особо важно экономить только живой труд, а не овеществленный, вложенный в производство сырья, материалов, оборудования? Почему следует учитывать

ограниченность только трудовых ресурсов, если недостаточное удовлетворение потребности во многих материалах, топливе, энергии также наносит значительный ущерб народному хозяйству? Наконец, если дефицит тех или иных ресурсов признано целесообразным учитывать системой стимулирования, то почему не ввести этот фактор и в оценку эффективности хозяйственных решений?

Можно привести еще ряд факторов, по которым в рассмотренном примере анализ эффективности решения был недостаточно полным. В первую очередь это относится к качеству продукции. С ростом нагрузки изменялся не только объем выпуска продукции, но и ее качество. Этот факт не учитывался только потому, что рост качества (снижение содержания примесей) в пределах, установленных ГОСТом, не влиял на цену продукта.

В ходе обсуждения и в использованных расчетных формулах не нашло отражения влияние внешних связей системы и отдаленных последствий принимаемых решений, важность учета которых была подчеркнута выше при рассмотрении сущности системного подхода.

Какой же вывод следует сделать из рассмотренного примера? Если кто-нибудь из читателей на основании подслушанного совещания усомнится в возможности применения в подобных случаях методик расчета экономической эффективности, то это будет неверный вывод.

Можно согласиться с тем, что сравнительно большое число действующих методик (союзных, и в особенности ведомственных) осложняет расчеты эффективности комплексных мероприятий. Справедливо и то, что многие аспекты экономической, а тем более социально-экономической эффективности остаются еще дискуссионными и не находят отражения в действующих методиках. Однако необходимо учитывать также большую сложность проблемы народнохозяйственной эффективности социалистического производства.

Важным шагом в деле распространения расчетных методов на область социальных целей было утверждение Госпланом СССР в феврале 1981 г. «Временной методики определения эффективности затрат в непроизводственную сферу» [54].

В порядке дальнейшего совершенствования расчетных методов ведутся работы по созданию комплексной методики оценки социально-экономической эффективности хозяйственных мероприятий [52].

Вместе с тем необходимо иметь в виду, что любая самая совершенная методика обеспечит лишь общий, принципиальный подход к решению частных задач. Оценка эффективности и выбор целевой функции для каждой из проблем требуют конкретного анализа в конкретной ситуации. Этот вывод и должен быть основным итогом рассмотрения приведенного выше примера. А из него, в свою очередь, вытекает, что анализ любой проблемы следует начинать с этапа уточнения целей и условий решения, формализация

которых позволяет построить целевую функцию и систему ограничений.

На основании соображений, изложенных в этом разделе, можно назвать следующие основные процедуры рассматриваемого этапа.

В первую очередь это достаточно полное *выявление подцелей,* которые могут быть достигнуты в результате решения данной проблемы; необходимо систематизировать их, выбрать показатели, количественно характеризующие степень достижения каждой подцели.

Далее следует *уточнение условий решения проблемы* и в результате их формализации *построение системы ограничений.*

Заключительной и наиболее сложной является процедура собственно *формирования целевой функции* решения проблемы, как наивыгоднейшего компромисса между выигрышем в достижении одних подцелей и проигрышем в достижении других. Чтобы не ошибиться в выборе такого компромисса, необходимо научиться правильному *соизмерению важности* (*полезности*) *подцелей*. Если мы не научимся этому, то неизбежно окажемся в положении гоголевской Агафьи Тихоновны из «Женитьбы», которая, решая важную для нее проблему (выбор жениха), никак не могла найти приемлемый вариант решения именно потому, что не осознала необходимости соизмерения подцелей.

Краткие выводы

1. Функционирование конкретных промышленных систем (предприятий, организаций, подотраслей, отраслей) является многоцелевым и направлено как на достижение конечных результатов (количество и качество продукции, услуг, информации, решение социальных задач), так и на экономию всех видов ресурсов.

2. Совокупность всех частных целей системы (ее подцелей) должна быть выражена единой главной целью и формализована в виде целевой функции, чтобы служить критерием для сравнения вариантов решения проблем.

3. Главная цель системы состоит в обеспечении наиболее эффективного ее функционирования. Под этим понимается наилучший (исходя из народнохозяйственных интересов) компромисс между степенями достижения разных подцелей, определяемый на основании взаимного соизмерения полезности конечных результатов и их сопоставления с затратами ресурсов всех видов на получение этих результатов.

4. Цель решения отдельной проблемы является частным выражением цели системы, учитывающим лишь те подцели, на степень достижения которых может повлиять решение данной проблемы.

5. Цель решения проблемы формулируется с учетом конкретных условий, в которых выбирается и реализуется решение Эти условия задаются системой ограничений.

6. Цель и условия решения проблемы должны быть определены и формализованы уже на первом этапе ее проработки. Этот этап предусматривает следующие основные процедуры:

выявление и систематизация подцелей системы, выбор показателей (аргументов целевой функции), количественно характеризующих достижение подцелей;

уточнение условий решения проблемы и формирование ограничений, уточнение состава варьируемых аргументов целевой функции с учетом принятых ограничений;

формирование целевой функции, т. е. конкретизация ее зависимости от аргументов на основе соизмерения подцелей.

2.2. ВЫЯВЛЕНИЕ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПОДЦЕЛЕЙ

Для многоцелевого функционирования системы характерно не только то, что система имеет несколько подцелей, но и то, что эти подцели взаимосвязаны и образуют единую систему целей.

Нетрудно убедиться, что система целей имеет иерархическую структуру. В самом деле, при рассмотрении общего выражения целевой функции (2.1) мы уже выделили две основные группы подцелей: достижение конечных результатов $\{y_j\}$ и экономию ресурсов всех видов $\{x_i\}$. Очевидно, каждую из этих групп можно рассматривать, как одну из двух основных подцелей, (т. е. подцелей 1-го ранга). В свою очередь, среди конечных результатов мы выделяли результаты основной деятельности системы (по производству продукции, услуг, информации) и результаты решения социальных задач. Каждую из этих групп подцелей можно рассматривать как подцель 2-го ранга.

Со своей стороны другая подцель 1-го ранга (экономия ресурсов всех видов) может быть также разбита на две или несколько подцелей 2-го ранга, например, на экономию текущих (регулярных) затрат, измеряемых, как правило, в руб/год, и экономию единовременных затрат, измеряемых в рублях.

В свою очередь, в каждой из подцелей 2-го ранга можно выделить более частные подцели 3-го ранга, и т. д. Такое последовательное разбиение подцелей, переход от более укрупненного их представления к более дифференцированному называют последовательным дезагрегированием или *декомпозицией.*

В результате декомпозиции получается «древовидная» иерархическая структура системы целей, которую именуют часто «*деревом целей*» (рис. 8). В отличие от привычного представления эта структура напоминает дерево, перевернутое кроной вниз, а корнем (которым служит главная цель) обращенное вверх. Исходя из той же аналогии полученной структуры с деревом, метод ее формирования последовательной декомпозицией называют иногда *методом ветвления.* Этот метод широко используется не только при выявлении и систематизации подцелей системы, но и при декомпозиции многих других совокупностей факторов, также имеющих иерархическую структуру. Так, этим методом

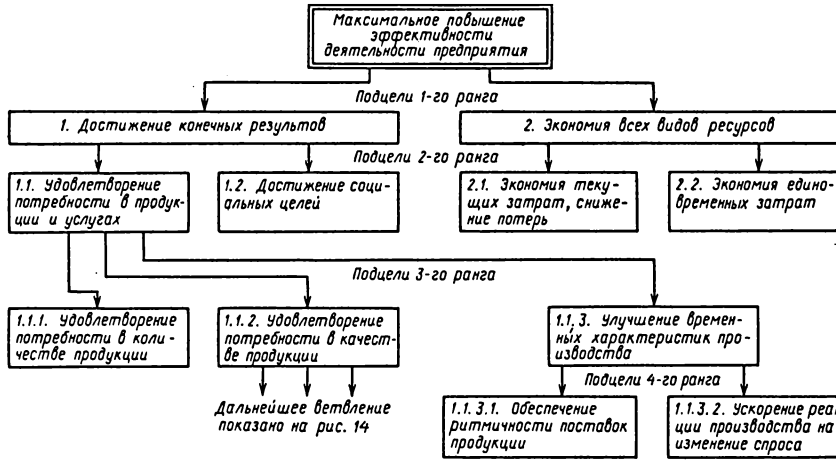


Рис. 8. Дерево целей промышленного предприятия.

мы будем пользоваться при анализе путей достижения целей, недостатков и трудностей функционирования системы, комплекса причин, обусловливающих эти трудности, сложных функций управления и др.

Приступая к ознакомлению с методом ветвления на примере построения дерева целей, хотелось бы подчеркнуть, что подобная декомпозиция сложной проблемы на составляющие подпроблемы лежит в основе системного анализа.

2.2.1. Построение «дерева целей»

Дерево целей, как иерархию составляющих ее подцелей, можно представить не только графически, но и в виде таблицы, в которой индекс любой строки составлен из индекса подцели старшего ранга и порядкового номера данной подцели, т. е. так, как это показано на рис. 8. В такой таблице главная цель обычно не имеет индекса. Тогда ранг любой подцели определяется числом номеров в ее индексе.

Пример 2.2. Построение дерева целей представляет собой важный этап системного анализа, существенно влияющий на формирование функции цели, а тем самым и на результаты выбора вариантов решения, т. е. на итоги анализа проблемы. Как правило, построение дерева требует определенного навыка. Именно, поэтому, не переворачивая страницы, попытайтесь построить дерево целей для наиболее знакомого Вам промышленного предприятия, точнее, продолжить построение дерева, начатое на рис 8, хотя бы до подцелей 4-го или 5-го ранга.

Теперь, когда Ваш проект дерева целей в основном готов, уважаемый читатель, могу сообщить, что вероятнее всего Вы не допустили грубых ошибок. Это обусловлено хотя бы тем, что точки зрения специалистов на содержание и методологию процедуры построения дерева целей весьма различны. Это относится не только к западным авторитетам системного анализа, на позиции которых,

как было уже отмечено выше, большое влияние оказывают объективные особенности капиталистического производства. Существенные расхождения в понимании содержания целей и в методологии построения дерева целей имеют место и в отечественных работах по системному анализу.

Именно поэтому прежде чем рассматривать дерево целей предприятия (для сравнения с вашими вариантами), представляется целесообразным обсудить методические вопросы выявления и систематизации целей.

Рассмотрения заслуживают по крайней мере три вопроса.

1. Следует ли ограничить состав подцелей, входящих в «дерево», только собственно целями (подцелями) системы или целесообразно строить комбинированную структуру «дерева», содержащую пути достижения целей («цели — средства»)?

2. В чем состоит сущность принципа последовательной декомпозиции целей? Правомерно ли включать в состав подцелей достижение сложных показателей?

3. Какие меры следует принять и какие методические приемы могут быть использованы для обеспечения полноты выявления подцелей и соответствия их рангов?

Совокупность решения этих трех вопросов можно рассматривать как основу методики выявления и систематизации подцелей с помощью построения дерева целей.

Состав подцелей. Нередко в составе «дерева целей», указывают не только собственно цели, (подцели), непосредственно определяющие эффективность функционирования системы, но и некоторые пути их достижения.

Полный учет и анализ путей достижения целей системы, бесспорно, очень важны. Вопрос состоит лишь в том, что лучше: осуществлять ли этот анализ на одном графике «дерева» с собственно целями, или раздельно, рассматривая его как самостоятельную процедуру проработки проблемы?

Если ориентироваться на те основные этапы системного анализа, которые были рекомендованы в разд. 1.4, и на основные понятия, принятые в разд. 2.1, то к этапу конкретизации целей и условий решения проблемы следует отнести построение «дерева» собственно целей, а «дерево путей достижения» рассматривать как самостоятельную процедуру в составе следующего этапа, который мы назвали этапом «выявления путей достижения целей».

Оправдано ли такое решение?

Соответствующие обоснования целесообразно проанализировать, одновременно используя такое рассмотрение, как иллюстрацию системного подхода к решению конкретного вопроса (в данном случае методического) в конкретной ситуации.

Разбору подлежат две основные ситуации.

Первая из них возникает, когда анализируется крупная проблема, в разработке программы реализации которой участвует несколько ведомств или несколько организаций. В этой ситуации каждая организация прорабатывает свою группу подпроблем.

Возникает необходимость начинать анализ с выделения основных подпроблем (1-го ранга), при этом остальные будут уже средствами реализации этих основных подпроблем.

Именно в такой ситуации конкретизация целей понимается как построение иерархии «целей-средств», а сам этап не подчинен вопросам уточнения целевой функции. Методика построения такой иерархии хорошо освещена в литературе [11; 55].

Другая ситуация возникает, когда масштабы проблемы меньше, а ее системный анализ ведет, как правило, одна организация, одна группа специалистов. Применительно к такой ситуации в разд. 1.4 были определены основные этапы анализа проблемы, а в разд. 2.1 подчеркнута важность систематизации собственно целей (подцелей). Здесь эта процедура подчинена формированию целевой функции, полному выявлению ее аргументов.

В этих условиях не только оправдано, но и целесообразно строить самостоятельные «деревья» собственно целей (подцелей) и путей достижения целей; в пользу этого можно указать по крайней мере два соображения.

Во-первых, в состав целевой функции должны войти лишь собственно цели (подцели), непосредственно определяющие эффективность функционирования системы, участвующие в количественной оценке этой эффективности. Исходя из этого, собственно цели должны быть выявлены и выделены самостоятельно.

Во-вторых, систематизировать собственно цели и пути их достижения методически удобнее на отдельных графиках. В самом деле, большинство подпроблем направлено на достижение нескольких подцелей. Это подтверждается приведенными выше примерами таких подпроблем, как повышение технологической дисциплины, автоматизации и т. п., одновременно влияющих на многие конечные результаты производства и его затраты.

С другой стороны, для достижения каждой подцели имеется, как правило, несколько путей, т. е. оно обеспечивается решением нескольких подпроблем. Так, например, повышение качества продукции достигается за счет улучшения качества сырья и полупродуктов, совершенствования технологии, повышения технологической дисциплины и решения многих других подпроблем. Из этого вытекает, что между подцелями и путями их достижения нет полного однозначного взаимосоответствия. Поэтому объединение собственно целей и «целей — средств» в одном дереве привело бы к образованию многочисленных перекрестных связей.

Кроме того, для выявления подпроблем важно знать не только непосредственные трудности на пути достижения целей, но и причины этих трудностей. Поэтому при объединении схемы собственно целей и «целей — средств» необходимо было бы вписать в эту же схему еще и систему причинно-следственных связей. При достаточной детализации такое объединенное дерево оказалось бы слишком сложным, громоздким, потеряло бы наглядность, затруднило бы использование результатов систематизации собственно целей в ходе формирования целевой функции и ограничений.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что раздельное оформление графиков иерархической структуры собственно целей и путей их достижения не должно нарушать взаимосвязи этих этапов, взаимного их влияния.

На основании изложенных соображений мы рекомендуем следующий методический вывод:

Если системный анализ проблемы осуществляется одним коллективом, в состав дерева целей системы следует включать лишь собственно цели, непосредственно определяющие показатели эффективности ее функционирования, и не включать пути (средства) достижения этих целей, выявление и систематизация которых должны рассматриваться как информационно связанная, но самостоятельная процедура.

Построение дерева собственно целей (подцелей) выполняется, главным образом, для того, чтобы полнее выявить и систематизировать все те факторы, которые должны быть учтены при построении целевой функции и ограничений.

Методика построения такого дерева целей слабо освещена в литературе, поэтому ей мы уделим основное внимание.

Последовательная декомпозиция целей. Нередко в состав дерева целей включают улучшение таких сложных (комплексных) показателей, как производительность труда, рентабельность, прибыль, фондоотдача, материалоемкость продукции и т. п. Все эти показатели действительно важны, они характеризуют тот или иной аспект эффективности функционирования системы и широко используются для анализа хозяйственной деятельности предприятия.

Вместе с тем их непосредственное включение в структуру дерева целей нерационально именно в силу их сложности, т. е. потому, что каждый из этих показателей зависит от нескольких других простых показателей. Так, например, производительность труда и фондоотдача представляют собой отношение двух показателей, а рентабельность является еще более сложной функцией определяющих ее факторов. Если бы мы ввели в дерево целей эти сложные показатели в качестве самостоятельных подцелей, а потом начали бы дробить их на подцели младшего ранга, т. е. на факторы их определяющие, то, например, объем выпуска продукции фигурировал бы в таком «дереве» многократно, так как он влияет практически на все перечисленные выше сложные показатели.

При непосредственном сравнении деятельности нескольких предприятий сложные показатели полезны именно потому, что они позволяют дать многогранную оценку этой деятельности. В процессе дифференциации целей при выявлении элементарных исходных факторов, определяющих эффективность функционирования системы, сложных показателей следует избегать.

Поэтому вместо подцели «увеличение производительности труда» следует самостоятельно включить в состав «дерева» определяющие ее показатели: увеличение выпуска продукции и экономию затрат живого труда. Вместо снижения материалоемкости

продукции достаточно предусмотреть экономию материальных ресурсов, если подцель увеличения выпуска продукции уже включена в состав дерева целей. Таким же образом следует расчленить и остальные сложные подцели, если они были введены в состав дерева целей при выполнении задания, полученного читателями выше (см. с. 72).

Строгое соблюдение последовательной декомпозиции целей методом ветвления позволяет избежать появления сложных показателей в составе дерева. При этом важно подчеркнуть, что под термином «сложные» понимаются показатели, функционально зависящие от нескольких простых, но отнюдь не агрегированные показатели, представляющие лишь совокупность более детализированных. Всякая подцель старшего ранга (например, затраты ресурсов), представляет собой такую агрегированную совокупность составляющих ее подцелей младшего ранга.

Полнота «дерева целей» и соответствие рангов подцелей. Распространенными ошибками, совершаемыми при построении дерева, являются упущения некоторых подцелей (неполнота выявления) и нарушение рангов подцелей.

Приступая к разбиению исходной цели или очередной промежуточной подцели n-го ранга, важно выделить ее наиболее укрупненные, однородные составляющие подцели $(n+1)$-го ранга, полностью ее охватывающие. Обычно удается выделить от 2 до 5 таких подцелей. Если нет уверенности, что они полностью исчерпывают разделяемую (декомпозируемую) подцель старшего n-го ранга, то, кроме выделенных, следует ввести еще одну (резервную) подцель $(n+1)$-го ранга, содержащую «прочие», т. е. неучтенные подцели. В ходе дальнейшей проработки проблемы такие прочие составляющие будут либо конкретизированы, либо исключены из состава дерева целей.

Под нарушением рангов подразумеваются такие ошибки, при совершении которых в одном ряду (под одним рангом) оказываются фактически неравноценные подцели, т. е. несоответствующие одна другой по степени агрегирования элементарных подцелей, по масштабу значимости в общей системе целей. Один из приемов, который может быть рекомендован для проверки соответствия рангов подцелей, состоит в следующем. Из выделенных подцелей $(n+1)$-го ранга надо попытаться найти две или несколько таких, которые можно объединить по некоторому общему принципу, но в то же время к этому объединению нельзя отнести остальные выделенные подцели. Если такая попытка увенчается успехом, это будет означать, что однородность подцелей была нарушена. Фактически подцелью $(n+1)$-го ранга следует считать полученное объединение нескольких подцелей, а каждую из ее составляющих правомерно считать уже подцелями $(n+2)$-го ранга.

Следует отметить, что, как правило, хороших результатов по полноте выявления подцелей и соответствию их рангов удается достигнуть, привлекая к составлению дерева целей нескольких специалистов (экспертов), каждый из которых строит дерево

самостоятельно, а затем участвует в совместном обобщении и уточнении результатов.

Хотелось бы также подчеркнуть, что полнота выявления подцелей и соответствие их рангов достигается в результате приобретения определенного навыка в применении метода ветвления. Первым шагом к этому будет сопоставление дерева целей предприятия, построенного Вами самостоятельно, с тем, которое предлагается рассмотреть совместно.

2.2.2. «Дерево целей» промышленного предприятия

Системный анализ всегда конкретен. Поэтому единого типового дерева целей быть не может ни для промышленного предприятия, ни для иного объекта. На построение дерева целей влияют в основном два фактора: специфика объекта и особенности той проблемы, для решения которой проводится анализ целей. Поэтому даже для одного предприятия может быть построено несколько вариантов «дерева». Сравнительно типовыми остаются лишь те подцели первых двух рангов, которые конкретизированы на рис. 8. Исключение составляет фрагмент дерева, относящийся к социальным целям системы. Здесь типовой характер подцелей и их структуры сохраняется еще на двух-трех рангах, так как специфика предприятия сказывается на социальных целях в значительно меньшей степени, чем на конечных производственных результатах и использовании ресурсов.

Несмотря на отсутствие единого типового дерева целей предприятия, по-видимому, целесообразно продолжить начатое построение дерева (см. рис. 8). Это позволит хотя бы сопоставить ход наших рассуждений с соображениями, на основании которых осуществлялось самостоятельное выполнение задания (см. с. 72). По изложенным причинам представленные ниже результаты анализа могут оказаться несопоставимыми с полученным самостоятельно вариантом «дерева целей».

Для конкретизации условий построения «дерева целей» будем рассматривать химическое предприятие со сравнительно широким ассортиментом продукции. Влияние конкретной проблемы на структуру подцелей будем учитывать, ориентируясь на задачу, которая была сформулирована в примере 2.1 (выбор производственной мощности и нормы расхода сырья для производства продукта В). Из методических соображений отметим также в ходе построения и некоторые другие варианты ветвления, не связанные с указанной задачей.

Развивать дерево целей предприятия будем, последовательно расчленяя четыре подцели 2-го ранга, представленные на рис. 8.

Подцель 1.1. Удовлетворение потребности народного хозяйства в продукции * предприятия может быть дезагрегирована на три основных подцели: удовлетворение потребности в количестве продукции, в ее качестве и развитии ассортимента и в улучшении динамических (временны́х) характеристик производства.

Подцель 1.1.1. Удовлетворение потребности в количестве продукции следует дифференцировать далее, выделяя отдельные группы и марки продукции. Принцип формирования этих групп определяется особенностями той проблемы, которая подлежит анализу. Так могут быть выделены группы производств, связанные материальными потоками, в том числе полупродуктовыми, использованием одних видов дефицитного сырья и т. д.

---

* Здесь и далее имеется в виду потребность народного хозяйства в широком смысле этого понятия, включая запросы населения и интересы экспорта.

Проводить подразделение на группы можно также, исходя из условий планирования и сбыта. В этом случае оправдано выделение продукции, распределяемой вышестоящими организациями, определяющими потребность в этой продукции (ее дефицитность или ограниченность потребления). Другую группу составит соответственно продукция, планируемая по прямым связям предприятия.

В некоторых случаях оправдано формирование групп продукции по особенностям технологии и организации производства, влияющим на нормирование и планирование. На химических предприятиях такими группами могут быть, в частности, непрерывные производства, индивидуальные технологические схемы периодического действия и так называемые совмещенные схемы, которые позволяют выпускать разные продукты в течение года.

Наконец, при анализе экономических показателей плана производства или отчетных данных может оказаться необходимым выделить продукцию высшей, 1-й и 2-й категорий качества.

Подцель 1.1.2. Удовлетворение потребности в качестве продукции целесообразно сразу же разделить на две подцели: *обеспечение* качества в пределах, установленных нормативно-техническими документами (НТД) и *повышение* качества в соответствии с экономически обоснованной потребностью.

При обеспечении качества важно выделить производство, допускающее брак или внутризаводские нарушения установленных показателей качества. В свою очередь, последняя подгруппа может быть подразделена на нарушения качества исправимые и неисправимые при дальнейшей обработке.

Среди производств, не имеющих явных нарушений установленных показателей качества, целесообразно выделить те, в которых эти показатели изменяются в широких пределах. Для них соответствующая подцель формулируется, как стабилизация показателей качества.

Цели повышения качества продукции следует дифференцировать далее с учетом возможностей и потребностей, выделив, в частности, продукцию с широким диапазоном требований к качеству (в этом случае желательно расширить сортовые различия), продукцию, повышение качества которой не повлияет на категорию качества, и продукцию, которую в результате повышения качества можно аттестовать по высшей категории.

Развитие ассортимента продукции также чаще всего правомерно рассматривать как повышение её потребительских свойств, т. е. улучшение качества. Здесь может иметь место замена устаревших образцов или постановка на производство новых, удовлетворяющих тем же потребностям. Лишь в редких случаях, когда новая продукция предназначена для удовлетворения принципиально новых потребностей, развитие ассортимента можно рассматривать, как самостоятельную подцель 3-го ранга.

Подцель 1.1.3. Улучшение динамических (временных) характеристик производства представляет собой подцель, выражающую характерный для системного анализа принцип, в соответствии с которым функционирование систем рассматривается не только в статике, но и в динамике, т. е. с учетом фактора времени. В свою очередь, эту подцель можно дифференцировать на две подцели младшего ранга. Первая относится к текущей деятельности и состоит в *улучшении ритмичности поставок продукции*, в том числе в сокращении интервалов между поставками и строгом соблюдении графика. Вторая временная характеристика связана с *ускорением реакции производства на изменение спроса* (потребности). Эту подцель нередко упускают, хотя она имеет принципиальное значение для устранения дефицита продукции и обеспечения оптимальных пропорций развития общественного производства.

Дальнейшее дезагрегирование указанных подцелей зависит от постановки анализируемой проблемы и конкретных условий ее решения.

Подцель 1.2. Достижение социальных целей. Здесь правомерно сразу же выделить две крупных группы целей: *экологические* и локальные, относящиеся к *социальному развитию коллектива* данного предприятия.

Подцель 1.2.1. Экологические цели, достижение которых связано с природоохранными мероприятиями, а следовательно, имеет народнохозяйственное или, во всяком случае, региональное значение. Эта группа целей особенно актуальна для химических предприятий. Ее дальнейшая декомпозиция связана с особенностями

технологии, но в первом приближении может дать две группы подцелей, направленных соответственно на охрану воздушного и водного бассейнов.

Подцель 1.2.2. Социальное развитие коллектива. Эту цель можно рассматривать, как реализацию мер, направленных на достижение (в рамках коллектива работников и членов их семей) главной цели социалистического общества. Именно поэтому на структуре этой группы целей мало сказывается специфика предприятия. Ее детальную декомпозицию можно найти в многочисленных руководствах по планированию социального развития коллектива.

Подцель 1.3. Экономия текущих затрат ресурсов всех видов. Этот фрагмент дерева целей отражает в основном текущие затраты на производство. При решении проблем, направленных на достижение социальных целей предприятия, в этом фрагменте должны быть также учтены все виды регулярных (ежегодных) затрат, связанных не только с производством, но и с решением социальных задач.

При экономическом анализе производственной деятельности используется несколько видов классификации текущих затрат на производство [56]. Выбор той или иной структуры затрат при построении дерева целей целиком зависит от постановки прорабатываемой проблемы, в том числе определяется условиями взаимного соизмерения этих затрат и их сопоставления с конечными результатами.

Наиболее распространенной является группировка затрат по экономическим элементам и калькуляционным статьям.

Дифференциация затрат *по экономическим элементам* используется при проработке проблем, на решение которых не влияет локализация затрат (в основном производстве, во вспомогательном или в обслуживающих подразделениях). Здесь важны лишь суммарные поэлементные затраты (сырье, основные материалы, полуфабрикаты или комплектующие изделия, вспомогательные материалы, топливо, энергия, заработная плата основная и дополнительная, отчисления на социальное страхование, амортизацию основных фондов, и пр.). Обычно такая структура затрат используется для решения проблемы в масштабах предприятия или более крупных социально-экономических систем (подотрасль, отрасль).

При анализе отдельных производств чаще используется структура затрат *по статьям калькуляции.* В таких случаях себестоимость продукта учитывает перечисленные выше элементы затрат только в данном производстве (без амортизационных отчислений), а также определенную долю остальных затрат предприятия, связанных с подготовкой, освоением и обслуживанием производства в масштабах цеха и предприятия в целом (расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, цеховые расходы, потери от брака, общезаводские расходы, внепроизводственные расходы по сбыту продукции и др.).

Для решения некоторых задач и проблем может быть принята специфическая дифференциация затрат на зависящие от выбора решения (переменные) и не зависящие от него (условно-постоянные), причем для отдельных задач такое разделение может не совпадать с общепринятым содержанием этих понятий, используемым при калькулировании себестоимости.

Так, например, амортизационные отчисления обычно относят к условно-постоянным затратам, не зависящим от объема выпуска продукции. Вместе с тем при решении задач, связанных с выбором материала для оборудования, а также температурного режима или состава исходных продуктов, влияющих на коррозионные процессы, амортизационные отчисления следует рассматривать, как переменные затраты [65, с. 51].

С другой стороны, задача выбора режима в производстве продукта В может служить примером обратной ситуации, когда в конкретных частных условиях фактически оставались условно-постоянными энергозатраты, которые при калькулировании себестоимости обычно рассматриваются как переменные (см. с. 65).

Подцель 2.2. Экономия единовременных затрат. Так же как и текущие, они должны быть подразделены на зависящие от варьируемых параметров системы (изменяющиеся) и не зависящие. Дальнейшей декомпозиции подлежат только изменяющиеся затраты, причем принцип дифференциации, т. е. признаки, по которым выделяются группы затрат, тоже определяется конкретной постановкой проблемы, подлежащей решению, в первую очередь структурой лимитированных ресурсов.

В ходе решения проблем перспективного планирования нередко можно ограничиться общепринятой технологической структурой капитальных вложений (строительно-монтажные работы, оборудование, проектирование, прочие затраты). При дальнейшей декомпозиции основных статей единовременных затрат целесообразно ориентироваться на более детальную их структуру, принятую при планировании капитальных вложений [57, с. 417].

Кроме общепринятой детализации структуры капитальных вложений по видам строительно-монтажных и проектных работ, а также по группам оборудования, для дальнейшей их декомпозиции могут быть использованы другие их признаки, играющие важную роль в ходе решения конкретной задачи.

При анализе вариантов технического развития производственной базы, а также при контроле за ходом поставок нередко оказывается важным подразделять оборудование не только по его видам, но и по поставляющим ведомствам.

При необходимости затраты на проектные и проектно-изыскательские работы рассматриваются также дифференцированно по проектным организациям (генпроектировщик и субподрядчики) с учетом ограничений по их загрузке, срокам выполнения и влиянию на эти факторы вариантов решения проблемы.

При решении некоторых проблем важна дифференциация единовременных затрат не по их видам (или не только по видам), а с учетом распределения во времени. Такой подход используется, когда капитальные вложения для их взаимного соизмерения и сопоставления с экономией единовременных затрат приводятся к единому моменту времени (например, к вводу производства в действие). Приведение, или так называемое дисконтирование, производится по закону сложных процентов:

$$K_i^{\text{пр}} = \sum_t K_{it}(1 + E_{\text{пр}})^{t_{\text{п}} - t} \tag{2.8}$$

где $K_i^{\text{пр}}$ — суммарные разновременные капитальные вложения по i-му варианту, приведенные к одному году ($t_{\text{п}}$); K_{it} — капитальные вложения по i-му варианту в t-том году; $t_{\text{п}} - t$ — период (в годах) от t-го года, в котором были произведены затраты, до момента приведения $t_{\text{п}}$ (в данном случае $t_{\text{п}}$ — год ввода объекта); $E_{\text{пр}}$ — норматив для приведения затрат, значение которого принято равным 0,08 [57, с. 442].

При декомпозиции единовременных затрат нередко важно бывает учесть их целевую направленность в тех пределах, в которых это возможно.

Смысл такого подхода поясним примером.

Пример 2.3. Допустим, что рассматривается несколько вариантов совершенствования технологии некоторого химического производства, причем при реализации всех или некоторых вариантов будут одновременно достигнуты многие подцели, в том числе рост объема выпуска продукции, улучшение его качества, высвобождение части производственного персонала, экономия сырья и др. Значительная часть единовременных затрат по каждому из вариантов обусловлена общим минимально необходимым комплексом работ по переходу на новую технологию и не может быть отнесена к достижению определенной подцели. Вместе с тем некоторые доли затрат (по одному или нескольким вариантам) можно рассматривать как направленные на достижение частных подцелей. Так, механизация загрузки сырья была предусмотрена для расширения фронта обслуживания аппаратов, а следовательно, для высвобождения части производственных рабочих. Установка дополнительной ректификационной колонны намечена только для улучшения очистки продукта и т. д.

В подобных случаях при сравнении вариантов реконструкции производства может оказаться целесообразным провести декомпозицию единовременных затрат на такие, например, группы:

общие затраты на реконструкцию;

затраты, связанные только с повышением качества продукции;

затраты, связанные только с высвобождением производственного персонала.

Такая структура единовременных затрат, учитывающая их целевую направленность, позволяет рассматривать каждый из вариантов реконструкции не как жесткую альтернативу, т. е. дает возможность локального соизмерения подцелей и уточнения целесообразности (эффективности) отдельных независимых компонентов соответствующего варианта решения.

* *
*

На примере промышленного предприятия и его производств мы рассмотрели основные соображения, которыми целесообразно руководствоваться при систематизации внутренних подцелей рассматриваемой производственной системы, исходя из текущего ее состояния. Результаты такой декомпозиции нельзя считать законченным деревом целей. Необходимо учесть также влияние внешних связей системы и отдаленных результатов принимаемых решений.

2.2.3. Анализ влияния внешних связей и отдаленных результатов принимаемых решений

Из рассмотренного выше принципа системного единства целей (см. с. 17) вытекает правило, которое важно соблюдать на всех этапах решения проблемы, в том числе и при выявлении подцелей.

Решая проблему применительно к одной из систем, необходимо учитывать влияние принятого решения на функционирование системы старшего ранга, оказываемое за счет внешних связей рассматриваемой системы.

В общем случае внешними связями промышленных систем являются их «входные» и «выходные» материальные, энергетические и информационные потоки, а влияние принимаемого решения на смежные системы проявляется в основном за счет материальных связей, т. е. количества и качества потребляемых ресурсов и производимой продукции или услуг. Особого рассмотрения заслуживает также учет фактора времени во внешних связях.

Анализ внешних материальных связей системы предусматривает проверку того, влияет ли принимаемое решение на экономику поставщиков и других пользователей ресурсов, с одной стороны, и экономику потребителей продукции — с другой. Если да, то в чем и при каких условиях это сказывается?

Пример 2.4. Применительно к нашему примеру 2.1 (выбор режима в производстве продукта В окислением сырья Б) учет влияния внешних материальных связей означает анализ и количественную оценку последствий изменения:

объема потребления сырья Б;

объема производства продукта В;

качества продукта В.

Если сырье и продукт не дефицитны, а потребление данным производством сырья Б составляет незначительную долю его общего баланса, то последствия изменения объемов потребления сырья и производства продукции могут быть учтены экономическим расчетом в рамках данного производства.

Совсем иное положение складывается при более напряженных внешних материальных связях. Если продукт В дефицитен, т. е. объем его производства не полностью удовлетворяет народнохозяйственную потребность, то переход на более производительный режим позволит сократить ущерб от недопоставки этого продукта.

С другой стороны, форсированный режим связан с увеличением потребления сырья. При его дефицитности это сказывается на обеспечении остальных потребителей. При ограниченном потреблении, а тем более при отсутствии других потребителей этого сырья, режимы производства-поставщика и производства-потребителя оказываются взаимосвязанными еще более жестко.

По поводу необходимости учета дефицитности продукта и сырья нам могут возразить, что в данной задаче речь идет не о выборе плана производства (который должен быть обеспечен и сырьем, и сбытом), а о выборе производственной мощности, под которой понимается лишь «максимально возможный годовой (суточный, сменный) выпуск продукции при полном использовании производственного оборудования, производственных площадей, при применении передовой технологии и научной организации производства и труда» [62]. Однако это возражение отнюдь не исключает существенного влияния дефицитности продукции и сырья на решение поставленной задачи. В самом деле, допустим, что потребность народного хозяйства в продукте В удовлетворяется не полностью и перспективными планами развития отрасли намечается создание новых мощностей по его производству. Эти планы развития формируются на основании *баланса производственных мощностей*, т. е. зависят, в том числе, и от мощности $M_в$, величина которой будет определена в результате решения поставленной перед нами задачи. Поэтому правомерно считать, что выбор в качестве номинального, более форсированного режима для данного предприятия соответственно сократит единовременные (капитальные) вложения $K_в$ в создание новых мощностей по производству продукта В.

Кроме того, форсирование режима на действующем производстве дает дополнительный выигрыш во времени по сравнению с вариантом строительства нового производства, так как позволяет устранить (или, во всяком случае, сократить) ущерб для народного хозяйства, обусловленный дефицитностью продукта В, не ожидая ввода в действие новых производств.

Обобщая соображения, изложенные в ходе рассмотрения примера, можно заключить, что учет внешних материальных связей промышленной системы требует анализа и количественной оценки экономических последствий не только изменения качества продукции и ресурсов, но и их *дефицитности*. При этом необходимо отметить, что последний аспект (т. е. экономические последствия дефицитности) отражен в литературе значительно меньше, чем экономический аспект качества.

Суть учета экономических последствий дефицитности продукта и ресурсов связана с оценкой удельного ущерба, т. е. дополнительных потерь (затрат), обусловленных недопоставкой народному хозяйству каждой единицы продукции или ресурса в условиях дефицита. К методическим вопросам определения таких оценок мы еще вернемся в разделах 2.4.3 и 4.3.3, а пока рассмотрим, как надлежит учесть влияние принимаемых решений на внешние материальные связи, если мы располагаем такими оценками удельного ущерба У, руб/т.

Увеличение выпуска дефицитной j-той продукции на ΔA_j, т/год позволяет получить в народном хозяйстве следующую дополнительную экономию (в руб.):

а) единовременных затрат (капитальных вложений) на развитие производственных мощностей

$$-\Delta K_j^н = \Delta A_j k_j \qquad (2.9)$$

где k_j — удельные капитальные вложения для намеченных к строительству производств данного j-го продукта, руб. год/т;

б) текущих затрат (потерь), связанных с дефицитностью j-го продукта в течение периода T лет от момента увеличения выпуска до ввода в действие новых производств

$$\Delta Э_j^д = \Delta A_j У_j T \tag{2.10}$$

Соответственно сокращение выпуска дефицитной продукции обусловит такие же дополнительные единовременные и текущие затраты (потери).

Рост потребления дефицитного i-го ресурса, обусловленный увеличением нормы расхода (N_{ij}) или объема производства (A_j) обусловит следующие дополнительные затраты (потери) в народном хозяйстве (в рублях):

а) единовременные (сопряженные) капитальные затраты на развитие мощностей по производству дефицитных ресурсов

$$\Delta K_i^с = k_i \sum_j \Delta A_j N_{ij} \tag{2.11}$$

где k_i — удельные капитальные вложения для намеченных к строительству производств данного ресурса i-го вида.

б) текущие затраты (потери), обусловленные дефицитностью ресурсов в течение периода T лет от момента увеличения их потребления в производстве j-го продукта до ввода новых производственных мощностей

$$-\Delta Э_i^д = T У_i \sum_j \Delta A_j N_{ij} \tag{2.12}$$

Таково в общих чертах влияние внешних материальных связей производственного объекта на состав и значение регулярных и единовременных затрат, изменение которых должно быть учтено в ходе выбора решения проблемы. В общем случае влияние внешних связей системы, в которой реализуется принимаемое решение, может быть значительно шире. Для их учета необходимо тщательно проанализировать все входные и выходные материальные, энергетические и информационные потоки системы. Особое внимание следует обратить на анализ информационных связей, так как их влияние на эффективность функционирования системы менее очевидно и менее привычно, чем изменений материальных и энергетических потоков.

Информационные связи играют основную роль в управлении системами; для некоторых систем, таких, например, как научно-исследовательские и проектные институты, роль информации не ограничивается сферой управления, поскольку именно информация составляет их основную «продукцию» (научно-технические решения, проектно-сметная документация и др.).

Важность анализа информационных потоков можно проиллюстрировать и на нашем примере 2.4. В самом деле, дополнить состав подцелей сопряженными капитальными вложениями нам удалось главным образом потому, что мы проследили за использованием информации о найденных значениях производственной мощности $M_в$ и нормы расхода сырья $N_{гв}$ и учли, что эта информация послужит исходной не только для формирования текущих планов производ-

ства и материально-технического снабжения, но и для баланса производственных мощностей в ходе перспективного планирования развития отрасли.

Фактор времени во внешних связях системы. Влияние внешних связей системы на народнохозяйственную эффективность ее функционирования обусловлено не только составом и объемом материальных, энергетических и информационных потоков, но и их временны́ми характеристиками, в том числе своевременностью и ритмичностью выдачи конечных результатов. Частные проявления этих требований мы уже учли, когда ввели в состав подцелей предприятия улучшение ритмичности поставок и ускорение реакции на изменения потребности в качестве, количестве и ассортименте продукции. Хотелось бы подчеркнуть, что временны́е характеристики внешних связей имеют более широкое значение, и в каждом конкретном случае надо стремиться получить количественную оценку народнохозяйственной экономии или ущерба, обусловленных изменениями этих характеристик.

Так, например, нарушение сроков разработки институтом технологии производства, ввод которого в действие предусмотрен перспективным планом развития отрасли, может привести к срыву сроков строительства и ввода мощностей или (при наличии соответствующих предложений на мировом рынке) к вынужденному решению о закупке по импорту либо лицензии, либо производства в целом.

Нарушение сроков поставки продукции наносит существенный ущерб не только непосредственному ее потребителю, но и многим звеньям народного хозяйства (по стадиям дальнейшей переработки). Наоборот, рост ритмичности поставок и гарантия этой ритмичности позволяют потребителю уменьшить страховые запасы и соответственно сократить оборотные средства.

Рассматривая вопрос о временны́х характеристиках внешних связей, хотелось бы подчеркнуть значение своевременной выдачи конечных результатов и высказаться против огульного требования сокращения сроков без проверки эффективности такого сокращения.

Известное латинское изречение «Bis dat, qui cito dat!» (вдвойне дает тот, кто дает скоро) далеко не всегда оправдывается в деловых взаимоотношениях. Нередко бывает так, что какая-нибудь лаборатория исследовательского института взяла обязательство выдать досрочно результаты исследований, не проверив, есть ли конкретная польза в таком сокращении сроков; в итоге эти досрочные результаты будут пылиться на полках, потому что сроки их использования запланированы опытным заводом или проектным институтом, а их скоординированный пересмотр никто не обсуждал и не согласовывал.

Известны и менее безобидные казусы. Одно из наших машиностроительных предприятий выполняло заказ зарубежной фирмы на поставку оборудования. Руководители предприятия по собственной инициативе призвали коллектив выполнить заказ досрочно. Оборудование было отгружено на 4 месяца раньше срока, установленного договором, а вскоре от фирмы поступил счет за непредвиденные расходы на строительство склада, консервацию и реконсервацию оборудования, которое поступило на площадку до окончания строительства предусмотренных для него производственных помещений.

Так что правильнее было бы ориентироваться не на приведенное выше латинское изречение, а на русскую поговорку: «Хороша ложка к обеду!».

Отдаленные последствия решения проблемы. Рассматривая основные принципы системного подхода к решению проблем, мы отмечали необходимость прогнозировать и учитывать достаточно отдаленные последствия принимаемых решений. Из этого принципа вытекает следующая рекомендация.

В ходе анализа проблемы необходимо определять состав подцелей и оценивать степень их достижения не только ориентируясь на состояние системы (объекта) в момент принятия решения, но и исходя из прогноза ее развития, изменения ее внешних связей, а также учета отдаленных последствий принимаемых решений как на конечные результаты, так и на все виды затрат и потерь.

Это правило предъявляет определенные требования практически ко всем этапам системного анализа, поэтому мы будем неоднократно к нему возвращаться. Здесь же ограничимся лишь рассмотрением мер по его соблюдению в ходе построения «дерева целей». Конкретные меры, обеспечивающие выполнение изложенного правила, в значительной степени зависят от масштабов объекта и разрабатываемой проблемы. При разработке крупной целевой программы отраслевого или межотраслевого значения необходим прогноз развития на длительную перспективу (10—15 лет) как объекта анализа, так и смежных систем, с которыми связан объект своими входными и выходными материальными, энергетическими, информационными потоками. Методические вопросы прогнозирования рассматриваются в работах [57—61].

При решении частных организационных и организационно-технических задач может оказаться достаточным рассмотреть последствия принимаемых решений на ближайшие 3—4 года, а иногда и на более короткий срок. Так, например, в рассмотренном примере 2.1 по выбору мощности для производства продукта В учет последствий принимаемого решения означает необходимость выявления таких конечных результатов и затрат, на которые может оказывать влияние изменение температурного режима и нагрузки не в ходе тех балансовых испытаний, результаты которых представлены в качестве исходных данных для решения задачи (см. рис. 7), а через несколько месяцев или лет после работы производства в принятых условиях.

Выполнить такой анализ достаточно полно можно лишь на конкретном производстве, где хорошо изучены весь технологический процесс, а также организация производства и труда.

На данном условном примере 2.1 представляется возможным лишь приблизительно наметить перечень вопросов, подлежащих уточнению в ходе анализа последствий изменения режима. К таким вопросам можно отнести:

а) влияние температурного режима и нагрузок на изменение свойств катализатора, его производительность, селективность, межрегенеративный пробег (если катализатор регенерируется), срок службы, на эффективность извлечения ценных компонентов из отработанного катализатора и т. д.;

б) резерв производительности на остальных стадиях производства и влияние длительной работы в условиях повышенных температур и нагрузок на экономические показатели технологических процессов (например, такие явления, как постепенное снижение полноты улавливания продукта, смолообразование и т. д.);

в) влияние температурного режима и нагрузок на параметры оборудования всех стадий производства, в том числе на его

надежность, межремонтный пробег, затраты по статье «расходы на содержание и эксплуатацию оборудования»;

г) перспективы достаточно эффективной утилизации тепла (при существенном его увеличении), в том числе влияния погодных и сезонных условий на эффективность утилизации.

Перечисленные вопросы, подлежащие уточнению, приведены лишь в качестве иллюстрации того, что анализ возможных последствий решения должен быть выполнен глубоко, требует тщательного изучения объекта и прогнозирования его поведения в достаточно отдаленном будущем.

Рассматривая влияние внешних связей системы на состав ее подцелей, мы отмечали такие факторы, как дефицитность сырья Б и продукта В, влияние качества продукта на эффективность его последующей переработки. В данном случае учет отдаленных последствий решения проблемы означает необходимость учитывать перспективы изменения перечисленных факторов влияния внешних связей хотя бы в ближайшие годы.

Недостаточно полный учет возможных последствий принимаемых решений может привести к выбору ошибочных путей. Нередко после того, как неблагоприятные последствия уже проявили себя и ошибочность принятого варианта стала очевидной, лица, принимавшие решение, оправдываются возникновением непредвиденных обстоятельств или удивляются: кто бы мог предполагать?

В действительности же тщательный и своевременный системный анализ проблемы, выполненный до принятия решений, позволяет предвидеть многие из так называемых «непредвиденных обстоятельств» и оценить вероятность их появления.

Краткие выводы

1. Совокупность целей системы имеет иерархическую структуру, построение и анализ которой следует осуществлять методом последовательного разделения (декомпозиции) более общих целей на их составляющие, обеспечивая полноту выявления подцелей и их взаимное соответствие по уровню в иерархии (по рангам).

2. Результаты декомпозиции удобно фиксировать в виде так называемого «дерева целей», которое оформляется либо в виде графа иерархической структуры, либо в виде таблицы, обозначение строки которой определяет место подцели в иерархии.

3. Для проблем, проработка которых осуществляется силами одной организации, декомпозиция целей выполняется главным образом, чтобы обеспечить полное выявление аргументов целевой функции. В таких случаях в состав «дерева целей» следует включать только собственно цели. Выявление и систематизацию путей достижения целей (подпроблем) целесообразно выделить в качестве самостоятельной процедуры, выполняемой после построения «дерева целей» и при условии его использования.

4. В составе «дерева целей» следует избегать сложных показателей, представляющих собой отношение или другую функцию более простых показателей.

5. Основными подцелями (1-го ранга) промышленной системы являются конечные результаты ее основной деятельности, результаты решения социальных задач, снижение всех видов текущих и единовременных затрат. Декомпозицию этих основных подцелей следует осуществлять с учетом специфики системы и сущности прорабатываемой проблемы, детализируя те подцели, на степень достижения которых может повлиять решение рассматриваемой проблемы.

6. При построении «дерева целей» должны быть выявлены и учтены:

рост и снижение всех видов затрат и потерь в народном хозяйстве за счет внешних связей системы;

перспективы развития системы, возможные изменения ее внешних связей с течением времени и отдаленные последствия принимаемых решений.

2.3. СИСТЕМА ОГРАНИЧЕНИЙ

Система ограничений является результатом формализации условий решения проблемы, в том числе касающихся обеспечения ресурсами, сроков выполнения работ, определенных требований к ожидаемым результатам и др.

Некоторые ограничения, наложенные на варьируемые переменные, могут позволить исключить их из числа аргументов целевой функции. Исходя из этого, формирование системы ограничений следует выполнять сразу же после выявления подцелей, т. е. до окончательного формирования целевой функции.

2.3.1. Виды ограничений

В основе построения системы ограничений лежит анализ допустимых или необходимых условий функционирования системы, а также исходных данных и требований к решению проблемы.

Чтобы упорядочить этот анализ, целесообразно пользоваться классификацией ограничений по ряду признаков, в первую очередь, по характеру устанавливаемых ими требований, затем по степени обязательности их выполнения, влиянию на эффективность функционирования системы, а следовательно, и на состав аргументов целевой функции.

Ограничения вида неравенства и равенства. По характеру требований к значению или области значений соответствующих параметров системы и степени достижения отдельных подцелей различают: ограничения вида неравенств и ограничения вида равенств.

Ограничения вида неравенств определяют реальную (допустимую) область значений соответствующих параметров. Примерами ограничений такого вида могут служить:

а) ограничения s-го показателя качества для i-го продукта предусмотренные нормативно-технической документацией

$$q_{is} \leqslant (Q_{is})_{\max} \text{ или } q_{is} \geqslant (Q_{is})_{\min}$$

б) ограничение на использование любого лимитированного i-го ресурса производства продукции

$$\sum_j A_j N_{ij} \leqslant G_i \tag{2.13}$$

где N_{ij} — норма расхода i-го ресурса в производстве j-го продукта,

в) ограничения, свидетельствующие о том, что данный аргумент не может иметь отрицательных значений: $y_j \geqslant 0$.

Ограничения вида неравенств могут использоваться также для выделения области значений параметров, имеющей одновременно максимальные и минимальные предельные значения. Примерами ограничений такого вида в нашей задаче выбора режима может служить запись

$$334°\text{C} \leqslant t \leqslant 380°\text{C}$$

Здесь верхний предел температур обусловлен требованиями надежности технологического режима и стабильности катализатора, а нижний соответствует предельному содержанию примесей в продукте ($q = q_{\max} = 0{,}03\ \%$).

Ограничения вида равенств устанавливают единственное необходимое значение переменных или их функции. Примером ограничения такого вида может служить плановое задание на производство продукта, имеющего ограниченное потребление. Задание это должно быть выполнено, но его не следует перевыполнять:

$$A_j = (A_j)_{\text{пл}} \tag{2.14}$$

Жесткость ограничений. По обязательности выполнения (жесткости) требований ограничения можно разделить на две основные группы:

жесткие (обязательные);

подлежащие уточнению в ходе решения проблемы.

Жесткими принято считать такие ограничения, выполнение которых при выборе решения рассматривается как обязательное. К числу жестких ограничений относятся все требования безопасности труда, окончательно установленные лимиты ресурсов, плановые задания и т. д. Примером жесткого ограничения может служить также приведенное выше ограничение по качеству продукта в задаче выбора режима.

Подлежащими уточнению будем именовать такие ограничения ресурсов и конечных результатов, которые на каждом промежуточном этапе выбора решений рассматриваются как жесткие, но по результатам этого этапа могут быть пересмотрены и уточ-

нены при участии представителя уровня управления, компетентного в таком пересмотре. Так, например, при разработке плана мероприятий по решению той или иной проблемы, как правило, руководствуются предварительно выделенными лимитами по капитальным вложениям, оборудованию, услугам строительно-монтажных организаций и другим ресурсам. Однако результаты проработки могут служить основанием для пересмотра этих ограничений, если будет убедительно показано, что дополнительные лимиты будут реализованы более эффективно, чем при их использовании в других направлениях.

В ходе решения нередко уточняются и те требования, которые устанавливают определенную степень достижения целей (так называемые целевые ограничения). Так, при формировании плана производства по группе продукции $\{A_i\}$ область значений плана по каждому продукту зачастую бывает ограничена и сверху и снизу:

$$\alpha_i P_i \leqslant A_i \leqslant P_i \qquad (2.15)$$

Это означает, что план не может превышать заявленную потребность P_i в данном продукте, но вместе с тем должен удовлетворить ее на менее, чем на некоторую долю α_i (например, $\alpha = 0{,}95$).

Как верхнее, так и нижнее ограничение рассматриваются в ходе многовариантных расчетов по формированию плана, чаще всего, как подлежащие уточнению. Верхнее ограничение может быть пересмотрено, например, при выявлении возможностей экспорта продукта. Нижнее ограничение по одному из продуктов может быть пересмотрено в сторону снижения ради соответствующего повышения степени удовлетворения потребности в другом продукте, имеющем более высокий приоритет.

Влияние ограничений на состав аргументов целевой функции. Следует различать ограничения значений переменных, позволяющие исключать их из состава аргументов целевой функции и ограничения, содержащие аргументы целевой функции.

Исключение переменной из состава целевой функции (когда это возможно) позволяет упрощать выражение этой функции, точнее, осуществить переход к более простому критерию оптимальности. Процедура пересмотра (сокращения) состава выявленных ранее аргументов целевой функции не является обязательной, поскольку она не влияет на выбор оптимального решения.

Естественно, что исключать из состава аргументов следует те, значения которых заданы ограничениями вида равенства, такими, как, например (2.14).

Исключение из целевой функции аргументов, которые входят в ограничения вида неравенства, правомерно только тогда, когда изменение переменной в допустимых пределах не влияет на эффективность функционирования системы. К сокращению аргументов целевой функции следует подходить особенно осто-

рожно, учитывать внешние связи системы и фактор времени. Так, если к изменению качества продукта в пределах допустимых значений подойти с позиций хозрасчетных интересов только предприятия-изготовителя, то этот параметр не должен фигурировать в составе целевой функции. В то же время, как будет показано в разд. 2.4.3, такой вывод зачастую бывает ошибочным.

Следует также избегать распространенных ошибок, при которых выбор наивыгоднейшего компромисса между подцелями неоправданно подменяется исключением переменных из целевой функции, взамен чего для них устанавливаются ограничения типа неравенства.

Характерным примером такой подмены может служить часто встречавшаяся при выборе режима попытка заменить критерий максимума прибыли критерием минимума себестоимости но с ограничением, согласно которому объем выпуска продукции должен быть равен установленному планом или превосходить его ($A \geqslant A_{пл}$). Легко показать, хотя бы на примере режимных характеристик, представленных рис. 7, что такому требованию будет удовлетворять единственный режим $A = A_{пл}$. В самом деле, требование минимизации затрат исключает в данном случае превышение ограничения. Таким образом, задача выбора оптимального режима, в том числе оптимального планового задания, была подменена волевым установлением плана. Ограничение вида неравенства фактически превратилось в ограничение вида равенства. При внешнем сохранении видимости оптимизационной задачи, выбор режима был предопределен субъективным волевым решением.

Обобщая этот пример, можно сделать следующий вывод. Исключить переменную из состава целевой функции по той причине, что на ее значение наложено ограничение вида неравенства, правомерно, лишь когда заранее можно установить, что заданное предельное значение не может оказаться решением задачи.

2.3.2. Выбор численных значений ограничений, проверка их непротиворечивости

Численные значения параметров и коэффициентов, входящих в ограничения, чаще всего непосредственно вытекают из постановки задачи и отражают объективные исходные условия, в которых предстоит найти наилучшее решение проблемы. Вместе с тем в состав ограничений нередко вводят и установленные предварительно некоторые требования к результатам решения (целевые ограничения). Во всех таких случаях выбор предельных численных значений параметров и экономико-математическая сущность ограничений должны быть подвергнуты тщательной проверке на реальность. Такую проверку можно разделить на неформальную и формальную.

Неформальной проверкой будем называть ту, которая не может быть выполнена расчетными методами, поскольку она не связана непосредственно с экономико-математической моделью. К числу ограничений, подлежащих неформальной проверке, зачастую относят требования к срокам выполнения работ или другие условия, реальность которых подлежит экспертной оценке.

Формальная проверка реальности выполнения принятых ограничений — это проверка их непротиворечивости.

Пример 2.5. В качестве примера проверки и обеспечения непротиворечивости системы ограничений рассмотрим задачу формирования производственного плана предприятия. Решение этой задачи предусматривает выбор объемов выпуска продукции $\{A_i\}$ при заданных ограничениях по производственным мощностям $\{M_j\}$, сырью и другим видам ресурсов $\{G_i\}$, где $i=1, 2, \ldots, m$:

$$A_j \leqslant M_j \qquad (2.16) \qquad \sum_i A_i N_{ij} \leqslant G_i \qquad (2.17)$$

Целевые ограничения для области значений искомых плановых объемов выпуска продукции были уже рассмотрены выше [см. неравенство (2.15)]

Без должной предварительной проверки ограничение (2.15) может оказаться невыполнимым, т. е. противоречащим ограничениям по производственным мощностям (2.16) или по ресурсам (2.17). Это означает, что мощностей или выделенных ресурсов может не хватить даже для достижения минимальной заданной степени удовлетворения потребности $\alpha_i P_i$ по всему ассортименту продукции, т. е. для некоторых видов продукции и сырья не будут выполняться условия

$$\alpha_i P_i \leqslant M_i \quad \text{или} \quad \sum_i \alpha_i P_i N_{ij} \leqslant G_i \qquad (2.18)$$

Восстановить непротиворечивость ограничений можно, либо пересмотрев в сторону снижения степень удовлетворения α_i потребности в некоторых продуктах, либо пересмотрев в сторону увеличения лимиты G_i на соответствующие виды ресурсов (например, за счет закупки по импорту недостающего количества отдельных видов сырья, полупродуктов или продукции).

Обеспечить непротиворечивость системы ограничений можно, не только изменяя численные значения параметров в принятых ограничениях, но и вводя в целевую функцию дополнительные переменные (аргументы), позволяющие исключить возможность формальной противоречивости системы ограничений.

Реализацию этого способа удобно показать на примере рассмотренных выше условий (2.18). Тогда среди мер по восстановлению непротиворечивости ограничений мы отметили возможность закупки по импорту недостающего количества сырья или продукции.

Оба эти варианта сведения баланса можно отразить в экономико-математической модели формирования плана (т. е. в совокупности ограничений и целевой функции), если ввести дополнительные переменные: объем закупок по импорту ресурсов G_i'' и продукции (A_i''). Тогда ограничение по ресурсам (2.17) можно заменить новым:

$$\sum_i A_i N_{ij} \leqslant G_i + G_i'' \qquad (2.19)$$

Соответственно вместо ограничения (2.15) условие необходимого удовлетворения потребности примет следующий вид:

$$A_i + A_i'' \geqslant \alpha_i P_i \qquad (2.20)$$

Система ограничений (2.19) и (2.20) исключает возможность их невыполнимости, если не будет введено новое ограничение на суммарный объем затрат по импорту. В то же время чтобы использованный нами прием обеспечения непротиворечивости ограничений не обусловил слишком широкого использования закупок по импорту, новые переменные G_i'' и A_i'' вводятся в целевую функцию с достаточно высокими ценами.

В заключение необходимо отметить, что математические методы решения оптимизационных задач, как это будет показано в разд. 4.3.3, позволяют наглядно оценить влияние принятых ограничений на эффективность решения с помощью так назы-

ваемых, двойственных оценок. При разработке решений в несколько последовательных этапов (т. е. при так называемом итерационном решении) эти оценки открывают возможность целесообразного уточнения ограничений, принятых на промежуточных этапах, при сохранении их непротиворечивости.

Краткие выводы

1. Наряду с целевой функцией система ограничений является важной составной частью экономико-математических моделей, используемых для выбора оптимальных решений проблемы.

2. Система ограничений формируется в результате формализации условий решения проблемы.

3. Ограничения (так же как условия решения проблемы) отражают объективные исходные данные и некоторые субъективные требования к решению, в том числе касающиеся степени достижения некоторых подцелей.

4. По характеру фиксации параметров системы (или степени достижения ее подцелей) различают ограничения вида равенств и вида неравенств.

5. По жесткости требований различают ограничения обязательные и подлежащие уточнению в ходе проработки проблемы.

6. Если значения переменных фиксированы ограничениями вида равенства (формально или по существу) или если их изменения в допустимых пределах, фиксированные ограничениями вида неравенства, практически не влияют на эффективность решения, то такие переменные могут быть исключены из состава аргументов целевой функции. Поэтому, как правило, формирование системы ограничений должно предшествовать окончательному построению целевой функции.

7. При формировании системы ограничений (ее структуры и фиксированных численных значений) необходимо убедиться в ее обоснованности и реальности как неформальной, так и формальной. Под формальной реальностью понимается взаимная непротиворечивость ограничений.

2.4. ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ И КРИТЕРИЕВ ОПТИМАЛЬНОСТИ

Выше, в разд. 2.1, мы установили, что целевая функция является результатом формализации цели функционирования системы. Формализовать цель — это значит уточнить состав аргументов целевой функции в ее общем выражении (2.1), выбрать вид функциональной зависимости (линейная, степенная и т. п.) и определить численные значения коэффициентов на основании соизмерения подцелей.

С приемами выявления, систематизации подцелей и уточнения состава аргументов целевой функции мы уже познакомились в предшествующих разделах этой главы. Приступим к рассмот-

рению двух остальных процедур. Отметим предварительно, что если основные результаты решения проблемы могут быть учтены на основании методик оценки социально-экономической эффективности, то к соизмерению подцелей желательно использовать расчетный подход. В противных случаях применяются эвристические или комбинированные методы.

2.4.1. Выбор вида целевой функции

Линейная целевая функция. При конкретизации общего выражения целевой функции (2.1) чаще всего стремятся представить его в виде линейной зависимости:

$$\Phi_{\text{ц}} = a_0 + a_1 y_1 + a_2 y_2 + \ \dots \ + a_n y_n + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \ \dots \ + b_m x_m \qquad (2.21)$$

Такое стремление обусловлено, главным образом, двумя причинами. Во-первых, линейная зависимость целевой функции и ограничений от варьируемых параметров позволяет использовать более простые математические методы выбора оптимальных решений. Во-вторых, линейная зависимость (2.18) оказывается более наглядной при эвристической оценке численных значений весовых коэффициентов. Исследования психологов показывают, что в процессе мышления человек использует для оценок, как правило, линейные зависимости [63].

В каких случаях правомерно применять линейную целевую функцию? В поисках ответа на этот вопрос целесообразно обратиться к выражению полного дифференциала целевой функции. В случае непрерывной дифференцируемой функции (линейной или нелинейной) нескольких независимых переменных $\Phi_{\text{ц}}(y_1, y_2, \dots, y_n, x_1, x_2, \dots, x_m)$ ее полный дифференциал имеет вид

$$d\Phi_{\text{ц}} = \frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial y_1} dy_1 + \ \dots \ + \frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial y_n} dy_n + \frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial x_1} dx_1 + \ \dots \ + \frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial x_m} dx_m. \qquad (2.22)$$

Каждая частная производная целевой функции по одному из аргументов определяет приращение эффективности системы, соответствующее единичному изменению этого аргумента при неизменных значениях всех остальных аргументов; в этом заключается их социально-экономический смысл. Если все эти частные производные остаются постоянными в области реальных значений аргументов, то, интегрируя выражение полного дифференциала (2.22), получим:

$$\Phi_{\text{ц}} = \Phi_0 + \frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial y_1} y_1 + \ \dots \ + \frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial y_n} y_n + \frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial x_1} x_1 + \ \dots \ + \frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial x_m} x_m \qquad (2.23)$$

Сопоставляя исходную линейную зависимость целевой функции (2.21) с выражением (2.23), можно сделать следующий вывод.

Линейное выражение целевой функции системы представляет собой взвешенную сумму ее аргументов, в которой роль весо-

вых коэффициентов играют частные производные функции по аргументам, количественно характеризующие значимость (удельный вклад) соответствующей подцели в достижение главной цели системы.

Возвратимся теперь к поставленному выше вопросу о правомерности использования линейной целевой функции. Ответ на него дают те три требования, с учетом соблюдения которых было получено выражение (2.23), а именно: непрерывность и дифференцируемость функции, независимость аргументов и постоянство частных производных в области реальных значений функции.

Непрерывность и дифференцируемость функции означает, что бесконечно малому приращению любого аргумента (dy_j или dx_i) соответствует также бесконечно малое приращение функции $d\Phi$. Основным признаком задач, в которых требование непрерывности функции цели не выполняется, является дискретность изменения исходных данных или результатов решения. Типичными примерами задач этого вида могут служить:

выбор типоразмеров и числа аппаратов для той или иной стадии производства;

выбор из перечня мероприятий совокупности таких, которые в пределах выделенных ограничений на лимитированные виды ресурсов обеспечивают наибольший суммарный эффект;

выбор оптимального размещения производств при заданном перечне возможных вариантов размещения.

Особенность всех перечисленных типов задач, обусловливающая нарушение непрерывности функции, состоит именно в том, что исходные данные или результаты решений могут иметь здесь только целые или, во всяком случае, совершенно определенные значения. В отличие от этих задач выбор технологического режима, уровня запасов нештучной продукции, выбор любых других показателей, изменяющихся непрерывно, а не ступенчато, может служить примером таких задач, в которых выполняется требование непрерывности целевой функции.

Независимость аргументов целевой функции означает, что правомерно рассматривать изменение любого аргумента, принимая неизменными остальные, и наоборот, что любой аргумент можно рассматривать неизменным при изменении других.

С целью проверки независимости аргументов целевой функции для каждого из них можно представить такую реальную ситуацию или такую причину, которая обусловила бы изменение только данной переменной. Так, например, можно указать многие направления совершенствования технологии, которые позволят увеличить выпуск продукции без изменения численности персонала. Однако сокращение численности персонала может быть достигнуто за счет применения механизации труда без ущерба для выпуска продукции. В таких задачах объем выпуска продукции и численность персонала правомерно рассматривать как независимые переменные.

Обычно независимость аргументов целевой функции удается обеспечить, если правильно осуществлять выбор подцелей и переход от подцелей к аргументам y_j и x_i, характеризующим степень их достижения. В первую очередь имеется в виду выполнение рекомендации не включать в состав подцелей сложные показатели (см. с. 75).

Постоянство весовых коэффициентов, т. е. постоянство частных производных целевой функции по ее аргументам, является третьим условием правомерности формирования целевой функции в виде линейной зависимости. Строго говоря, решение вопроса о выполнении этого условия определяется общими закономерностями объекта и характером зависимостей его выходных параметров от входных в диапазоне их возможных изменений. Однако даже при нелинейности этих зависимостей зачастую оказывается возможным использовать линейную целевую функцию, так как точность ее для нас важна в сравнительно узком интервале условий работы системы, а именно в окрестностях искомого оптимального режима. В этом узком интервале линеаризация характеристик, как правило, не приводит к существенной ошибке. Но чтобы убедиться в этом, необходимо проанализировать степень изменения весовых коэффициентов. При сравнительно существенных их изменениях искусственная линеаризация обусловливает иногда необходимость многоэтапного решения задачи с последовательным уточнением численности значений весовых коэффициентов на каждом этапе.

Нелинейные целевые функции и критерии оптимальности. Указанное выше основное преимущество линейной зависимости целевой функции от ее аргументов, обусловленное возможностью использовать более простые вычислительные методы, наиболее актуально для задач с большим числом варьируемых параметров и ограничений, или, как их принято именовать, для задач большой размерности. К этой категории относятся в основном лишь плановые и транспортные задачи.

При выборе оптимального решения задачи с числом варьируемых переменных в пределах десятка усложнение вычислительных операций не является, как правило, препятствием для использования нелинейных целевых функций. Рассмотрим некоторые характерные причины их применения.

Снижение неравномерности в достижении отдельных подцелей является основной из этих причин. В самом деле, если значение переменной y_j достаточно близко к желаемому ее значению $(Y_j)_0$, то оценка полезности (значимости) дополнительного приращения Δy_j зачастую будет гораздо ниже, чем в тех случаях, когда степень достижения соответствующей подцели менее благополучна. Вместе с тем линейная целевая функция не учитывает этого фактора, и ее использование может привести к существенно разной степени достижения отдельных подцелей. Избежать этого можно поэтапным пересмотром и уточнением

весовых коэффициентов с учетом найденных предварительных значений варьируемых параметров. Но этот путь может оказаться слишком трудоемким, а иногда вообще не приводит к окончательному решению, если, как принято говорить в подобных случаях, оказывается необеспеченной сходимость алгоритма.

Уменьшить разброс относительного достижения желательных (или максимальных) значений варьируемых параметров можно, используя нелинейные зависимости целевой функции от ее аргументов, в которых весовые коэффициенты уменьшаются с ростом степени достижения цели. Другим вариантом нелинейной целевой функции может служить сумма степенных функций (чаще всего сумма квадратов) отклонений варьируемых параметров от их желательных значений. Примером критерия такого типа может служить зависимость следующего вида:

$$R=\sum_{l}\alpha_l\left[1-\frac{y_l}{(Y_l)_0}\right]^2\to\min \qquad (2.24)$$

Дискретность условий и решений некоторых задач приводит к невыполнению требования непрерывности целевой функции и также является одной из причин использования нелинейных критериев. Характерными примерами задач этого типа могут служить задачи, перечисленные на с. 94. Постановка одной из них (формирование оптимального плана мероприятий) рассмотрена в подразделе 4.3.3.

Нелинейность критерия в дискретных задачах состоит в том, что в нем используются сомножители d_q, которые для каждого варианта ($q = 1,2, \ldots, Q$) могут принимать одно из двух значений: $d_q = 1$, если q-й вариант включается в формируемую совокупность, и $d_q = 0$, если q-й вариант отвергается.

Приведем один из возможных видов такого критерия:

$$R=\sum_{q}\left(\sum_{j}a_j y_{jq}d_q-\sum_{i}b_i x_{iq}d_q\right)\to\max \qquad (2.25)$$

Здесь y_{jq} и x_{iq} — значения показателей, характеризующих достижение соответствующих подцелей (j-й и i-й) при q-м варианте.

Специальные функции (степенная, логарифмическая, экспоненциальная и др.) используются в целевых функциях, если в частной конкретной задаче они наилучшим образом отражают закономерности соответствующих связей в системе. Так, если в задаче выбирается наилучший вариант организации строительства объекта, то критерием оптимальности может служить объем единовременных затрат, приведенных к одному и тому же моменту методом дисконтирования (см. выше с. 80). В соответствии с принципом дисконтирования такой критерий будет выражен степенной функцией типа (2.8).

Функционалом в математике именуют отображение функции на числовую ось. Характерным примером функционала является определенный интеграл. Выражения целевой функции,

содержащие определенный интеграл, также нередко находят применение при решении задач некоторых типов. Приведем два таких типа.

Для производства периодического (циклического) действия с изменением нагрузки на протяжении цикла ($\tau_ц$) объем выпуска продукции ($A_ц$), расход сырья ($G_ц$) или энергии за цикл будут определяться соответствующими интегралами по времени:

$$A_ц = \int_0^{\tau_ц} A(t)\,dt \qquad G_ц = \int_0^{\tau_ц} G(t)dt \tag{2.26}$$

где $A(t)$ и $G(t)$ — соответственно переменная часовая производительность и расход сырья.

Любой критерий оптимальности, учитывающий конечные результаты и затраты ресурсов в этих процессах, будет выражен функционалом, если постановка задачи связана с анализом изменения эффективности процесса на протяжении цикла, например, при выборе оптимальной длительности межрегенеративного периода каталитического процесса.

Другим примером использования критерия в виде функционала могут служить задачи, связанные со случайными событиями и вероятностью их наступления. Так, при определении оптимального уровня страховых запасов сырья важно оценить вероятность того, что запас окажется недостаточным. Обработка документов поступления сырья за длительный период и сравнение фактических сроков с договорными позволяют построить график распределения частот задержек поставки (рис. 9). Чаще всего характер распределения частот подчиняется определенному закону: $v = f(u)$. В свою очередь, вероятность того, что сырье будет поставлено позже чем через u_1 дней, после договорного срока выражается площадью под кривой распределения, т. е. интегралом:

$$p = \int_{u_1}^{\infty} f(u)\,du \tag{2.27}$$

Рассмотренные примеры позволяют заключить, что в тех случаях, когда линеаризация целевой функции оказывается неправомерной, для ее формирования могут быть использованы разнообразные нелинейные функции и функционалы.

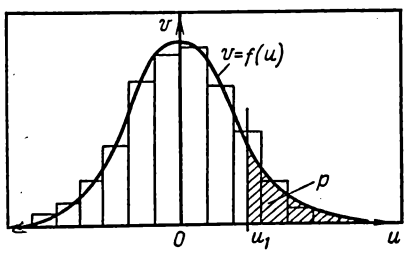


Рис. 9. Кривая распределения частот.

2.4.2. Формирование целевой функции на основе расчетной оценки эффективности производства

В разд. 2.1 на примере конкретного производства была предпринята попытка использовать расчетные оценки эффективности при выборе оптимального режима. Попытка эта привела к трем разным результатам в итоге использования трех разных целевых функций.

К сожалению, и в практике оптимизации еще применяется подобный «метод» многократного решения задачи с использованием разных критериев оптимальности, в том числе: минимума себестоимости, максимума прибыли, максимума выпуска товарной продукции, максимума загрузки производственных мощностей и т. д. Результаты расчетов по всем вариантам вручают работнику аппарата, принимающему решение, и предоставляют ему выбрать тот вариант, который покажется ему более подходящим.

С таким подходом к многовариантным решениям нельзя согласиться, особенно в химической промышленности, так как расхождения вариантов могут оказаться столь значительными, что практически сведут на нет все усилия по оптимизации. Так, например, исследования по выбору оптимального режима процесса платформинга показали, что условию минимума себестоимости отвечают минимально допустимые нагрузки, а условию максимума прибыли — предельно максимальные нагрузки [64].

Хотелось еще раз подчеркнуть, что формирование целевой функции на основе расчетной оценки эффективности означает не применение набора различных критериев, а попытку построить единственную совокупную целевую функцию, которая достаточно полно учитывала бы все основные подцели, оставляя возможность работникам аппарата дополнительно учитывать неформализуемые факторы.

Решать задачу формирования такой целевой функции будем, двигаясь «от частного к общему», т. е. начиная с отдельного производства, как элемента промышленной системы. Исходя из этого рассмотрим расчетный подход к построению целевой функции производства. При этом будем руководствоваться теми методическими положениями, которые были сформулированы и обоснованы в предыдущих разделах, т. е. уточним состав аргументов и осуществим их соизмерение.

Состав аргументов целевой функции. Основные подцели предприятия были выявлены в ходе построения примерного дерева его целей. Для определения состава аргументов целевой функции производства необходимо установить, какие подцели предприятия можно рассматривать как аддитивные (т. е. их достижение складывается из достижения соответствующих подцелей в каждом отдельном производстве). К таким подцелям можно отнести удовлетворение потребности народного хозяйства в продукции

(в ее качестве и количестве), все виды эксплуатационных затрат на производство и некоторые виды единовременных затрат. В то же время такие подцели, как развитие ассортимента продукции, решение социальных задач, единовременные затраты, связанные с развитием инфраструктуры предприятия (в том числе его вспомогательных служб) следует рассматривать как целостные, т. е. присущие собственно предприятию и не подлежащие анализу при построении целевой функции отдельного производства.

Переходя от выделенных аддитивных подцелей к параметрам, характеризующим степень их достижения, получим следующий состав основных аргументов целевой функции производства:

а) объем выпуска продукции $y_1 = A$, характеризующий степень удовлетворения потребности в количестве продукции;

б) обобщенный показатель качества $y_2 = q$, определяемый по совокупности показателей $\{q_s\}$, характеризующих удовлетворение потребности в качестве продукции [44];

в) совокупность текущих переменных затрат всех видов материальных ресурсов, используемых в производстве продукции (сырье, материалы, энергия, топливо на технологические нужды) $x_i = G_i$, где $i = 1, 2, \ldots, m$;

г) основная и дополнительная заработная плата производственного персонала с начислениями на социальное страхование, характеризующая в стоимостном выражении затраты живого труда в производстве ($x_{m+1} = З_{зп}$);

д) прочие эксплуатационные условно-постоянные затраты на производство, кроме амортизационных отчислений ($x_{m+2} = З_{пэ}$);

е) основные производственные фонды, определяющие с учетом усредненной нормы амортизации N_a амортизационные отчисления по данному производству ($x_{m+3} = K_0$);

ж) прочие изменения единовременных затрат, связанные с совершенствованием производства, а также дополнительные сопряженные капитальные вложения (или их экономия) приведенные к времени t внедрения мероприятия ($x_{m+4} = K_t$).

Показатель приведенного дохода. Чтобы конкретизировать целевую функцию, будем исходить из правомерности ее представления в виде линейной зависимости, а для соизмерения подцелей попытаемся найти экономическое содержание частных производных целевой функции по аргументам в ее общем выражении (2.23). На первых этапах анализа примем два следующих допущения:

продукцию производства и все виды используемых ресурсов будем рассматривать как недифицитные, т. е. не будем учитывать ущерб У, обусловленный дефицитностью, понятие о котором было введено выше (см. с. 82);

цены на продукцию ($Ц_A$) и все виды материальных ресурсов ($Ц_i$) будем рассматривать как правильно отражающие их экономическую значимость (вклад в эффективность функционирования системы при номинальном качестве), а следовательно,

не будем учитывать влияния изменения качества продукции в допустимых пределах.

На основании этих допущений могут быть приняты следующие значения частных производных целевой функции по ее аргументам *:

$$\frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial A} = \text{Ц}_A \qquad -\frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial G_i} = \text{Ц}_i \qquad \frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial q} = 0 \tag{2.28}$$

Текущие (регулярные) затраты живого труда и прочие эксплуатационные (условно-постоянные) затраты были приняты нами в стоимостных показателях: их экономия представляет собой непосредственный вклад в достижение цели. Поэтому их взаимное соизмерение и сопоставление с целевой функцией в целом не требует введения дополнительных коэффициентов. На этом основании можно принять:

$$-\frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial \text{З}_{\text{зп}}} = 1 \qquad -\frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial \text{З}_{\text{пэ}}} = 1 \tag{2.29}$$

Единовременные затраты, измеряемые в рублях, не могут быть непосредственно сопоставлены с текущими затратами, измеряемыми в руб/год. Как известно, основные фонды производства K_0 переносятся на стоимость продукции в соответствии с нормой амортизационных отчислений $N_{\text{а}}$ или их доли, предусмотренной на ремонтно-эксплуатационные нужды **. Соизмерять единовременные капитальные вложения K_l с регулярными затратами принято на основе нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений $E_{\text{н}}$, 1/год, величина которого обратна нормативному сроку окупаемости $T_{\text{ок}}$.

На этом основании могут быть приняты следующие значения соответствующих частных производных целевой функции:

$$-\frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial K_0} = N_{\text{р}} \qquad -\frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial K_l} = E_{\text{н}} \tag{2.30}$$

Все частные производные целевой функции по ее аргументам (2.28)—(2.30) имеют постоянные значения, а все аргументы являются независимыми переменными. Поэтому согласно условиям правомерности использования линейной зависимости целевой функции, ее общее выражение (2.23) может быть применено для решения всех задач, в которых объем выпуска продукции и все виды затрат изменяются непрерывно.

Для этих случаев общее выражение целевой функции получим, подставив в выражение (2.23) принятые выше обозначения аргументов x_i и y_j целевой функции, а также значения частных производных:

$$\Phi_{\text{ц}} = \text{Ц}_{\text{А}} A - \sum_i \text{Ц}_i G_i - \text{З}_{\text{зп}} - \text{З}_{\text{пэ}} - N_{\text{р}} K_0 - E_{\text{н}} K_l \to \max \tag{2.31}$$

---

* Для производств с несколькими видами продуктов $\frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial A_j} = \text{Ц}_j$.

** При расчетах приведенных затрат учитывается лишь доля амортизационных отчислений на ремонтно-эксплуатационные нужды $N_{\text{п}}$.

или, обозначая все текущие (эксплуатационные) затраты через $З_э$:

$$Ф_ц = Ц_A A - З_э - E_н K_l \to \max \qquad (2.32)$$

Полученный показатель именуют иногда *приведенным доходом* $Д_{пр}$ [65, 66]. Приведенным его называют потому, что из объема выпуска продукции в стоимостном выражении вычитаются не эксплуатационные затраты, а так называемые приведенные (см. выше, с. 65), представляющие собой совокупность эксплуатационных и единовременных затрат с соответствующим коэффициентом соизмерения последних.

Термин «доход» (а не более распространенный термин «прибыль») используется, чтобы подчеркнуть, что речь идет не только о прибыли предприятия, но и о вкладе предприятия в национальный доход. Практически это означает, что для продуктов, на которые установлен налог с оборота, цена $Ц_A$ в выражении (2.32) должна приниматься с учетом этого налога.

Приведенный доход можно рассматривать, как обобщенный показатель хозрасчетной эффективности производства, учитывающий все основные его подцели. Применение этого показателя оправдано при решении именно тех проблем (задач), в ходе решения которых необходим учет всех основных подцелей производства.

Частные случаи приведенного дохода. Для проблем (задач), в ходе решения которых не все аргументы целевой функции рассматриваются в качестве варьируемых переменных, оправдано применение в качестве критерия оптимальности частных вариантов показателя приведенного дохода, отличающихся более узким составом аргументов. В соответствии с рассмотренной ранее зависимостью (2.2) эти частные варианты будут отличаться от приведенного дохода постоянным сомножителем или слагаемым.

Так, при проектировании новых производств, как правило, ориентируются на заданную проектную мощность M. При этом объем производства рассматривается как величина заданная: $A = M = \text{const}$.

Таким образом, для выбора решений в ходе проектирования может быть принят критерий минимума приведенных затрат $З^{пр}$, который отличается от приведенного дохода только на постоянное слагаемое $Ц_A A = \text{const}$:

$$З^{пр} = З_э + E_н K_l \to \min \qquad (2.33)$$

На основании той же зависимости критерия оптимальности от целевой функции (2.2) выражение (2.33) можно поделить на постоянный сомножитель $A = \text{const}$. В результате получим еще одну модификацию критерия оптимальности для проблем, в которых объем выпуска продукции не входит в состав варьируемых переменных. Такой модификацией критерия (2.33) будет показатель, именуемый удельными приведенными

затратами $c^{пр}$, использованный ранее при рассмотрении примера (см. с. 65).

$$c^{пр}=\frac{З^{пр}}{A}=c+E_н k_{уд} \tag{2.34}$$

где $c=З_э/A$ — себестоимость единицы продукции; $k_{уд}=K_д/A$ — удельные капитальные затраты.

При эксплуатации действующего производства, когда капитальные вложения $K_д$ в дальнейшее его развитие или другие единовременные затраты не рассматриваются как варьируемые переменные, показатель приведенного дохода (2.32) может быть упрощен за счет исключения последнего члена $E_н K_д = \text{const}$.

Этот частный случай обобщенного показателя сводится к показателю чистого дохода или широко используемому показателю прибыли в зависимости от того, учитывает ли цена $Ц_A$ налог с оборота или нет:

$$П = Ц_A A - З_э \tag{2.35}$$

Наконец, при эксплуатации действующего производства в условиях жестко заданного объема выпуска продукции ($A = A_{пл} = \text{const}$), частный случай обобщенного показателя сводится к условию минимума эксплуатационных затрат или, что в данном случае то же самое, к условию минимума себестоимости единицы продукции:

$$З_э \to \min \qquad c \to \min \tag{2.36}$$

Как видно из анализа частных случаев приведенного дохода, этот показатель не является принципиально новым. Его основное отличие от показателей прибыли и приведенных затрат состоит в том, что он позволяет одновременно учитывать изменение не двух, а трех групп подцелей: рост объема выпуска продукции, экономию эксплуатационных и единовременных затрат. В некоторых литературных источниках этот показатель именуют хозрасчетным эффектом $Э_х$ [53] или чистой прибылью M [15, с. 476].

2.4.3. Формирование целевой функции на основе оценки народнохозяйственной эффективности системы

При выводе показателя приведенного дохода были сделаны допущения, на основании которых не учитывались изменения качества и дефицитности как продукции, так и материальных ресурсов. Это означает, что приведенный доход, а также прибыль и приведенные затраты, характеризуют лишь локальную, хозрасчетную эффективность производства. В то же время системный, комплексный подход к решению проблем диктует необходимость ориентироваться не на локальную, а на народнохозяйственную эффективность. Для этого необходимо учесть внешние

связи производственной системы, т. е. отказаться от принятых ранее упрощающих допущений.

Таким образом, для дальнейшего уточнения целевой функции нам предстоит рассмотреть, как в оценке эффективности производственных систем можно учитывать изменение качества продукции и материальных ресурсов, их дефицитность, а также особенности функционирования в условиях ограниченности трудовых ресурсов.

Качество продукции и материальных ресурсов. Если улучшение качества продукции влияет на эффективность его использования, т. е. повышает его потребительную стоимость (полезность для потребителя), это должно быть учтено целевой функцией независимо от того, связано такое улучшение качества с изменением цены или нет.

Приступая к соизмерению аргументов целевой функции, мы сделали допущение, что цены на продукты ($Ц_j$) и на все виды материальных ресурсов ($Ц_i$) правильно отражают их экономическую значимость. Из этого допущения вытекало, что цены равны частным производным целевой функции соответственно по объему выпуска продукции и по расходам ресурсов. Теперь, отказавшись от принятого ранее допущения, мы должны исходить из того, что равенства (2.28) справедливы лишь при номинальном уровне качества ($q=q_0$). В общем случае при $q=q_0+\Delta q$ увеличение объема выпуска продукции даст еще дополнительный удельный эффект от прироста качества на Δq. Обозначим такой удельный эффект как $Э_к(\Delta q)$. С учетом этого дополнительного эффекта получим:

$$\frac{\partial \Phi_ц}{\partial A_j}=Ц_j+Э_к(\Delta q)=Ц_j\left[1+\frac{Э_к(\Delta q)}{Ц_j}\right]. \qquad (2.37)$$

По своему экономическому смыслу множитель при $Ц_j$ в выражении (2.37) представляет собой отношение полезности (для потребителя) продукта фактического качества (q) к полезности продукта номинального качества (q_0). Этот множитель будем называть *индексом качества* [65, 67]:

$$I_j^к=1+[Э_к(\Delta q)/Ц_j] \qquad (2.38)$$

Аналогичное выражение получим для индекса качества сырья или любого другого вида ресурса G_j.

В некоторых более простых случаях индекс качества может быть определен непосредственно из условия эквивалентной замены продукта или ресурса номинального качества продуктом (ресурсом) фактического качества в натуральных показателях. Так, для шин их полезность практически пропорциональна длительности пробега. Для многих видов химического сырья его расход в производстве обратно пропорционален содержанию основного вещества. В более сложных случаях индекс качества определяется на основании расчетов экономического эффекта у потребителя $Э_к(\Delta q)$, полученного в результате улучшения качества на $\Delta q=q-q_0$.

Методика таких расчетов достаточно полно отражена в соответствующих методических материалах [68].

Легко показать, что выражение (2.38) останется в силе и в тех случаях, когда повышение качества продукта обусловило некоторую надбавку к цене $\Delta Ц_j = Ц_{2j} - Ц_{1j}$. При этом удельный эффект у потребителя $Э_к(\Delta q)$ будет равен разности между полным эффектом $(Э_к)_{полн}$ и надбавкой к цене, а частная производная целевой функции по A_j будет иметь следующий вид:

$$\frac{\partial Ф_ц}{\partial A_j} = Ц_{1j} + (Э_к)_{полн} = Ц_{1j} + \Delta Ц_j + [(Э_к)_{полн} - \Delta Ц_j] = Ц_{2j}\left[1 + \frac{Э_к(\Delta q)}{Ц_{2j}}\right] \qquad (2.39)$$

Дефицитность продукции и материальных ресурсов. Выше, рассматривая учет влияния внешних связей системы, мы ввели понятие удельных дополнительных потерь (ущерба), обусловленных недопоставкой народному хозяйству единицы продукции или сырья, обозначив эти потери соответственно через $У_j$ и $У_i$ (руб/т) и использовав их в выражениях (2.10) и (2.12).

Наиболее эффективные способы определения таких оценок связаны с использованием экономико-математических моделей в балансовых расчетах. К этим способам мы вернемся в гл. 4, а пока, главным образом для уяснения сущности экономических последствий дефицита, рассмотрим более наглядный подход к определению этих оценок по так называемому «замыкающему» варианту.

Пример 2.5. Представим себе, что в ходе балансовой увязки проектов плана производства, представленного предприятиями, установлен дефицит по некоторому промежуточному продукту (полупродукту), например, по дикетену. Для сведения баланса возникает необходимость сократить его потребление. Дикетен используется прямо или косвенно, т. е. через цепь промежуточных продуктов, в производстве более 40 марок красителей, которые являются конечной продукцией отрасли. По каким из них следует сократить план производства, чтобы привести потребность в дикетене в соответствие с возможностями его производства? Для ответа на этот вопрос необходимо уточнить, на основании какой целевой функции и при каких условиях (ограничениях) решается поставленная задача.

Примем, что в качестве целевой функции используется показатель прибыли (2.35), а на объем производства продукции наложены ограничения (2.15) из условия удовлетворения заявленной потребности не менее чем на 90 %. Для производства каждого j-го красителя (из числа тех, в которых прямо или косвенно используется дикетен) известна норма расхода дикетена $N_{дj}$ [т/т], учитывающая не только его прямые затраты в данном производстве, но и сопряженные затраты в производствах всех промежуточных полупродуктов (так называемая сопряженная, или приведенная норма). Кроме того, известна удельная прибыль $П_j$ [руб/т] от реализации каждого j-го красителя. На основании этих данных можно определить удельную потерю прибыли $\Delta П_j$ (в руб/т) от сокращения производства j-го красителя на ΔA_j для высвобождения одной тонны дикетена:

$$\Delta П_j = П_j \Delta A_j = \frac{П_j}{N_{дj}} \qquad (2.40)$$

При желании максимизировать целевую функцию (прибыль) целесообразно сокращать производство в первую очередь того конечного продукта, для которого потеря прибыли $\Delta П_j$ будет минимальной. Но ограничение (2.15) на степень снижения объема производства может лишить нас возможности свести баланс по дикетену за счет сокращения плана только одного этого красителя. Поэтому все конечные продукты ($j = 1, 2, \ldots, 41$) должны быть ранжированы по возрастанию $\Delta П_j$ (см. соответствующую графу табл. 2.1), а сокращение плана производства на

Таблица 2.1. Перечень продукции, в производстве которой прямо или косвенно используется дикетен

№ п/п	Наименование продукта	Удельная прибыль $П_j$, руб/т	Сопряженная норма расхода дикетена $N_{дj}$, т/т	Потеря прибыли на 1 т дикетена $\Delta П_j$, руб/т	Заявленная потребность P_j, т
1	Краситель I	330	1,26	262	400
2	Краситель II	310	1,03	300	260
3	Краситель III	290	0,83	350	650
4	Краситель IV	360	0,76	474	100
. . . . .		. .	. .	. . .	. . . . .
41	Краситель XLI	675	0,08	8450	120

допустимые 10 % заявленной потребности следует начинать с верхних строк такого списка.

Допустим, что для сбалансированности плана потребление дикетена необходимо сократить на 110 т. По каждой марке конечной продукции допустимое снижение плана производства даст сокращение потребности в сырье (дикетене)

$$\Delta G_д = N_{дj}(1-\alpha)P_j = N_{дj}0{,}1P_j \qquad (2.41)$$

По первой марке красителя такое сокращение составит только $1{,}26 \cdot 0{,}1 \cdot 400 = 50{,}4$ т дикетена; по второй — $1{,}03 \cdot 0{,}1 \cdot 260 = 26{,}8$ т. В сумме это даст лишь 77,2 т. Оставшиеся 32,8 т получим за счет снижения объема производства третьего красителя, причем будет достаточно снижения не на 10 %, а лишь на 6,1 %. Таким образом, третий краситель оказался последним («замыкающим») среди продуктов, план производства которых пришлось корректировать для сведения баланса по дикетену. Если дефицит дикетена увеличить еще на одну тонну, то придется продолжить снижение плана по этому «замыкающему» продукту, что приведет к дополнительному сокращению прибыли на $\Delta П_3 = 350$ руб., и наоборот, если дефицит сократится на одну тонну, это позволит реализовать план, который даст увеличение прибыли на те же 350 руб.

Если бы в рассмотренном примере дефицит дикетена составлял не 110, а, например, 70 т, то сбалансировать план удалось бы, сокращая производство не трех, а только двух марок красителей. В этом случае удельный ущерб от дефицитности соответствовал бы не $\Delta П_3 = 350$ руб/т, а $\Delta П_2 = 300$ руб/т. И наоборот, при увеличении дефицита до 140 т «замыкающим» продуктом стал бы уже краситель IV, а удельный ущерб от дефицита дикетена был бы равен $У_д = \Delta П_4 = 474$ руб/т.

Рассмотренный метод оценки экономических последствий дефицитности ресурсов наглядно подтверждает, что с ростом степени дефицитности возрастает удельный ущерб от недопоставки каждой единицы ресурса, а соответственно растет полезность каждой его дополнительной единицы, сокращающей этот ущерб.

Этот вывод мы сделали на примере конкретной задачи балансовой увязки плана. Такой же подход к оценке ущерба по «замыкающему» варианту правомерен и при решении таких задач оперативного управления производством, когда возникает дефицит сырья в результате его недопоставки или дефицит внутризаводского полупродукта вследствие недовыполнения плана производства. В этих случаях предстоит принять решение, на производство какого продукта следует «урезать» выделение дефицитного ресурса, чтобы минимизировать ущерб.

Эффективность решения подобных задач зависит от уровня управления, на котором оно принимается, точнее, от уровня, интересы которого учитываются в ходе решения. Это легко показать на рассмотренном выше примере распределения дикетена, в котором критерием оптимальности служила минимизация потери прибыли. Представим себе, что предприятие, которое производит дикетен, частично использует его в производстве некоторых красителей, а значительную часть поставляет другим предприятиям. Легко убедиться, что минимум потери прибыли для этого предприятия будет обеспечен при полном удовлетворении своей собственной потребности и недопоставке дикетена другим предприятиям отрасли.

Более эффективным будет рассмотренное выше решение по «замыкающему» продукту, полученное в ходе перераспределения фондов на отраслевом уровне. В то же время это решение нанесет ущерб хозрасчетным интересам предприятия-изготовителя дикетена. Ущерб этот может быть возмещен только специальной системой стимулирования, учитывающей дефицитность распределяемого полупродукта.

Наконец, важно подчеркнуть, что решение, принятое по «замыкающему» продукту, минимизируя потерю прибыли в рамках отрасли, не учитывает ущерб *, который нанесет недопоставка красителей народному хозяйству.

Эффективность решения можно было бы повысить, если бы легкая промышленность, потребляющая красители, могла своевременно сообщить Минхимпрому более точные оценки ущерба $\{Y_j\}$ от сокращения удовлетворения потребности в каждом j-том красителе или если бы эти оценки были определены из условия необходимости покрытия потребности закупкой соответствующих аналогов по импорту.

Экономические последствия дефицитности многих химических материалов могут быть определены также на основании расчета экономического эффекта замены ими традиционных материалов [69].

Наконец, для продуктов и ресурсов многоотраслевого потребления, дальнейшая переработка которых до конечной продукции состоит из множества стадий, оценки народнохозяйственного ущерба от их недопоставки (дефицита) могут быть получены лишь в ходе межотраслевой балансовой увязки планов производства. Но и в этих случаях дефицитность продукции и ресурсов должна быть учтена при оценке деятельности отраслей. Только при этом их экономические интересы будут совпадать с народнохозяйственными.

Каковы перспективы такого учета? В поисках ответа на этот вопрос возвратимся к выражениям (2.28), представляющим частные производные целевой функции по объему производства продукции A_j и объему потребления ресурсов G_i. В условиях дефицит-

---

* Точнее, исходит из предложения о том, что этот ущерб пропорционален потере удельной прибыли.

ности частные производные будут уже выше цен на величину $У_j$ — эффекта от сокращения ущерба в результате производства каждой дополнительной единицы продукции или $У_i$ — эффекта от сокращения потребления каждой единицы дефицитного вида ресурса:

$$\frac{\partial Ф_ц}{\partial A_j} = Ц_j + У_j \qquad -\frac{\partial Ф_ц}{\partial G_i} = Ц_i + У_i \tag{2.42}$$

По аналогии с определением индекса качества можно определить и *индекс дефицитности:*

$$I^д = 1 + (У/Ц) \tag{2.43}$$

В тех случаях, когда объем производства продукта строго соответствует потребности в нем, $У = 0$, $I^д = 1$.

А что будет с индексом дефицитности, если объем производства j-го вида сырья будет больше, чем потребность в нем? Попытайтесь (разумеется, качественно) ответить на этот вопрос самостоятельно.

* *
*

А теперь давайте рассуждать вместе. Если по своим физико-химическим свойствам сырье допускает достаточно длительное хранéние и есть необходимые склады, то его избыток можно рассматривать как запас, переходящий на следующий плановый период, а план производства на этот новый период скорректировать с учетом имеющегося запаса. Но хранение запасов связано с дополнительными затратами: на эксплуатацию складского хозяйства, на увеличение оборотных фондов и плату за них, на естественную убыль при хранении и др. Таким образом, полезность каждой тонны сырья, произведенной сверх фактической потребности в нем, сокращается на величину удельных затрат, связанных с хранением, а следовательно, индекс дефицитности оказывается меньше единицы. Чем больше перепроизводство сырья, тем дольше срок его хранения и тем существеннее падает индекс дефицитности.

Изложенные выше соображения позволяют рассмотреть связь между степенью дефицитности продукции (или видов ресурсов) и оценками экономических последствий этой дефицитности.

Относительная *степень дефицитности* продукта (или видов ресурсов) может быть количественно измерена отношением потребности в нем (P_j) к объему производства (A_j). При таком понимании степень дефицитности обратно пропорциональна степени удовлетворения потребности.

В отличие от степени дефицитности индекс дефицитности $I^д$ количественно характеризует экономические последствия дефицита и может рассматриваться как отношение полезности (потребительной стоимости) продукта к его цене. Между степенью дефицитности и ее экономическими последствиями существует прямая, но отнюдь не пропорциональная связь. Чаще всего (для средств производства) эта зависимость не непрерывная, а ступенчатая, что обусловлено ступенчатым переходом от одной области

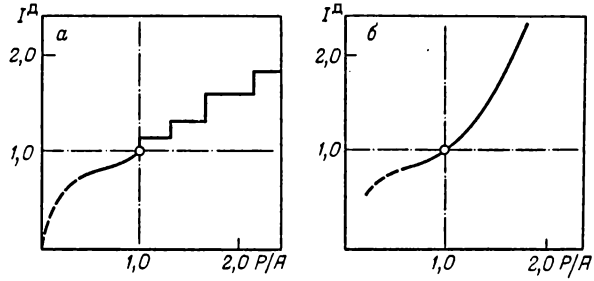


Рис. 10. Примерный вид зависимости между степенью дефицитности Р/А и индексом дефицитности $I^д$:
а — ступенчатой; б — плавно-непрерывной; Р — потребность; А — фактический выпуск.

использования к другой или, как это было показано выше, от одного «замыкающего» варианта к другому. Примерный вид такой зависимости показан на рис. 10 (пунктир соответствует области интерполяции).

К вопросам определения и использования индексов дефицитности, их связи с полезностью продукции и ресурсов мы еще вернемся в гл. 4 и 5.

Ограниченность трудовых ресурсов. Уже с конца 20-х годов наше социалистическое общество не знает безработицы. Но до последнего времени это не исключало роста численности рабочих и служащих (занятых в промышленности) как за счет естественного прироста населения в трудоспособном возрасте, так и в результате миграции сельского населения в города. Известно, что в последние годы проблема трудовых ресурсов обострилась, и в 12-й пятилетке промышленность будет развиваться в условиях жестко ограниченной численности рабочих и служащих. Какие практические выводы должны быть сделаны из этого? Прежде чем перейти к обсуждению этого вопроса, рассмотрим конкретный пример.

Пример 2.6. На экспертизу представлены два варианта проекта производства одного из продуктов. Мощность цеха по обоим вариантам одинакова и составляет 1150 т/год. Технико-экономические показатели вариантов в сравнении с показателями действующего цеха представлены в табл. 2.2. Какому варианту Вы отдадите предпочтение?

* *
*

Не вызывает сомнения, что многие читатели (особенно те, кто хорошо знаком с действующими методиками оценки эффективности капитальных вложений) отдали предпочтение 1-му варианту. Довольны им остались и разработчики. Не уступая 2-му варианту в снижении себестоимости продукции, он обеспечивает сокращение приведенных затрат, рост фондоотдачи и рентабельности основных фондов.

И все же автор на стороне тех читателей, которые усомнились в преимуществах 1-го варианта. Основанием для сомнений служит убеждение, что методики оценки эффективности мероприятий, связанных с изменением численности работников, требуют пересмотра. В новых условиях ограниченности трудовых ресурсов экономические последствия увеличения рабочих мест уже неправомерно оценивать только по соответствующему изменению заработной платы. Для ввода в действие нового

Таблица 2.2. Сравнение технико-экономических показателей действующего производства и двух проектных вариантов

Наименование показателя	Обозначение	Единица измерения	Значение показателя				
				вариант 1		вариант 2	
			действующего производства	по проекту	отклонение (от действующего производства), %	по проекту	отклонение (от действующего производства), %
Цена на продукт	Ц	руб/т	1000	1000	—	1000	—
Себестоимость,	c	»	800	747	−8,6	747	−8,6
в том числе материальные затраты	$c^{м}$	»	400	392	−2,0	392	−2,0
зарплата (с начислениями)	$c^{зп}$	»	180	174	−3,3	120	−33,3
условно-постоянные затраты	$c^{уп}$	»	220	181	−17,7	235	+6,8
Прибыль (удельная)	$П^{у}$	»	200	253	+26,5	253	+26,5
Удельные капитальные вложения	$k^{у}$	»	1200	950	−20,8	1140	−5,0
Приведенные затраты	$c^{пр}$	»	944	861	−8,8	884	−6,3
Фондоотдача	$Ц/k^{у}$	коп/руб	83,3	105,0	+26,0	87,8	+5,4
Рентабельность основных фондов	$П^{у}/k^{у}$	коп/руб	16,7	26,6	+59,5	22,2	+32,9

объекта необходимо реализовать дополнительные мероприятия, которые позволят в действующих производствах или вспомогательных службах предприятия высвободить ровно столько работников, сколько нужно для укомплектования штатов вводимого объекта. Применительно к рассмотренным выше вариантам проекта нового производства это означает, что выбор только на основании данных табл. 2.2 был бы нарушением системного (комплексного) подхода, отрывом собственно ввода объекта от связанных с ним в единый комплекс мероприятий, обеспечивающих этот ввод трудовыми ресурсами. Следовательно, для правильной сравнительной оценки вариантов проекта необходимо располагать дополнительной информацией о штатах производства в обоих вариантах и о мероприятиях, намеченных для высвобождения необходимой численности работников.

Для конкретизации примера примем, что всего намечено 8 мероприятий. Основные данные по каждому из них представлены на диаграмме (рис. 11). Средняя заработная плата (с начислениями на социальное страхование) составляет в год $З^{г}=2,5$ тыс. руб/чел. С учетом производственной мощности нового цеха

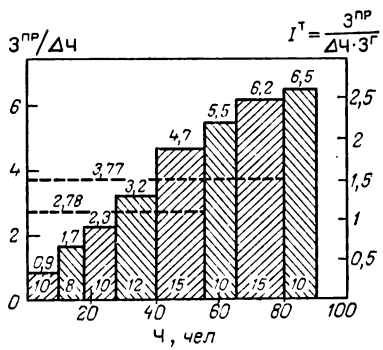


Рис. 11. Диаграмма мероприятий по высвобождению работников действующих цехов и служб предприятия:

Ч — *численность высвобожденных работников;* $З^{пр}/ΔЧ$ — *удельные приведенные затраты на высвобождение 1 человека, тыс. руб/год.*

(1150 т/год) и доли заработной платы в составе себестоимости продукции (174 и 120 руб/т соответственно) эти данные позволяют установить, что для реализации 1-го варианта проекта необходимо высвободить:

$$Ч_1 = \frac{174 \cdot 1150}{2500} = 80 \text{ человек}$$

для реализации 2-го варианта проекта:

$$Ч_2 = \frac{120 \cdot 1150}{2500} = 55 \text{ человек}$$

По 2-му варианту для обеспечения штатами нового цеха достаточно внедрить первые 5 наиболее эффективных мероприятий. Для них средние удельные приведенные затраты на высвобождение одного человека составляют 2,78 тыс. руб/чел. В этом случае дополнительные затраты (сверх заработной платы высвобожденного работника) составят 0,28 тыс. рублей на каждого человека, или 15,4 тыс. рублей на 55 человек. Дополнительные приведенные затраты на каждую тонну продукта будут равны 15400:1150 = 13,4 руб/т.

Если будет принят 1-й вариант проекта, то потребуется внедрить еще и менее эффективные 5-е и 6-е мероприятия. Средние удельные затраты на все 7 мероприятий составят уже 3,77 тыс. руб/чел. Из них дополнительные затраты будут равны 3,77 — 2,5 = 1,27 тыс. руб/чел., а в целом для укомплектования цеха: 1,27·80 = = 101,6 тыс. руб. Этому соответствуют дополнительные приведенные затраты на каждую тонну продукта: 101600:1150 = 88,3 руб/т.

С учетом этих данных сравнение вариантов проекта по суммарным приведенным затратам (в руб/т) выглядит уже совсем не так, как в табл. 2.2. А именно:

Действующее производство	944
Вариант 1	861 + 88,3 = 949,3
Вариант 2	884 + 13,4 = 897,4

Из сопоставления этих показателей становится очевидным, что 1-й вариант не только существенно уступает 2-му, но оказывается менее экономичным даже в сравнении с показателями действующего производства.

Рассмотренный пример помог уяснить некоторые выводы, вытекающие из жесткой ограниченности трудовых ресурсов.

Во-первых, распространенный подход к оценке вариантов решения проблем, учитывающий изменение численности фактически занятых работников только по изменениям фонда заработной платы (с начислениями), приводит к серьезным ошибкам, в том числе тем, вследствие которых некоторые мероприятия по механизации и автоматизации необоснованно отвергаются [103].

Во-вторых, экономическая эффективность мероприятий по высвобождению работников характеризуется отношением удельных приведенных затрат на реализацию мероприятий к среднегодовой заработной плате ($З^г$) высвобожденных работников. Вследствие важности этого показателя его значение приведено на рис. 11 (правая ось ординат). По своему экономическому смыслу он определяет отношение фактических приведенных затрат, связанных с увеличением числа рабочих мест при жестко ограниченных трудовых ресурсах, к оплате труда на этих местах. Этот показатель можно рассчитывать как средний по группе намеченных мероприятий и как предельный по одному «замыкающему» мероприятию.

Так, если в рассматриваемом примере возникнет новая проблема, для решения которой окажется необходимым высвободить еще 8—10 человек, то экономическую оценку решения этой проблемы следует принимать комплексно с учетом 6-го мероприятия (см. рис. 11), которое становится «замыкающим». Для этого мероприятия: $З^{пр}/\Delta Ч = 5{,}5$ тыс. руб/чел; $I^{т} = \frac{З^{пр}}{\Delta Ч \cdot З^{г}} = 2{,}2$.

Дополнительные затраты, обусловленные увеличением численности на 1 человека, или дополнительную экономию от его высвобождения правомерно рассматривать как частную производную целевой функции по численности:

$$\frac{\partial Ф_{ц}}{\partial Ч} = \overset{\bullet}{I}{}^{т} З^{г} \qquad (2.44)$$

Сопоставляя полученное выражение (2.44) с принятыми ранее выражениями (2.42) и (2.43), легко убедиться, что использованный нами показатель $I^{т}$ играет ту же роль применительно к трудовым ресурсам в условиях их ограниченности, какую индекс дефицитности I_i^{Δ} играет в оценке экономических последствий ограниченности материальных ресурсов.

Значения $I^{т}$ для разных мероприятий могут существенно различаться. Чаще всего наиболее экономически эффективными являются организационные мероприятия, в том числе совершенствование нормирования трудовых затрат, дальнейшее распространение Щекинского метода, внедрение НОТ и др. [70]. Здесь удельные затраты заметно ниже зарплаты (с начислениями) высвобожденных работников. Такие же результаты обеспечивают эффективные технические решения ($I^{т} < 1$).

Часть организационно-технических мероприятий хотя и не дает значительной дополнительной экономии, но практически полностью (или почти полностью) окупается заработной платой высвобожденного персонала ($I^{т} \approx 1$).

Наконец, если высвобожденных трудовых ресурсов недостаточно, то приходится реализовать и такие мероприятия, приведенные затраты на которые не полностью окупаются экономией заработной платы ($I^{т} > 1$). Чаще всего — это механизация некоторых ручных работ, автоматизация контроля производства и некоторые другие мероприятия, имеющие социальное значение. Высвобождая определенное число работников от вредного, тяжелого физического или однообразного труда, эти мероприятия обусловливают вместе с тем увеличение объема работ по обслуживанию и ремонту приборов и механизмов. При расчетах $I^{т}$ приведенные затраты по таким мероприятиям относят лишь к разнице численности персонала до и после их внедрения.

Наиболее высокие значения $I^{т}$ должны применяться при проектировании производств, создаваемых в составе новых территориальных комплексов, для определения целесообразного уровня их механизации и автоматизации, при обосновании для этих

предприятий других трудосберегающих мероприятий. Это обусловлено тем, что для предприятий, размещаемых в новых, «необжитых» районах, при сравнении вариантов проекта должны учитываться не только дополнительные затраты на высвобождение определенной численности (как это имело место в Примере 2.6), но и те народнохозяйственные затраты, которые потребуется вложить для соответствующего расширения города или рабочего поселка, в котором будут жить работники строящегося предприятия.

Статистика убедительно подтверждает, что при увеличении численности предприятия на 100 человек, население города увеличивается на 400—500 человек за счет работников непроизводственной сферы, а также членов семей в нетрудоспособном возрасте всех рабочих и служащих как предприятия, так и сферы обслуживания. Такое расширение города требует значительных капитальных вложений в жилищное строительство, создание детских учреждений, школ, объектов здравоохранения, торговли и др.

Значения индексов $I^{\text{т}}$, обусловленных ограниченностью трудовых ресурсов, так же как значения индексов дефицитности материальных ресурсов $I_i^{\text{д}}$, изменяются в зависимости от объема высвобождения соответствующего ресурса, в данном случае — численности работников. Такая зависимость $I^{\text{т}}=f(\Delta\text{Ч})$ может быть построена на основании диаграмм, подобных той, которая представлена на рис. 11. Для совершенствования управления трудовыми ресурсами важно ввести использование индексов $I^{\text{т}}$ в практику расчетов. На всех предприятиях необходимо своевременно проработать комплекс трудосберегающих мероприятий. Это обеспечит необходимые исходные данные для баланса трудовых ресурсов в отраслевом и территориальном разрезах, для обоснованного распределения (целевым назначением) капитальных вложений и оборудования между работами, обеспечивающими сведение такого баланса. В ходе целевого распределения ресурсов следует руководствоваться тем, что на предприятиях, имеющих более низкий индекс $I^{\text{т}}$, выделенные фонды на высвобождение численности работников будут использованы наиболее эффективно.

Показатель народнохозяйственного дохода. Рассмотрев выше показатель приведенного дохода в качестве выражения целевой функции производства, мы отметили его основные недостатки, обусловленные тем, что он не учитывает внешних связей системы, влияние которых проявляется, главным образом, в изменении таких факторов, как качество и дефицитность продукции, и всех видов материальных ресурсов, а также ограниченности трудовых ресурсов.

Учесть эти факторы при соизмерении подцелей можно с использованием рассмотренных выше индексов, принимая:

$$\frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial A_j}=I_j^{\text{к}}I_j^{\text{д}}\text{Ц}_j \qquad -\frac{\partial \Phi_{\text{ц}}}{\partial G_i}=I_i^{\text{к}}I_i^{\text{д}}\text{Ц}_i \qquad -\frac{\partial \Phi}{\partial \text{Ч}}=I^{\text{т}}\text{З}^{\text{т}} \tag{2.45}$$

Целевая функция, потроенная по результатам такого соизмерения аргументов, будет иметь следующий вид:

$$Д_{нх} = \sum_j I_j^к I_j^д Ц_j A_j - \sum_i I_i^к I_i^д Ц_i G_i - I^т З^г Ч - З^{пэ} - E_н \sum_s I_s^д K_{st} \qquad (2.46)$$

где A_j — объемы производства продукции и услуг; G_i — объемы материальных ресурсов, потребляемых в ходе эксплуатации системы; K_{st} — единовременные затраты по отдельным элементам (s) их структуры, приведенные к моменту ввода в эксплуатацию (t); Ч; $З^г$ — численность промышленно-производственного персонала и средняя годовая заработная плата (с начислениями) на одного работника; $З^{пэ}$ — прочие эксплуатационные затраты за год; $I^к$, $I^д$ — индексы качества и дефицитности соответствующих видов продукции, услуг и используемых ресурсов; $I^т$ — индекс, учитывающий ограниченность трудовых ресурсов.

Выражение (2.46) для целевой функции промышленной системы отражает полезность для народного хозяйства как производимой продукции, так и расходуемых ресурсов в конкретных условиях. Это дает повод именовать такой показатель *народнохозяйственным доходом* [71].

2.4.4. Формирование целевой функции с использованием эвристических и комбинированных методов

Показатель народнохозяйственного дохода нельзя рассматривать как целевую функцию, полностью охватывающую все подцели промышленной системы. Вывод этого показателя мы начали с отдельного производства. Для предприятия, а тем более для отрасли в ходе решения конкретной проблемы и сравнения вариантов ее решения может возникнуть необходимость учета социального эффекта, экономии времени и ряда других факторов, которые пока не полностью поддаются формализации.

В таких случаях целевую функцию формируют, осуществляя соизмерение подцелей и уточняя целевые ограничения на основании экспертных оценок или комбинируя расчетные и эвристические методы. Так, например, выражение народнохозяйственного дохода может быть дополнено (или преобразовано) с использованием коэффициентов, определяемых экспертным путем.

Принятый порядок экспертного соизмерения подцелей должен учитывать конкретные особенности рассматриваемой проблемы, однако чаще всего целесообразной оказывается последовательность, обратная построению «дерева целей», т. е. та, при которой начинают с подцелей младшего (n-го) ранга и осуществляют соизмерения внутри каждой группы подцелей.

Распространенным является прием *попарного соизмерения*, суть которого состоит в том, что из группы сравниваемых подцелей $\{y_i\}$ выбирается основная (y_1), наиболее важная или, во всяком случае, такая, соизмерение с которой остальных подцелей этой

группы оказывается наиболее наглядным. Перед экспертами ставится вопрос, какие приращения переменных Δy_2, Δy_3,... и т. д., характеризующих достижение остальных подцелей данной группы, можно считать равноценными по важности (полезности) единичному или заданному изменению основной переменной Δy_1. Отношения полученных на основании экспертизы отклонений к заданному дают соответствующие локальные весовые коэффициенты соизмерения подцелей рассматриваемой группы.

Аналогичным образом соизмеряют другие группы подцелей младшего ранга, после чего переходят к соизмерению подцелей следующего по старшинству $(n-1)$-го ранга, и т. д. В результате реализации процедуры соизмерения подцелей по всей иерархии «дерева целей» получают окончательное выражение для целевой функции.

Выражение для линейной функции соответствует общему виду (2.21). Иногда для большей наглядности варьируемые переменные собирают в две группы, соответствующие позитивным и негативным факторам (например, конечным результатам и затратам ресурсов). В этом случае выражение целевой функции принимает вид

$$\Phi_{\text{ц}}=\sum_j a_j y_j-\sum_i b_i x_i \to \max \qquad (2.47)$$

Многие специалисты считают, что линейная форма критерия оптимальности более удобна и наглядна, если сумма всех весовых коэффициентов равна единице [44]. При этом каждый коэффициент выражает как бы «удельный вес» (долю) соответствующей подцели в достижении главной (совокупной) цели. Для выполнения указанного условия выражение (2.47) для целевой функции достаточно разделить на сумму абсолютных значений всех весовых коэффициентов.

Рассматривая приемы формирования целевой функции эвристическими методами, следует отметить, что наряду с соизмерением абсолютных приращений варьируемых переменных нередко осуществляют также соизмерение относительных (безразмерных) показателей, выражающих степень достижения некоторого желательного или максимального значения соответствующего аргумента. Именно такой прием был использован в выражении (2.24), приведенном в качестве примера нелинейной целевой функции. Аналогичные относительные показатели могут применяться и в линейных целевых функциях:

$$\Phi_{\text{ц}}=\sum_j \alpha_j \frac{y_j}{(Y_j)_0}-\sum_i \beta_i \frac{x_i}{(X_i)_0} \to \max \qquad (2.48)$$

Желательные значения аргументов $(Y_j)_0$ и $(X_i)_0$ определяются экспертным путем так же, как весовые коэффициенты α_j и β_i. Поэтому между выражениями линейной целевой функции (2.47) и (2.48) нет принципиальной разницы. Однако зачастую раздельные экспертные оценки желательных значений варьируемых переменных и соизмерения важности их достижения могут оказаться более

наглядными, чем непосредственное определение весовых коэффициентов a_j и b_j в выражении (2.47).

Краткие выводы

1. Целевая функция должна строиться на основании соизмерения ее аргументов, характеризующих важность (полезность) для народного хозяйства степени достижения отдельных подцелей.

2. Наиболее распространенной является линейная зависимость целевой функции от аргументов.

Правомерность ее использования определяется тремя условиями: непрерывностью функции, независимостью ее аргументов и постоянством весовых коэффициентов в реальных пределах изменения аргументов.

Недостаток линейной целевой функции — значительная неравномерность в достижении отдельных подцелей. Во избежание этого линейную целевую функцию используют чаще всего в совокупности с целевыми ограничениями, устанавливающими предельные значения для аргументов функции.

3. Если линейная зависимость целевой функции от ее аргументов оказывается неправомерной, или нежелательной (в силу указанного выше недостатка), то используются разнообразные нелинейные зависимости.

4. Для промышленных систем, главной целью которых является повышение народнохозяйственной эффективности функционирования, соизмерение аргументов целевой функции желательно ориентировать на использование методов расчета экономической эффективности производства. Одним из обобщенных показателей экономической эффективности может служить показатель приведенного дохода, одновременно учитывающий объем выпуска продукции, экономию текущих и единовременных затрат. Прибыль и приведенные затраты можно рассматривать как частные случаи показателя приведенного дохода.

5. Дальнейшее совершенствование целевой функции, как обобщенного показателя эффективности, реализуется на базе учета: отклонения качества продукции и ресурсов от номинального, а также экономических последствий дефицитности продукции и всех видов ресурсов, в том числе ограниченности трудовых ресурсов. Эти факторы удобно учитывать с помощью соответствующих индексов качества и дефицитности. Показатель приведенного дохода, в котором каждая цена на продукт и ресурс помножена на соответствующие индексы качества и дефицитности, будет именоваться показателем народнохозяйственного дохода ($Д_{н.х}$).

6. Сталкиваясь с проблемой (задачей), при решении которой важно учесть факторы не охваченные показателем $Д_{н.х}$, следует применять эвристические и комбинированные методы формирования целевой функции (критериев оптимальности) и целевых ограничений.

Глава 3

ПУТИ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ, ИХ ВЫЯВЛЕНИЕ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ

3.1. СТРУКТУРИЗАЦИЯ ПРОБЛЕМЫ, ЕЕ ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ

После уточнения целей и условий решения проблемы можно приступать к следующему этапу системного анализа, сущность которого состоит в том, чтобы расчленить (декомпозировать) проблему на подпроблемы разных рангов, выявить связи между ними, определить границы и внешние связи проблемы в целом. Этот этап будем именовать *структуризацией проблемы.*

Прежде чем приступить к рассмотрению содержания этапа структуризации и основных процедур уточним некоторые понятия.

3.1.1. Основные понятия структуризации проблем

Пути достижения целей будем рассматривать в дальнейшем, как синоним понятия «подпроблемы». Это оправдано на том основании, что реализация каждого выявленного пути достижения целей составляет сравнительно самостоятельную подпроблему. С другой стороны, для любой проблемы, суть которой состоит в обеспечении или повышении эффективности функционирования системы, выявление подпроблем, по существу, сводится к выявлению путей достижения целей системы, как путей преодоления тех трудностей и недостатков, которые препятствуют достижению этих целей.

На основе системного подхода всякая сложная проблема рассматривается как имеющая иерархическую структуру, а следовательно, может быть подразделена на несколько крупных подпроблем (1-го ранга), каждая из которых, в свою очередь, подлежит декомпозиции на подпроблемы 2-го ранга, и т. д. Возникает естественный вопрос: до каких пор, т. е. до подпроблем какого ранга можно и нужно продолжать такую детализацию путей достижения целей? Будем считать, что последовательная декомпозиция проблемы имеет смысл до тех пор, пока подпроблемы формулируют некоторое направление действий, задачу, но еще не конкретизированы до уровня организационных мероприятий, вариантов решения поставленной задачи.

Варианты решения следует искать для подпроблем самого младшего ранга, т. е. тех, которые определяют направление действий настолько локализовано и детально, что дальнейшее их уточнение неизбежно ведет уже к выявлению конкретных мер.

Так, если подпроблема более высокого (n-го) ранга формулируется, как автоматизация производства, то дальнейшая ее декомпозиция на ряд частных локальных подпроблем ($n+1$)-го ранга предусматривает конкретизацию производств. Соответственно одна из них может быть сформулирована, например, как автома-

тизация производства фталевого ангидрида. Однако, несмотря на локальный характер этой подпроблемы, в ней конкретизированы только объект и направление его совершенствования. Из этой формулировки еще не вытекает ни способ, ни степень автоматизации. Иными словами, уточняется вопрос о том, чего следует добиваться, но не рассматривается вопрос, как этого достигнуть. В то же время еще до начала проектирования системы автоматизации производства фталевого ангидрида уже на стадии составления технического задания предстоит обосновать и принять решение об уровне автоматизации. Так, в данном конкретном примере рассмотрению могут быть подвергнуты следующие варианты укрупненного решения (с последующей детализацией каждого из них):

система автоматического управления (САУ) общетехническими параметрами процесса;

система автоматического управления производством с использованием автоматических анализаторов качества;

автоматизированная система управления технологическим производством (АСУ ТП) с использованием средств вычислительной техники.

Подобная конкретизация вариантов решения подпроблем младшего ранга составляет переходный (промежуточный) этап от собственно выявления путей достижения целей (подпроблем) до выбора вариантов решений (подпроблем и проблемы в целом). Эту промежуточную ступень правомерно именовать этапом выявления вариантов решения подпроблем младшего ранга.

Структуризация проблемы. *Под структурой системы мы обычно понимаем состав ее подсистем и совокупность связей (отношений) между ними. Структурой проблемы* соответственно правомерно считать состав ее подпроблем и их взаимные связи. На этом основании под *структуризацией проблемы* будем понимать выявление путей достижения целей в ходе ее решения (т. е. подпроблем) и изучение их взаимного влияния.

Следует отметить, что в некоторых литературных источниках под структуризацией проблемы понимается не только уточнение связей подпроблем, но и полная формализация всех зависимостей, необходимых для решения проблемы. В соответствии с такой трактовкой, исходя из перспектив использования математических методов, различают структуризованные, слабо структуризованные и неструктуризованные проблемы [36, с. 78—79].

3.1.2. Основные процедуры структуризации проблем

Уточнение рассмотренных выше понятий в значительной мере определяет содержание этапа выявления и систематизации путей достижения целей, которое состоит в том, чтобы последовательно подразделить проблему на составляющие подпроблемы разных рангов и установить их взаимные связи.

Результаты этого этапа удобно представить в виде структурной схемы, иллюстрирующей состав подпроблем, связи между ними и внешние связи проблемы.

Этап структуризации проблемы правомерно считать наиболее ответственным в системном анализе.

Во-первых, от полноты выявления путей достижения целей, от выбора ключевых подпроблем в значительной мере зависит эффективность решения проблемы.

Во-вторых, выявление путей достижения целей сравнительно мало поддается типизации. Если конкретизация целей позволяет использовать некоторые типовые решения в связи с тем, что цели любой промышленной системы подчинены народнохозяйственным целям, то выявление путей достижения целей, как правило, всегда специфично и в наибольшей степени требует конкретного анализа конкретной ситуации.

В-третьих, выявление путей достижения целей сравнительно мало поддается формализации. Этот этап в наибольшей степени (по сравнению с другими этапами системного анализа) требует от специалистов компетенции, инициативы, глубокого понимания проблемы и системного подхода к ее решению.

Вместе с тем для проведения этого этапа методология системного анализа также располагает определенными приемами, которые позволяют наиболее эффективно использовать компетентность и инициативу специалистов.

Как было отмечено выше, изоморфизм принципов системного подхода позволяет (в разумных пределах) пользоваться методом аналогий. На этом основании правомерна и некоторая аналогия в выборе процедур выявления путей совершенствования процессов функционирования технических, биологических и социально-экономических систем.

Именно поэтому в ходе решения организационной проблемы приемы системного анализа будут во многом напоминать действия технолога, исследующего причины нарушений в работе производства, или действия врача, исследующего отклонения физиологических процессов больного от нормы, устанавливающего причины таких отклонений и назначающего курс лечения, т. е. рекомендующего путь решения проблемы.

Вместе с тем анализ социально-экономических систем имеет существенную специфику. В первую очередь эта специфика обусловлена тем, что функционирование таких систем опирается на взаимодействие людей в процессе их коллективных действий, требует учета социальных и психологических факторов [107].

Кроме того, необходимо отметить, что при решении организационных проблем значительно больший объем работ связан с уточнением структуры системы, функционирование которой исследуется. В самом деле, приступая к анализу производства, технолог уже имеет технологическую схему, рабочие чертежи оборудования, которые определяют структуру исследуемой системы. Он пользуется также технологическим регламентом и совокупностью знаний в области теории процессов и аппаратов, которые количественно определяют условия функционирования подсистем и их взаимодействия. Для врача аналогичную роль играет вся совокупность знаний в области анатомии и физиологии человеческого организма.

Приступая к анализу промышленных систем и управления ими, организатор производства и работник сферы управления нередко оказываются в более затруднительном положении. В их распоряжении чаще всего бывает лишь организационная структура управления объектом (состав служб, цехов, подразделений), которая недостаточно полно отражает истинный состав подсистем и почти совсем не отражает связи между подсистемами.

По полноте и четкости положения и организационные стандарты, которые призваны играть роль организационных регламентов, пока еще, как правило, уступают своим технологическим аналогам.

Таким образом, в ходе выявлений путей достижения целей социально-экономической системы первой процедурой (подэтапом) должно быть *уточнение структуры системы,* как объекта анализа, в том числе состава подсистем, «технологии» процессов их функционирования, связей между подсистемами. Эта же процедура предусматривает также уточнение границ системы, подлежащей анализу, и ее внешних связей. Решение этих вопросов неразрывно связано с уточнением границ рассматриваемой проблемы.

Вторая процедура состоит в *критическом анализе функционирования системы.* Здесь аналогия с действиями технолога наиболее наглядна. В самом деле, речь идет об установлении диагноза, т. е. о выявлении причин, нарушающих эффективное функционирование системы или препятствующих повышению эффективности ее функционирования. При диагностическом анализе социально-экономической системы так же, как при анализе систем другой природы, нельзя ограничиваться лишь теми внешними причинами, которые «лежат на поверхности». Необходимо исследовать их причинно-следственные связи и внутренние противоречия системы, выбирать пути решения подпроблем, направленные на преодоление этих противоречий.

Наконец, третья, заключительная процедура рассматриваемого этапа — это *дифференциация и систематизация путей достижения целей.* Здесь уместно использовать тот же метод последовательной декомпозиции, который был принят при систематизации подцелей, а результаты использования этого метода в ходе данной процедуры позволят построить *«дерево путей достижения целей».* В соответствии с принятыми выше понятиями продолжать такую дифференциацию подпроблем следует до подпроблем младшего ранга.

Чтобы не распылять силы на слишком большом числе направлений, необходимо оценить значимость выявленных подпроблем, их роль в достижении главной цели с тем, чтобы выбрать важнейшие ключевые подпроблемы.

В состав этой же процедуры входит анализ взаимосвязей выделенных подпроблем, их взаимообусловленности и вытекающей из этого очередности их решения.

В какой последовательности целесообразно выполнять перечисленные выше основные процедуры рассматриваемого этапа

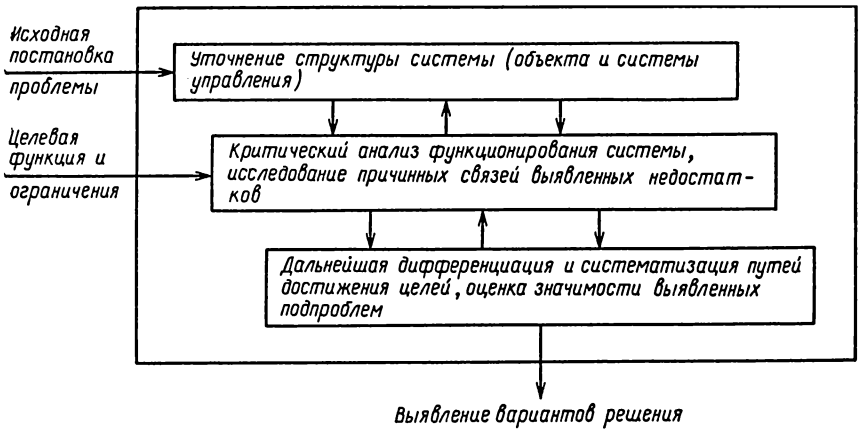


Рис. 12. Основные процедуры этапа «выявление путей достижения целей».

системного анализа? Очевидно, что начинать следует с анализа той системы, на совершенствование функционирования которой направлено решение исследуемой проблемы, т. е. с процедуры, которую мы именуем уточнением структуры объекта.

Вместе с тем было бы неправильно считать, что все три основных подэтапа следует осуществлять строго последовательно. В самом деле, в ходе анализа объекта неизбежно будет выявлен ряд недостатков работы системы, некоторые дефекты ее структуры, т. е. начнет накапливаться материал, который непосредственно относится уже ко второй процедуре, получившей выше наименование критического анализа функционирования объекта.

Наконец, для подпроблем, выявленных в ходе критического анализа, удобно сразу же найти соответствующее их рангу место в «дереве путей достижения целей», во всяком случае, в его первой эскизной схеме.

Таким образом, выполнение перечисленных выше основных процедур рассматриваемого этапа целесообразно выполнять параллельно-последовательно, понимая под этим параллельное выполнение, но с некоторым сдвигом, как это показано на рис. 12. При этом анализ начинается с уточнения структуры системы, а заканчивается выявлением и оценкой значимости подпроблем младшего ранга, их взаимосвязей, что позволяет перейти к следующему этапу — к *выявлению вариантов решения* этих подпроблем.

Краткие выводы

1. Этап выявления и систематизации путей достижения целей ставит своей задачей структуризовать проблему, т. е. представить ее как совокупность подпроблем разных рангов, уточнить связи

между ними, внешние связи проблемы, ее границы. Его правомерно именовать этапом структуризации проблемы.

2. Выполнение этапа структуризации проблемы слабо поддается типизации и практически неформализуемо, но может быть рационализировано за счет использования методологии системного анализа, четкого выделения основных процедур (подэтапов) и применения определенных приемов реализации этих процедур. Некоторые из этих приемов будут рассмотрены в последующих разделах этой главы.

3. Этап структуризации проблемы рекомендуется осуществлять, выделяя три его основных процедуры:

уточнение структуры системы;

критический анализ функционирования системы (выявление основных недостатков и трудностей, препятствующих достижению поставленных целей, исследование их причинно-следственных связей);

дифференциация и систематизация путей достижения целей (подпроблем), оценка их значимости для решения проблемы в целом, выявление связей между ними и уточнение внешних связей проблемы в целом.

4. Перечисленные выше основные процедуры этапа рекомендуется выполнять параллельно-последовательно.

3.2. УТОЧНЕНИЕ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ

3.2.1. Уточнение структуры объекта управления

Любая промышленная система является управляемой. Поэтому процедура уточнения структуры может относиться как к объекту управления, так и к системе управления. Учитывая некоторые методические особенности анализа в каждом из этих случаев, рассмотрим оба варианта процедуры самостоятельно.

Элементами промышленной системы, т. е. ее подсистемами младших рангов, являются отдельные производства или их основные (лимитирующие) стадии. Группируя элементы по тем или иным признакам, мы получаем состав подсистем разных рангов, а внешние связи элементов, в тех или иных комбинациях, образуют внутренние и внешние связи системы (как правило, материальные и энергетические).

Состав подсистем. Приступая к процедуре уточнения структуры той системы, на улучшение функционирования которой направлена решаемая проблема (или любого другого системного объекта анализа), важно помнить, что почти для каждой сложной системы понятие структуры является в значительной мере условным, причем условным оказывается и состав подсистем.

Это нетрудно показать на примере структуры химической индустрии. В административном аспекте, в состав химической индустрии входят три министерства: нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, химической промышленности

и промышленности по производству минеральных удобрений. В составе каждого из них имеется несколько всесоюзных промышленных объединений (ВПО) с подчиненными им предприятиями, производственными и научно-производственными объединениями, институтами.

Однако кроме отраслей и подотраслей в их административном аспекте, существуют понятия так называемых чистых отраслей и подотраслей, объединяющих производства, разбросанные по предприятиям многих министерств, но выпускающие продукцию, закрепленную за определенными ВПО и министерствами. Так, например, производства аммиака и аммиачной селитры на Ангарском нефтехимическом производственном объединении административно входит в состав Миннефтехима, но в то же время относятся к «чистой» азотной промышленности, так как выпускают продукты, закрепленные за ВПО «Союзазот» в составе Министерства по производству минеральных удобрений.

Пример этот далеко не единичен. Несоответствие административных и «чистых» отраслей и подотраслей в химии весьма значительно и обусловлено характерной для нее комплексной переработкой сырья.

Многообразие структур химической индустрии этим не исчерпывается. При разработке долгосрочных планов социально-экономического развития и комплексных народнохозяйственных целевых программ нас интересуют, в первую очередь, внешние связи химической индустрии как системы. При таком анализе в качестве подсистем 1-го ранга выступают группы производств, объединенных общностью использования продукции. Так, в выполнении Продовольственной программы, кроме производств, выпускающих удобрения и необходимое для них горно-химическое сырье, средства химической защиты растений и кормовые добавки, участвуют также многие другие «чистые» подотрасли, в том числе производства по переработке пластмасс, выпускающие трубы из пластмасс для мелиорации, производства этих пластмасс и мономеров для них, производства шин для тракторов и комбайнов, производства химикатов-добавок для пластмасс и шин и многие другие.

При разработке планов обеспечения легкой промышленности будет выделена другая подсистема химических производств, в том числе подотрасль химических волокон, часть анилинокрасочной промышленности, выпускающая красители для натуральных и химических волокон, кожи и меха, текстильно-вспомогательные вещества, производства некоторых изделий из пластмасс и др.

Наконец, при разработке планов материально-технического снабжения, их совершенствования с учетом развития сырьевой базы химическая индустрия будет представлена еще одной структурой, в которой можно выделить подсистемы, исходя из условия преимущественного использования в каждой из них нефтехимического, коксохимического, горно-химического, пищевого или других видов сырья.

В гл. 5 неоднозначность структуры системы будет рассмотрена еще и на примере системы технико-экономических норм и нормативов.

Условность понятия «структура» относится не только к искусственным, но и к естественным системам.

Для объяснения многообразия структур в приведенных выше примерах необходимо учитывать, что каждая сложная система состоит из очень большого числа элементов, связанных весьма многочисленными и многообразными связями. Сгруппировать эти элементы в отдельные, относительно автономные комплексы (подсистемы разных рангов) очень трудно именно потому, что одни виды связей слабее между одними группами элементов, в то время как другие остаются достаточно тесными и нарушают сравнительную автономность выделенных групп.

Из этого вытекает не только ответ на поставленный выше вопрос, но и определенные методологические выводы.

1. Построенная в ходе исследования структура системы, как правило, должна отражать совокупность подсистем и связи элементов, существенные для решения данной конкретной проблемы.

2. На этом основании построение структуры системы должно быть подчинено решению конкретной проблемы и определяется важнейшими для этой проблемы связями, которые называют *системообразующими.*

3. Для построения структуры следует:

выделить элементы системы;

уточнить аспект анализа, важный для решения поставленной проблемы;

установить важнейшие для этого аспекта системообразующие связи между элементами;

сгруппировать элементы в подсистемы нескольких рангов, исходя из условий относительной автономности этих подсистем, с учетом выделенных системообразующих связей.

В ходе выполнения этой процедуры удобно пользоваться сочетанием индуктивного и дедуктивного методов (см. с. 26).

Индуктивный подход (от частного к общему) необходим для выявления элементов, т. е. подсистем младшего ранга, а также для анализа их внешних связей и характеристик.

Дедуктивный метод (от общего к частному) позволяет выделить основной аспект анализа системы в целом, установить ее важнейшие внешние связи, непосредственно влияющие на достижение целей и соответственно те внутренние связи системы, которые в данной конкретной проблеме определяют формирование подсистем, т. е. выбор структуры системы.

Внешние связи и характеристики подсистем. Как было отмечено выше, подсистемами младшего ранга для промышленных систем являются отдельные производства или их важнейшие стадии. Если речь идет о химическом производстве, то его основными внешними связями с другими звеньями системы являются входные

и выходные материальные потоки. Для некоторых энергоемких производств анализу подлежат также энергетические ресурсы на входе в систему.

Именно эти внешние связи производства определяют режим его функционирования во взаимодействии с другими производствами промышленной системы.

Практически каждое производство химической технологии может работать в некотором диапазоне рабочих режимов. К сожалению, эта его важная особенность, как подсистемы общественного производства, недостаточно учитывается и используется в практике планирования и управления отраслями и подотраслями химической индустрии в отличие, например, от планирования энергетики и управления ею. В плановых документах ориентируются, как правило, на номинальные режимы, для которых приняты и зафиксированы определенные значения производственной мощности и удельных норм расхода ресурсов. Как будет показано в гл. 4 и 5, это обстоятельство не всегда оправдано.

Системный подход к анализу функционирования промышленных систем в химической индустрии требует учета характеристик подсистем во всем диапазоне рабочих режимов, т. е. режимов, которые обеспечивают безопасность эксплуатации и не ведут к существенному сокращению межремонтных пробегов. Поэтому уточнение структуры объекта управления (в ходе решения многих проблем) должно предусматривать уточнение важнейших характеристик производств в рабочем диапазоне режимов.

Какие характеристики следует считать важнейшими? Рассмотрим этот вопрос, руководствуясь системным подходом. Внешние связи любого производства как подсистемы разделим на две основные группы:

входные потоки ресурсов, которыми производство связано со своими поставщиками, как потребитель;

выходные потоки продукции и услуг, которыми производство связано с потребителями конечных результатов своего функционирования.

В соответствии с этим при анализе внешних связей производства его режимные характеристики целесообразно также разделить на две группы. Первая из них объединяет изменения важнейших показателей производства в зависимости от изменений выходного потока (выпуска продукции и услуг); будем называть их характеристиками по выходу. Вторую группу, к которой относятся изменения показателей в зависимости от входных потоков (чаще всего нагрузки), будем именовать соответственно характеристиками по входу. Обе эти группы объединяет термин *внешние характеристики производства*. Важнейшими из них являются те, которые относятся к изменению целевой функции и ее основных подцелей.

Характеристиками по выходу, таким образом, являются зависимости целевой функции ($Ф_ц$) и затрат ресурсов (G_i), или суммарных затрат в стоимостном выражении ($З_э$), от изменения

выпуска продукции (A), как основного выходного показателя:

$$\Phi_{\text{ц}}=\Phi_{\text{ц}}(A) \qquad G_i=G_i(A) \qquad З_{\text{э}}=З_{\text{э}}(A) \tag{3.1}$$

При этом имеется в виду, что параметры технологических процессов выбраны так, чтобы для каждого значения A были обеспечены наименьшие затраты, а следовательно, максимальное (для этого A) значение целевой функции.

Характеристиками по входу для того же производства будут соответственно зависимости показателей функционирования от расхода основного сырья (G_1) или любого другого важного или дефицитного ресурса (G_i). Наиболее употребительными из этих характеристик являются зависимости изменений целевой функции и выпуска продукции (в натуральном или стоимостном выражении):

$$\Phi_{\text{ц}}=\Phi_i(G_i) \qquad Ц_jA_j=F_{ij}(G_i) \tag{3.2}$$

Для знакомого нам по примеру 2.1 производства продукта В методом окисления сырья Б внешние характеристики легко построить, преобразуя результаты балансовых испытаний, представленных на рис. 7.

Непрерывный характер зависимостей, именуемых внешними характеристиками производства, не вызывает сомнения применительно к этому производству или к аналогичным непрерывным производствам. Возможность представить такими же непрерывными функциями соответствующие внешние характеристики дискретных производств (периодического действия) может вызвать у некоторых читателей сомнение. Попытаемся его рассеять.

Напомним, что, непрерывной считается такая зависимость, при которой бесконечно малому приращению аргумента соответствует бесконечно малое приращение функции. Для химико-технологического процесса периодического действия важным параметром является длительность выдержки или длительность операции в целом. Изменения температуры, давления в зоне реакции или концентрации исходных компонентов, влияющие на ход процесса, обусловливают целесообразные изменения длительности цикла $\tau_{\text{ц}}$, причем малым изменениям параметров процесса соответствуют малые изменения $\Delta\tau_{\text{ц}}$. Если рассматривать объем выпуска продукции A или потребление сырья G_i не за короткие интервалы времени (час, смена), а за достаточно длительный плановый период (квартал, год), то их величина оказывается обратно пропорциональной длительности цикла, т. е. может рассматриваться как непрерывная функция режимных параметров.

Вопрос о возможном интервале изменения режимов является особым вопросом и должен решаться конкретно в каждом частном случае. Вместе с тем принципиальная возможность рассматривать внешние (непрерывные) характеристики производства в некотором интервале режимов распространяется и на периодические производства, если речь идет о показателях за достаточно длительный плановый период.

Наряду с рассмотренными видами внешних характеристик производства широко используются также их модификации, которые будем именовать *удельными внешними характеристиками*. От приведенных выше они отличаются тем, что интересующие нас технико-экономические показатели функционирования производства представлены не в их абсолютных значениях, а в расчете на единицу соответствующей выходной или входной переменной.

Таким образом, удельными характеристиками производства по выходу будут изменения (в рабочем диапазоне режимов) удельного дохода (прибыли) на единицу продукции и широко применяемого показателя себестоимости единицы продукции:

$$\Phi_u/A_j=\varphi_j(A_j) \qquad З_э/A_j=c_j(A_j) \tag{3.3}$$

Соответственно удельными характеристиками по входу будем считать изменения (в рабочем диапазоне нагрузок) удельного дохода (прибыли) и валового выпуска продукции на единицу перерабатываемого сырья:

$$\Phi_u/G_i=\psi_i(G_i) \qquad Ц_jA_j/G_i=f_{ij}(G_i) \tag{3.4}$$

Показатели и характеристики (3.3) играют важную роль при оценке эффективности разных способов производства одного и того же вида продукции. Аналогично показатели и характеристики (3.4) позволяют сравнивать эффективность разных направлений переработки сырья одного и того же вида. Еще одна разновидность показателя эффективности переработки сырья будет рассмотрена в гл. 4.

Несмотря на важность рассмотренных внешних характеристик производства, в некоторых задачах они оказываются недостаточными. В гл. 4 будет показано применение так называемых *дифференциальных внешних характеристик* системы. Их отличие от рассмотренных выше состоит в том, что они устанавливают зависимости не между абсолютными или относительными значениями целевой функции и внешними параметрами звена, а между их приращениями.

3.2.2. Функционально-информационная структура системы управления

Для уточнения и анализа структуры системы управления характерны особые методические приемы. Здесь в ходе анализа основное значение имеет не столько формальная организационная структура, т. е. состав служб, функциональных подразделений и их подчиненность, сколько фактическое распределение отдельных функций управления и информационные связи между ними. Такую структуру правомерно именовать *функционально-информационной*.

Систему управления можно уподобить производственному звену с тем принципиальным отличием, что если производственное звено перерабатывает материальные продукты, превращая сырье

в конечный продукт, то система управления перерабатывает информацию, т. е., используя исходные данные, вырабатывает командные воздействия на объект управления. Продолжая эту аналогию, следует отметить, что, кроме переработки сырья, промышленное предприятие выполняет вспомогательные функции по материально-техническому снабжению производства, хранению и транспортировке как сырья, так и готовой продукции и по ее сбыту.

Соответственно этому система управления не только перерабатывает информацию, но и осуществляет ее сбор, передачу и хранение, помимо этого она реализует принятые решения и контролирует их выполнение.

С этих позиций функционально-информационную структуру системы управления можно уподобить «технологической схеме» процессов сбора, передачи, хранения, переработки информации и реализации принятых управленческих решений.

Стадиями этой «технологической схемы» являются достаточно детализированные функции управления. Используя принятую для иерархических систем терминологию, мы будем выделять функции (подфункции) разных рангов с тем, чтобы установить их взаимосвязи и подчиненность.

При такой аналогии роль «технологического регламента» играют две группы документов, составляющие организационное и методическое обеспечение системы управления.

Организационное обеспечение — это совокупность организационно-распорядительной документации, регламентирующей порядок выполнения функций управления, уточняющий *кто*, *что и когда* должен выполнять. Сюда относятся организационные стандарты, положения о подразделениях, должностные инструкции, некоторые приказы, распоряжения и указания.

Методическое обеспечение — это совокупность методик и методических указаний, регламентирующих, *как* должны выполняться те или иные функции.

Таким образом, уточнение функционально-информационной структуры охватывает состав функций, их распределение и информационные связи, реализуемые на документах или по каналам связи, в условиях использования АСУ.

В последние годы предпринимаются усилия по унификации функционально-информационных структур. Речь идет как о составе функций, так и об информационном обеспечении системы управления, в том числе, об унификации документооборота, содержания реквизитов, структуры информационных потоков, передаваемых по каналам связи, и массивов информации, хранящихся в ЭВМ.

Унификация состава функций управления и совершенствование их организационного обеспечения на основе стандартизации были начаты 10—15 лет тому назад применительно к управлению качеством продукции в связи с созданием на большинстве предприятий комплексных систем управления качеством продукции (КС УКП). Функции управления качеством продукции, их инфор-

мационные связи были предметом тщательных исследований, выполненных многими предприятиями и организациями, обобщенных и развитых ВНИИСом. По ходу этих исследований состав функций последовательно уточнялся и конкретизировался в нескольких изданиях методических рекомендаций и материалов ВНИИСа [72, 73].

С 1981 г. Госстандарт ввел в действие комплекс ГОСТов «Управление производственным объединением и промышленным предприятием» [74] для опытного внедрения. В этом комплексе дана систематизация управленческих функций и задач (функций младшего ранга), охватывающих в основном всю деятельность промышленного предприятия, а также предложены примерные перечни подразделений, участвующих в реализации этих функций.

Несмотря на это, нам представляется целесообразным уделить определенное внимание методологии уточнения функционально-информационных структур систем управления производством. Это оправдано, во всяком случае, по трем причинам.

Во-первых, состав функций управления и задач (работ) по их реализации — это лишь часть исходных данных для построения структуры. Важно уточнить и конкретизировать распределение этих работ по подразделениям и исполнителям (организационным звеньям системы), детализировать по содержанию и во времени информационные связи между ними. Такая конкретизация неизбежно отразит специфику системы управления на данном объекте, а потому задача уточнения функционально-информационной структуры в той или иной мере стоит перед каждым предприятием, несмотря на достаточно полные методические рекомендации и ГОСТы.

Во-вторых, упомянутый выше комплекс ГОСТов содержит лишь примерный и укрупненный состав функций и задач.

В-третьих, помимо совершенствования функций управления на уровне предприятия (охваченных упомянутым комплексом ГОСТов), актуальны аналогичные работы на уровне отраслевых институтов, ВПО и отрасли в целом, а следовательно, актуален и этап уточнения функционально-информационной структуры систем управления этих уровней.

Формирование функционально-информационной структуры системы управления производством рекомендуется осуществлять в три подэтапа, которые целесообразно выполнять не строго последовательно, а параллельно-последовательно, т. е. приступая к последующему подэтапу еще до окончательного завершения предшествующего. Перечислим эти подэтапы (процедуры):

а) выявление и систематизация основных функций и подфункций разного ранга методом ветвления (последовательной декомпозиции);

б) распределение функций разных рангов по конкретным службам, подразделениям и исполнителям с четким определением их прав и обязанностей по выполнению этих функций и контролю их выполнения;

и выполняемыми ими функциями. Под звеньями здесь понимаются подразделения объектов и органов управления разных уровней.

Возникает законный вопрос: что должно быть получено в результате реализации этих трех процедур, исполнительная «фотография» существующей функционально-информационной структуры или проект той структуры, которая должна быть создана? Ответ на этот вопрос вытекает из выводов предыдущего раздела данной главы. Суть ответа состоит в том, что в результате выполнения трех указанных выше процедур должна быть получена исполнительная схема функционально-информационной структуры, но при этом желательно зафиксировать и те ее недостатки, которые удалось выявить в ходе проведения анализа.

Эти недостатки будут использованы при выявлении путей достижения целей и подготовке решения проблемы совершенствования системы управления.

Обратимся теперь к методологии проведения каждой процедуры.

Выявление и систематизацию функций управления можно осуществлять тем же методом последовательной декомпозиции, который был использован ранее при построении «дерева целей». И в том и в другом случае важно выделить основные (исходные) звенья древовидной структуры (звенья 1-го ранга), с которых начинается дальнейшее «ветвление». При систематизации целей в качестве таких исходных подцелей 1-го ранга были приняты конечные результаты и экономия ресурсов всех видов (см. рис. 8). Приступая к систематизации функций, нам предстоит так же разделить всю совокупность функций управления на несколько первичных (основных) комплексов.

Известно, что в плановом социалистическом хозяйстве основным звеном управления является *планирование,* которое правомерно считать одним из таких первичных комплексов «дерева функций».

После того, как план составлен и утвержден, основные усилия сосредоточиваются на *организации работ по выполнению плана и управлению этими работами.*

На первый взгляд формирование плана и обеспечение его выполнения полностью исчерпывает задачи, стоящие перед предприятием или организацией. Однако если рассматривать предприятие или организацию как одну из подсистем народного хозяйства с ее внешними связями, то станет очевидной важность еще одного комплекса функций: *обеспечение эффективности использования конечных результатов.*

Необходимость этого комплекса функций особенно наглядна применительно к исследовательским и проектным институтам, поскольку их непосредственной «продукцией» является техническая документация. Для обеспечения эффективного использования этой продукции предстоит ответственный этап внедрения разработок.

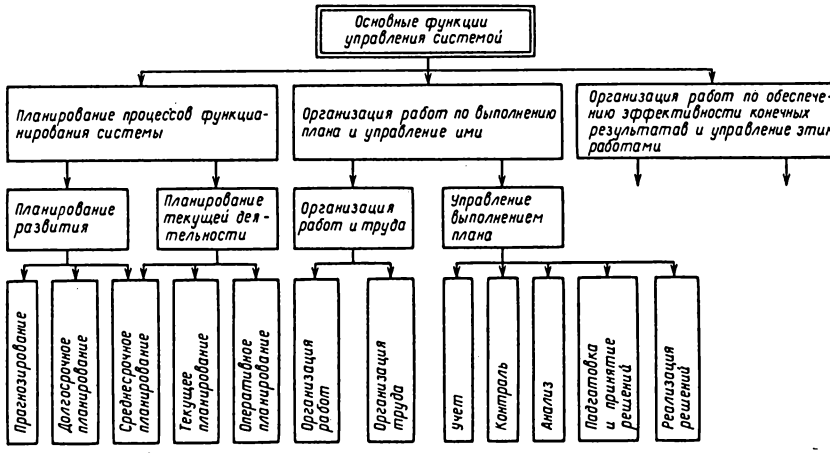


Рис. 13. «Дерево основных функций управления» (общие функции старших рангов).

Для промышленных предприятий рассматриваемый комплекс функций предусматривает управление мерами, направленными на повышение эффективности использования продукции. Иногда эти меры ограничиваются составлением квалифицированных инструкций для потребителя, оказанием ему технической помощи в освоении технологии использования новой продукции, в систематическом контроле правильности ее применения. В некоторых случаях эти функции оказываются значительно шире. Так, например, в состав производственного объединения ВАЗ входит широкая сеть станций технического обслуживания машин, выпущенных предприятием.

Выделенные нами три основных комплекса функций можно рассматривать как типовые практически для всех промышленных систем (предприятие, институт, подотрасль, отрасль). Дальнейшая их декомпозиция требует определенной конкретизации объекта управления. На рис. 13 представлено «дерево основных функций управления» применительно к промышленному предприятию.

В комплексе функций планирования с учетом принятых временны́х этапов формирования планов могут быть выделены подфункции: прогнозирование, а также долгосрочное, среднесрочное, текущее и оперативно-календарное планирование.

Вопрос о соотношении категорий «организация» и «управление» является в известной мере дискуссионным [76]. В первом приближении можно рекомендовать выделить те подгруппы, которые представлены на рис. 13.

Собственно управление работами по реализации плана (так же, как управление любой деятельностью системы вообще) складывается из элементов, рассмотренных на рис. 2, а именно

из учета, контроля, анализа, подготовки и принятия управленческого решения и его реализации посредством соответствующего воздействия на объект.

Типизации в наименьшей степени поддается третье направление деятельности производственных систем: обеспечение эффективности конечных результатов. Как было отмечено, это зависит от того, в какой мере предприятие оказывает помощь потребителям своей продукции в освоении и обеспечении эффективности ее использования.

Дальнейшая дифференциация и систематизация функций управления зависит уже не только от дальнейшей конкретизации объекта управления, но и от уточнения той проблемы, применительно к решению которой проводится анализ системы. С учетом этого исходные укрупненные функции 2-го ранга, представленные на рис. 13, подлежат последовательной декомпозиции в нескольких разрезах. Так, если интересующая нас проблема связана с основной текущей производственной деятельностью системы, то планирование, организация работ и управление ими рассматриваются как формирование производственной программы, обеспечение ее ресурсами, управление выполнением плана производства и поставок продукции.

При рассмотрении проблем развития и совершенствования производственных систем функции планирования анализируются в более широком диапазоне времени, включают разработку перспективных планов производства, перспективных и текущих планов научно-технического развития, капитального строительства, мероприятий по охране окружающей среды и социальному развитию коллектива. Соответственно расширяется и состав функций по реализации планов.

Изложенные выше соображения по анализу функций управления и выделенные на рис. 13 основные функции относятся к управлению системой в целом.

Каковы пути дальнейшего развития этого дерева функций управления?

Было бы неправильно устанавливать единую строгую последовательность детализации функций, например, такую, при которой вначале осуществляют дифференциацию объекта управления, а потом конкретизацию по целевому признаку, или наоборот. Порядок анализа в значительной мере зависит от содержания решаемой проблемы.

Начнем с того, как используется конкретизация подцелей для детализации функций управления. Для этого удобно рассмотреть пример качества продукции, функции управления которым проработаны наиболее подробно.

Вернемся к «дереву целей» промышленного предприятия, примерный вариант которого был сформирован в разд. 2.2.2. Удовлетворение потребности народного хозяйства в качестве продукции входило в состав этого «дерева» как одна из подцелей 3-го ранга. Детализируя ее методом ветвления, мы выделили три

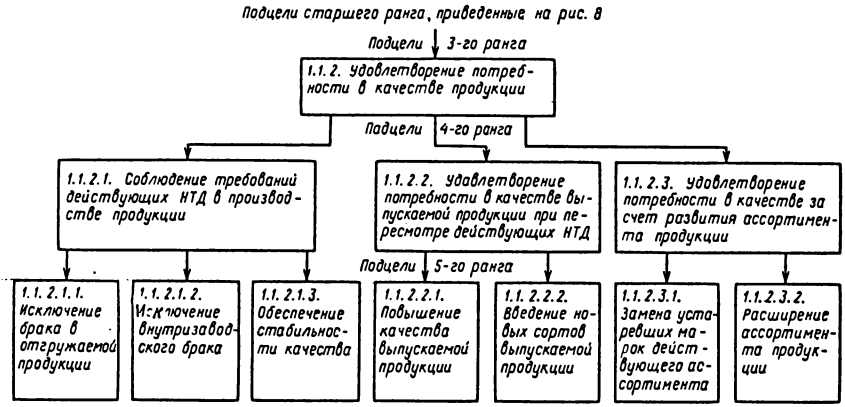


Рис. 14. Фрагмент «дерева целей» промышленного предприятия (развитие подцели «удовлетворение потребности в качестве продукции»).

подцели 4-го ранга и семь подцелей 5-го ранга (рис. 14) в виде фрагмента «дерева целей». Естественно, что такая конкретизация подцелей позволяет соответственно уточнить и функции управления, направленные на достижение подцелей. Так, если подпроблему управления качеством в ходе решения конкретной проблемы ограничить лишь соблюдением действующих нормативно-технических документов (НДТ), то в составе функций планирования, подлежащих анализу, останется лишь разработка плана мероприятий, направленных на устранение причин нестабильности качества продукции, в том числе на совершенствование метрологического обеспечения контроля сырья и материалов, повышение квалификации кадров, технологической дисциплины и др.

Наоборот, если функции управления рассматривать применительно к достижению подцели развития ассортимента продукции, то функции планирования, подлежащие анализу, должны отражать всю совокупность мер по прогнозу потребности в новой продукции, по ее разработке и постановке на производство.

Именно в этом состоит суть уточнения состава и детализации функций управления на основе конкретизации подцелей.

Рассмотрим теперь, как надлежит использовать для уточнения состава функций конкретизацию локальных и функциональных объектов управления. Выше, определяя сущность задачи построения функционально-информационной структуры системы управления, мы отметили, что в качестве исходных материалов располагаем чаще всего лишь организационной структурой объекта и системы управления им. Под организационной структурой предприятия, как правило, понимается состав его производств, цехов, служб, в том числе относящихся к основному и вспомогательному производству (обслуживающему и обеспечивающему) Каждый из этих элементов системы можно рассматривать, как

локальный объект, управление которым реализуется за счет определенной совокупности функций управления.

Наряду с организационной структурой собственно производственной системы как объекта управления, существует также организационная структура аппарата управления предприятием в целом, представляющая собой совокупность его подсистем, т. е. функциональных подразделений органа управления с управленческим аппаратом служб и цехов, информационно связанных между собой, а также с внешними источниками и адресатами информации.

Обычно функциональные подразделения формируются по основным направлениям деятельности предприятия и управления ими, к которым относятся: материально-техническое снабжение, производство, сбыт продукции, техническое развитие, финансы, труд и заработная плата, капитальное строительство и др.

В свою очередь, каждое из этих направлений деятельности можно рассматривать как объект (точнее, функциональный объект) управления.

Распределение функций по конкретным службам, подразделениям и исполнителям, принятое на предприятии или в аппарате управления, может быть установлено на основе рассмотрения организационно-методических документов, в том числе положений, должностных инструкций и организационно-методических стандартов.

Как правило, положения и должностные инструкции содержат состав функций, права и обязанности соответственно для подразделений и специалистов. Организационно-методические стандарты должны регламентировать взаимосвязи и взаимодействия подразделений и специалистов в ходе реализации определенной функции или групп функций.

На этом основании ознакомление с организационно-методической документацией позволяет не только установить размещение функций управления, но и осуществить дальнейшее уточнение и детализацию состава этих функций в разрезе отдельных локальных и функциональных объектов управления. Однако, как показывает опыт, фактический состав функций управления зачастую оказывается шире, чем тот, который зафиксирован в организационно-методической документации. Поэтому при выявлении и уточнении функционально-информационной структуры системы управления рекомендуется не ограничиваться рассмотрением действующих положений, должностных инструкций и организационных стандартов, а осуществлять более детальное обследование каждого подразделения, анализировать состав его входящей и исходящей информации, определять сущность операций по переработке информации, проводимых в подразделении, состав подготавливаемых и реализуемых управленческих решений.

Таковы в общих чертах пути детализации состава и размещения функций управления применительно к отдельным объектам (подсистемам).

Конкретизация информационных связей. Выше мы отмечали, что для формирования функционально-информационной структуры системы управления необходимо не только выявить состав функций, их размещение по службам, подразделениям и исполнителям, но и конкретизировать информационные связи как между отдельными звеньями, так и между разными функциями, которые оказываются информационно взаимосвязанными. Результат такой конкретизации удобно фиксировать в виде схемы, которую мы будем именовать функционально-информационной, хотя по аналогии ее правомерно было бы назвать технологической схемой сбора, передачи, хранения, переработки и использования информации.

Рассмотрим основные приемы построения функционально-информационной схемы на примере планирования повышения качества выпускаемой продукции. В первую очередь нам предстоит разделить эту функцию на подфункции более низких рангов (термин принят условно, по аналогии с подцелями и подпроблемами).

Обратившись к ГОСТ 24525.2—80 «Управление качеством продукции» [75], мы еще раз убедимся в том, что задача уточнения функционально-информационной структуры управления в той или иной мере стоит перед каждым предприятием, несмотря на достаточно полные методические рекомендации и ГОСТы. В самом деле, в «Примерном перечне задач по специальным функциям управления» упомянутого стандарта мы встретим избранную для рассмотрения задачу (мы называем ее функцией или подфункцией соответствующего ранга), но не найдем ее дальнейшей детализации. Кроме того, головным органом управления для этой задачи выбран отдел главного конструктора, исходя из специфики машиностроительной промышленности.

Таким образом, непосредственно на основании анализа сложившейся практики на рассматриваемом предприятии нам предстоит уточнить интересующий нас фрагмент функционально-информационной структуры управления. Попытайтесь предварительно поработать над решением этой задачи самостоятельно. Для оформления функционально-информационной схемы рекомендуется:

выделить на листе горизонтальные строки для каждого подразделения, участвующего в формировании, рассмотрении и утверждении плана повышения качества выпускаемой продукции;

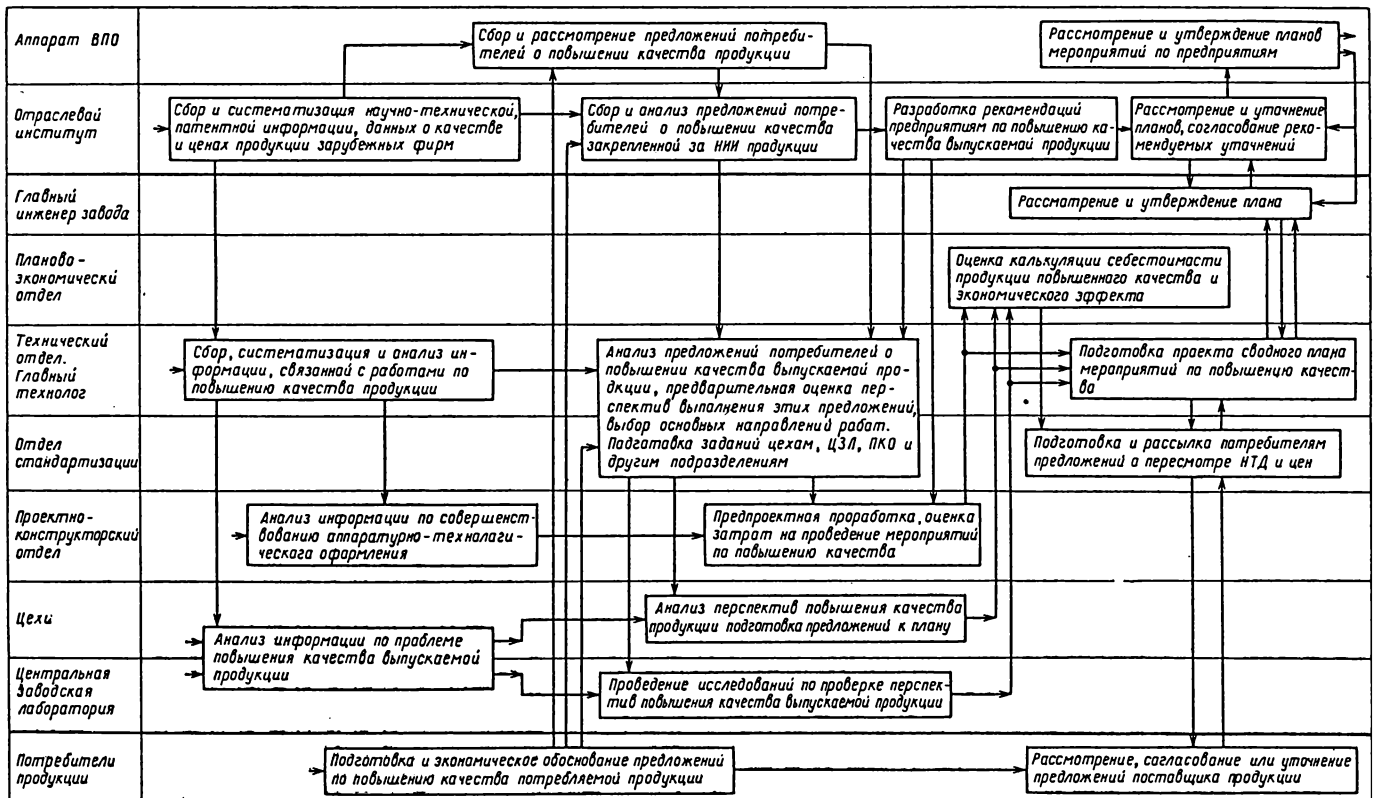
разместить в строках прямоугольники, в каждом из которых кратко записать основное содержание работы, выполняемой соответствующим подразделением (лицом, службой), на определенном этапе планирования;

соединить все прямоугольники стрелками, изображающими информационные связи между отдельными работами.

* *
*

А теперь рассмотрим схему, представленную на рис. 15. Весьма вероятно, что в той или иной мере она отличается от подготовленной Вами. Это может

Рис. 15. Фрагмент функционально-информационной структуры системы управления предприятием «подготовка и утверждение плана мероприятий по повышению качества продукции».


Аппарат ВПО
Сбор и рассмотрение предложений потребителей о повышении качества продукции
Рассмотрение и утверждение планов мероприятий по предприятиям
Отраслевой институт
Сбор и систематизация научно-технической, патентной информации, данных о качестве и ценах продукции зарубежных фирм
Сбор и анализ предложений потребителей о повышении качества закрепленной за НИИ продукции
Разработка рекомендаций предприятиям по повышению качества выпускаемой продукции
Рассмотрение и уточнение планов, согласование рекомендуемых уточнений
Главный инженер завода
Рассмотрение и утверждение плана
Планово-экономический отдел
Оценка калькуляции себестоимости продукции повышенного качества и экономического эффекта
Технический отдел. Главный технолог
Сбор, систематизация и анализ информации, связанной с работами по повышению качества продукции
Анализ предложений потребителей о повышении качества выпускаемой продукции, предварительная оценка перспектив выполнения этих предложений, выбор основных направлений работ. Подготовка заданий цехам, ЦЗЛ, ПКО и другим подразделениям
Подготовка проекта сводного плана мероприятий по повышению качества
Отдел стандартизации
Подготовка и рассылка потребителям предложений о пересмотре НТД и цен
Проектно-конструкторский отдел
Анализ информации по совершенствованию аппаратурно-технологического оформления
Предпроектная проработка, оценка затрат на проведение мероприятий по повышению качества
Цехи
Анализ перспектив повышения качества продукции подготовка предложений к плану
Анализ информации по проблеме повышения качества выпускаемой продукции
Центральная Заводская лаборатория
Проведение исследований по проверке перспектив повышения качества выпускаемой продукции
Потребители продукции
Подготовка и экономическое обоснование предложений по повышению качества потребляемой продукции
Рассмотрение, согласование или уточнение предложений поставщика продукции

быть обусловлено особенностями управления качеством на отдельных предприятиях, некоторыми упущениями читателей, а также рядом недостатков представленной схемы. Выявить эти причины расхождений поможет краткое обсуждение схемы.

Повышение качества выпускаемой продукции должно осуществляться на основании экономически обоснованных предложений потребителей и с учетом реальных возможностей и затрат на выполнение этих предложений. Естественно, что планирование повышения качества должно начинаться со сбора и анализа предложений (требований) потребителей о повышении качества применяемой ими продукции. В условиях, характерных для химической промышленности, такие предложения потребителей могут поступать в аппарат ВПО, отраслевой институт и непосредственно на предприятия.

Специалистам предприятия (иногда самостоятельно, а по некоторым продуктам — с участием отраслевого НИИ) предстоит определить обоснованность этих предложений, реальность их выполнения и пути реализации. На предприятиях эти исследования выполняются чаще всего центральной заводской лабораторией (ЦЗЛ) с участием главного технолога, технолога цеха, представителей технического отдела (ТО) и отдела технического контроля (ОТК).

Для выполнения указанных исследований исполнители должны собрать и проанализировать достаточно обширную исходную информацию, в том числе научно-техническую и патентную, данные о показателях качества и ценах зарубежных аналогов, статистические данные о колебаниях показателей качества, накопленные в ОТК, цеховой лаборатории или в АСУ предприятия.

Если меры по повышению качества продукции требуют изменения аппаратурно-технологического оформления производства, то к работам подключается проектно-конструкторский отдел (ПКО). Одним из этапов его работы является предпроектная проработка, результаты которой используются совместно с планово-экономическим отделом (ПЭО) для оценки сметы затрат и изменений калькуляции себестоимости. Анализ этих данных, а при необходимости и дополнительных связей с потребителями позволяет окончательно определить направление и содержание работ по повышению качества данного продукта, т. е. сформировать соответствующий раздел плана повышения качества, отражающий комплекс намеченных мероприятий, а также их обеспечение необходимыми ресурсами и состав исполнителей.

Сложившаяся в химической промышленности практика рассмотрения и утверждения планов повышения качества продукции отводит существенную роль отраслевым НИИ, которые, как правило, рассматривают предложения предприятий, апробируют их, подготавливают рекомендации всесоюзному промышленному объединению по уточнению и утверждению планов.

Таковы в общих чертах комментарии к фрагменту функционально-информационной структуры, представленному

на рис. 15. Необходимо подчеркнуть, что эта схема приведена лишь как иллюстрация оформления результатов обследования системы управления и ни в коей мере не должна рассматриваться, как результат разработки наиболее рациональной организации планирования повышения качества продукции. Более того, ниже мы покажем некоторые существенные недостатки рассмотренной на схеме организации планирования.

Краткие выводы

1. Для реализации системного подхода к решению проблем, направленных на совершенствование промышленной системы, необходимо уточнить структуру как объекта управления, так и системы управления этим объектом.

2. Все реальное многообразие связей (отношений) между элементами системы отразить в структурной схеме практически невозможно. Поэтому уточнение структуры системы должно быть подчинено решению конкретной проблемы, учитывать ее специфику.

3. Для построения структуры объекта управления следует:

выявить элементы системы — подсистемы младших рангов;

установить, исходя из постановки проблемы, какие связи элементов играют существенную роль в решении данной проблемы и подлежат учету как системообразующие;

сгруппировать элементы в относительно автономные комплексы (подсистемы разных рангов) с учетом выделенных существенных связей.

4. При решении проблем, направленных на совершенствование взаимодействия производств, как элементов системы, важной процедурой является уточнение их входных и выходных характеристик в рабочих диапазонах технологических режимов.

5. Уточнение структуры системы управления должно полностью охватывать все те функции, которые прямо или косвенно связаны с решением поставленной проблемы. Рассмотрения собственно организационных структур недостаточно. Необходимо построить детальную функционально-информационную структуру на основе выполнения следующих процедур:

детальная декомпозиция исследуемых функций управления на функции младших рангов;

анализ размещения функций по конкретным службам, подразделениям, исполнителям;

конкретизация информационных связей между подфункциями (и звеньями системы), анализ организационного и методического обеспечения этих связей и процессов переработки информации.

6. Осуществляя построение существующей функционально-информационной структуры системы управления следует одновременно анализировать и фиксировать ее недостатки.

3.3. КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ

Приступая к рассмотрению методологии выявления путей достижения цели, мы уже отмечали, что в ее основе лежит анализ недостатков функционирования каждой из подсистем, определение причин этих недостатков. В общем случае критическому анализу подлежат как подсистемы объекта управления, так и звенья действующей системы управления.

Пути достижения цели — это, по существу, преодоление трудностей и недостатков в функционировании системы, устранение препятствий, которые мешают достижению цели. Именно поэтому критика и самокритика рассматриваются как действенное оружие Коммунистической партии, а умение вдумчиво анализировать недостатки в работе — важное требование к каждому работнику аппарата управления, в особенности к руководителю.

Заслуживает внимания поучительный в этом плане эпизод.

На одном ответственном совещании отчитывался директор предприятия. Доклад, содержащий сведения о проделанной работе и достигнутых положительных результатах, состоялся, но его обсуждение решено было не проводить.

— Мы заслушали — отметил председатель — речь о достижениях завода и его директора. Но не услышали даже простого перечня недостатков и трудностей в работе предприятия, хотя в праве были ожидать вдумчивого их анализа, планов преодоления, обоснованных предложений о необходимой заводу помощи. В чем дело? Быть может — это распространенная в годы первой пятилетки болезнь «головокружения от успехов»? Но тогда, как всякую болезнь, её надо лечить! Или директор не видит, не замечает недостатков в работе предприятия, в своей работе? Если это так, то возникает вопрос: нужен ли нам такой директор? Возможен и третий вариант: директор знает о недостатках, но не хочет, чтобы о них узнали мы. Такой директор нам наверняка не нужен! По-видимому следует через некоторое время еще раз послушать директора и по его повторному докладу решить: может ли он оставаться директором.

Итак, вывод из этого эпизода ясен: выявление подпроблем — это в первую очередь детальный критический анализ функционирования системы, т. е. выявление трудностей и недостатков в ее деятельности, определение причин, порождающих эти недостатки, поиск путей устранения этих причин или существенного ослабления их влияния. Выявленные пути должны использовать как внутренние резервы системы, так и обоснованное совершенствование внешних связей.

Остается лишь методологически рационализовать этот анализ, использовать системный подход к его проведению. Рассмотрим некоторые приемы, позволяющие систематизировать, упорядочить критический анализ функционирования системы.

3.3.1. Некоторые приемы анализа функционирования системы

Общий анализ деятельности предприятия и любой другой промышленной системы проводится в трех основных направлениях:

организационный анализ, т. е. анализ организации производства, труда и управления (в том числе организационных структур, управленческого труда, информационных связей и др.);

технико-экономический анализ хозяйственной деятельности;

социологические исследования.

Методика каждого из указанных направлений анализа достаточно полно освещена в литературе [76—80]. Поэтому здесь нет необходимости останавливаться на основных методических вопросах проведения анализа. Отметим лишь ряд моментов, непосредственно связанных с особенностями системного анализа проблем, а также приведем отдельные приемы выполнения некоторых процедур анализа.

Использование статистических методов. Системный подход опирается на количественные методы оценки связей и характеристик подсистем. Вместе с тем было отмечено, что достаточно сложные системы, как правило, находятся под воздействием случайных (стохастических) факторов, а возможности использования формализованных моделей зависят от изученности и стационарности стохастических процессов. Именно поэтому в ходе обследования объекта желательно использовать статистические методы анализа.

Недостаточно, например, констатировать несвоевременную поставку сырья. Необходимо построить и обработать гистограммы поставок за достаточно длительный срок. Эти данные будут важны для определения оптимального уровня страховых запасов. Направления статистических исследований определяются сущностью проблемы.

Особенно широкие возможности для применения статистических методов в анализе хозяйственной деятельности появляются при использовании АСУ, обеспечивающей и накопление обширной информации, и ее обработку. В последние годы математическая статистика получила применение и в социологии [80].

Анализ на основе «дерева целей». Выше построение «дерева целей» рассматривалось как средство достаточно полного выявления аргументов целевой функции. Вместе с тем «дерево целей» является и важным инструментом выявления подпроблем. Как отмечает Г. С. Поспелов: «В силу свойств человеческой психики представление о цели сразу же сопровождается представлением о средствах ее достижения» [11]. Для иллюстрации этого положения обратимся к фрагменту «дерева цели», представленному на рис. 14. На этот раз в качестве примера выберем первую из подцелей 4-го ранга, а именно «соблюдение требований действующих НТД в производстве продукции». Используя системный

подход, легко установить, что причиной нарушения качества продукции могут послужить следующие факторы:

внешние для производства, действующие на входе в систему; к ним относятся низкое качество исходного сырья, полупродуктов и материалов, сбои во всех видах энергоснабжения (пар, холод, электроэнергия и др.);

внутренние для данного производства, в том числе уровень технологии, состояние оборудования, метрологическое обеспечение производства, технологическая дисциплина и некоторые другие;

внешние для производства, действующие на выходе системы или за пределами собственно производства, в том числе нарушения правил контроля качества готовой продукции, ее складирования, хранения, транспортирования и использования.

Таким способом удается составить достаточно полный перечень (состав) факторов, которые могут затруднять и ограничивать достижение выбранной подцели. Анализ фактического состояния дел, обработка накопленных статистических данных, а в некоторых случаях экспертиза помогут установить, какие из выявленных факторов фактически действуют и в какой мере они обусловливают нарушение требований НТД к качеству продукции.

Аналогичным образом следует рассмотреть факторы, препятствующие достижению других подцелей (увеличение выпуска продукции, повышение ее качества), непосредственные причины перерасхода материальных и других ресурсов и т. д.

Хотелось бы подчеркнуть, что изложенный прием использования «дерева целей» в ходе обследования не содержит каких-либо особых методических тонкостей. Он лишь устанавливает логически строгий порядок критического анализа объекта и обеспечивает достаточно полное выявление негативных факторов

Анализ системы управления объектом. Если «дерево целей» служит инструментом для критического анализа функционирования системы в целом, то для выявления недостатков действующей системы управления важные исходные данные можно почерпнуть из анализа ее функционально-информационной структуры и организационно-методического обеспечения.

Прежде чем приступить к более детальному описанию анализа системы управления, изложим суть такого анализа в очень компактных и легко запоминающихся формулировках академика В. А. Трапезникова и профессора В. И. Терещенко.

Формула Трапезникова. В сентябре 1968 г. на IV Всесоюзном совещании по автоматическому управлению с проблемным докладом о вопросах управления экономическими системами выступил директор Института автоматики и телемеханики (ныне Института проблем управления) академик В. А. Трапезников. Среди многих других вопросов, поднятых в его докладе, была предложена так называемая «формула успешного управления», содержащая четыре условия, анализ выполнения которых помогает систематизировать выявление основных недостатков управления социально-экономическими системами [81]. Условия эти состоят в том, что

люди, взаимодействующие в большой социально-экономической системе, «знают, могут, хотят и успевают».

Рассмотрим более подробно сущность каждого из условий.

Первое из них («знают») — предполагает знание целей, а также научно-технических и организационных путей их достижения. При этом автор подчеркивает необходимость четкого и конкретного формулирования целей с соблюдением примерно тех требований системного подхода, которые были рассмотренны в гл. 2.

Второе требование («могут») — означает наличие условий, необходимых для реализации намеченных путей достижения целей, в том числе обеспеченность ресурсами, соответствие прав и ответственности и др. (В. А. Трапезников не выделяет как самостоятельный фактор информационное обеспечение, но нам представляется, что к понятию «могут» правомерно отнести и наличие информации, необходимой и достаточной для принятия обоснованного рационального решения).

Третье условие («хотят») — это совокупность факторов, определяющих мотивацию действий людей в процессе функционирования системы и управления ею, вопросы эффективного использования всех форм стимулирования, воспитания сознательного отношения к труду.

Четвертое условие («успевают») — это учет фактора времени, характерный для системного подхода к решению проблем, в том числе учет дополнительного эффекта, обусловленного сокращением сроков разработки и внедрения прогрессивных научно-технических решений.

Пять вопросов Терещенко. Известный специалист в области организации управления профессор Терещенко рекомендует при анализе системы управления рассматривать и систему в целом, и каждое ее звено под углом зрения пяти вопросов, которые он считает классическими для каждого работника сферы управления, в особенности для руководителя организации [82]. Эти вопросы близки к «условиям» В. А. Трапезникова, но не вполне совпадают с ними, а потому могут быть рекомендованы как еще один из приемов систематизации критического анализа существующей организации управления и выбора путей ее совершенствования.

Рассмотрим эти пять вопросов:

1. Почему делается т о, что делается? Иными словами, чем обосновано направление и содержание действий рассматриваемого подразделения или специалиста, соответствуют ли они целям системы и выявленным путям их достижения? Необходимы ли эти действия?

2. Почему делается т а м, где делается? Правильно ли распределены функции управления по подразделениям, оправдана ли принятая структура системы управления?

3. Почему делается т е м, кем делается? Это продолжение той же проблемы распределения функций управления и конкретных работ, но уже не между подразделениями, а между отдельными работниками.

Здесь должны быть рассмотрены вопросы передачи полномочий и разгрузки квалифицированных специалистов от таких работ, которые может выполнить менее квалифицированный работник.

4. Почему делается т о г д а, когда делается? Правильно ли приняты сроки выполнения работ, обоснованы ли они? Обеспечат ли они своевременность решений, взаимную увязку по срокам отдельных мероприятий? Известно, что в управлении меры, принятые слишком поздно, могут принести значительный ущерб. Вместе с тем необоснованное сокращение сроков по некоторым работам не только не дает эффекта, но нередко приводит к менее полной проработке вопроса, а следовательно, к снижению качества решения.

5. Почему делается т а к, как делается? Здесь речь идет уже об анализе методологического обеспечения работ, о техническом оснащении управленческого труда.

Сопоставляя вопросы Терещенко с формулой Трапезникова, можно отметить, что вопросы «то» и «так» в значительной мере соответствуют условию «знают», а вопрос «тогда» — условию «успевают». В то же время в вопросах Терещенко дополнительно акцентировано внимание на размещении функций («там» и «тем»), а в условиях Трапезникова — на анализе реальных условий выполнения функций («могут») и на вопросах стимулирования действий («хотят»). Таким образом, обе формулировки успешно дополняют одна другую.

Вместе с тем при тщательном рассмотрении работы отдельного подразделения, а тем более при анализе выполнения некоторой функции несколькими подразделениями необходима дальнейшая детализация приведенных выше вопросов, нужны определенные приемы анализа, которые помогли бы ответить на вопросы: там ли выполняется определенная функция, могут ли качественно выполнить ее в сложившихся условиях и т. д.

Детализация анализа системы управления. Выбор приемов дальнейшего анализа определяется сущностью системного подхода. В данном случае это означает, что реализация любой функции должна рассматриваться, как процесс функционирования некоторой информационной подсистемы, которая, в свою очередь, представляет собой совокупность взаимодействующих более простых звеньев по переработке информации.

Критическому анализу подвергается «технология» этого процесса, а исходными данными для анализа служат:

функционально-информационная схема, играющая роль «технологической схемы» и оформленная примерно так, как это было показано на рис. 15;

организационно-методическая документация, регламентирующая действия отдельных звеньев схемы («стадий») и их взаимодействие; по принятой аналогии эта документация играет роль «технологического регламента», и желательно, чтобы по своей четкости и конкретности она не уступала своему инженерному собрату.

Как следует осуществлять анализ такой «технологии»? Ответ на этот вопрос вытекает из сущности системного подхода: анализу должно быть подвергнуто каждое звено функционально-информационной структуры, а в ходе анализа необходимо учесть взаимодействие звеньев. При рассмотрении каждого звена важно достаточно полно выявить все его информационные входы и выходы, проверить полноту, четкость и эффективность организационного и методического обеспечения процессов работы с информацией.

Организационное обеспечение (в том числе организационные стандарты, положения, инструкции) должно конкретизировать как работу звена, так и его внешние связи, т. е. четко определять: ответы на следующие вопросы:

Кто, что, на основании чего, как и когда должен выполнять?

Кто, что, для чего, кому, когда и каким образом должен передавать (сообщать).

Из перечисленных чаще всего упускают вопросы: «На основании чего?» и «для чего?» Оба эти вопроса направлены в первую очередь на проверку входных и выходных потоков информации.

Вопрос: «на основании чего выполняется данным звеном работа?» — помогает проверить *достаточность* входной информации для качественного, эффективного выполнения соответствующей функции.

Наряду с анализом достаточности информации следует убедиться и в ее *необходимости*. Зачастую поиск ответа на вопросы: «Кем, как и для чего используются поступающая информация?» — позволяет выявить ту ее часть, которая является *избыточной*, неоправданно загружающей работников сферы управления ее подготовкой, передачей и хранением.

Чтобы проиллюстрировать приемы анализа функционально-информационной структуры на достаточность (или необходимость) входной информации ее звеньев, вернемся к схеме планирования повышения качества выпускаемой продукции (см. рис. 15). Основной ее недостаток нетрудно обнаружить, подвергнув проверке достаточность исходной информации. В самом деле, как было показано в гл. 2, формирование плана повышения качества продукции должно ставить своей целью «максимальное удовлетворение потребности в пределах выделенных ресурсов» либо «удовлетворение заданной потребности при минимальных затратах ресурсов». Однако вопрос обеспечения плана ресурсами не отражен в рассматриваемой схеме ни по первому, ни по второму варианту формулировки цели. В ней отсутствует исходная для предприятий информация о выделенных ресурсах, а также не нашел отражения и этап распределения лимитированных ресурсов между предприятиями на основе сравнительного анализа эффективности представленных ими мероприятий.

К сожалению, указанный дефект рассматриваемой информационной схемы не придуман в качестве учебного примера, а отражает достаточно распространенный недостаток многих

действующих систем планирования мероприятий по повышению качества выпускаемой продукции. Нередко предприятия ограничивают свои планы менее существенными мероприятиями, которые они смогут реализовать собственными силами, опасаясь, что включение в план работ, которые более эффективны, но требуют оборудования, приборов и других лимитированных ресурсов, приведет к невыполнению плана вследствие его необеспеченности такими ресурсами.

Следует обратить внимание еще на один недостаток функционально-информационной схемы, представленной на рис. 15. Речь идет о том, что схема не учитывает фактора времени. Быть может, правильнее было бы назвать это недостаточной информативной полнотой схемы, а не ее недостатком, но такая неполнота лишает нас возможности рассмотреть соответствующий фрагмент системы управления в аспекте таких указанных выше вопросов, как успевает ли соответствующее звено?, почему работа в нем выполняется именно тогда?

Чтобы устранить эту неполноту схемы, на ось абсцисс графика необходимо нанести календарную шкалу, а вертикальные стрелки, обозначающие информационные потоки, расположить соответственно срокам передачи информации.

Шкала времени на функционально-информационной схеме позволяет выявить несоответствия принятой «технологии» сбора и переработки информации по срокам выполнения работ, а следовательно, помогает перераспределить между звеньями ресурсы и функции с учетом трудоемкости работ и заданных ограничений по времени их выполнения.

Рассматривая методологические приемы анализа действующих организационно-методических документов, необходимо особо выделить аспект этого анализа, связанный с проверкой действенности контроля за соблюдением требований регламентированных самой документацией. Известно немало случаев, когда в положениях, инструкциях и организационных стандартах бывают достаточно полно и правильно отражены основные функции управления, а практически система «пробуксовывает», не работает. Чаще всего основной причиной этого бывает недостаточная четкость, а следовательно, и недостаточная действенность контроля за соблюдением требований.

Методически наиболее правильно не отрывать анализ действенности контроля от общего анализа содержания и конкретности требований, регламентированных документами. Это означает, что две группы вопросов, приведенных на с. 143 должны охватить всю совокупность регулярных управленческих работ, включая и контроль их выполнения. Отвечая на вопросы: «кто, что, на основании чего, как и когда должен выполнить?»,— следует сразу же искать ответы и на вопросы: «кто, на основании чего, как и когда сможет установить, что работа, подлежащая выполнению, фактически была выполнена недостаточно качественно, не в установленный срок или осталась невыполненной?»

Такая же аналогия должна быть прослежена и во второй группе вопросов о передаче информации. При этом вопросы контроля здесь будут фигурировать уже в двух аспектах. Во-первых, проверке подлежит полнота, достоверность и своевременность переданной информации. В связи с этим предстоит уточнить, кто, когда и как осуществляет этот контроль. Во-вторых, анализу подлежат информационные потоки о результатах контроля, т. е. система контроля должна содержать четкие ответы на вопрос, кто, кому, как и когда сообщает о результатах контроля (или только о случаях нарушений) и как, кем эта информация используется для принятия определенных мер (каких именно).

Осуществляя анализ действенности контроля соблюдения требований организационно-методической документации, необходимо помнить, что также, как и остальные элементы управления, контроль должен быть построен на основе иерархической структуры. Нельзя, например, считать достаточным указание, что контроль метрологического обеспечения качества продукции осуществляет Главный метролог предприятия. При этом сразу напрашивается вопрос по Трапезникову: может ли один Главный метролог обеспечить регулярный действенный контроль соблюдения требований метрологии в каждом цехе, в каждой смене, на каждом рабочем месте? Естественно, что не может! Нужна разветвленная иерархическая система контроля, в которой руководителю соответствующей службы (в данном случае Главному метрологу) отводится лишь верхний уровень иерархии.

3.3.2. Анализ причинно-следственных связей

Для выявления путей достижения целей (подпроблем) важно не только установить состав факторов, непосредственно затрудняющих нормальное функционирование системы, но и провести тщательный анализ причинно-следственных связей этих факторов.

Обратимся к аналогии в действиях технолога, врача и специалиста по управлению в ходе системного анализа соответствующих проблем.

Если больной жалуется на головную боль, то порошки от головной боли не могут его исцелить. Они могут только ослабить страдания больного от проявления (симптома) заболевания и именуются у медиков симптоматическим лечением. Для успешной борьбы с заболеванием необходимо установить первопричину патологических отклонений в организме (так называемый патогенез) и применить соответствующее патогенетическое лечение, направленное на устранение (или хотя бы ослабление) действия этой причины. Таким же должен быть системный подход и к совершенствованию социально-экономических систем. Это означает, что решение подпроблем и проблемы в целом должно быть направлено не столько на устранение внешних проявлений недостатков объекта и системы управления, сколько на преодоление причин, порождающих эти недостатки и на предотвращение их возникновения.

Выявление причинно-следственных связей является ответственным этапом системного анализа. При его проведении необходимо учитывать существенное различие между пониманием причинности в диалектической и формальной логике. Диалектика учит нас не ограничиваться рассмотрением явлений, которые «лежат на поверхности», а «...бесконечно углубляться от явлений к сущности, от сущности первого, так сказать, порядка, к сущности второго порядка и т. д. без конца» [7, с. 249].

Если формальная логика и метафизика учитывают только одну сторону причинности (следствие, как однозначный результат причины), то диалектика рассматривает причинность как одну из форм всеобщей связи и взаимообусловленности явлений объективного мира. Каждое явление может быть результатом (следствием) совокупности причин, а любая причина может обусловить совокупность ее проявлений. Причина и следствие находятся во взаимодействии, т. е. следствие нередко оказывает обратное воздействие на причину.

Диалектический подход к причинности существенно обогащает, но вместе с тем и осложняет анализ причинно-следственных связей при выборе и систематизации путей достижения целей.

Разберем на конкретном примере разницу между упрощенным и диалектическим (системным) подходом к построению причинно-следственных связей. Рассматривая факторы, нарушающие процесс функционирования промышленной системы, мы неоднократно называли среди них нарушения технологической дисциплины. Обсуждая причины таких нарушений с работниками предприятия, нередко приходилось слышать рассуждения примерно следующего содержания:

— Как же обойтись без нарушений технологической дисциплины, если текучесть кадров достигает 20—25 %? Еще прошлогоднего не успели обучить как следует, а на его место уже приходит новичок, совсем необученный!

На основании этих рассуждений можно построить сравнительно простую (линейную) цепь причинно-следственных связей, представленную на рис 16. Попытайтесь самостоятельно проанализировать и дополнить ее.

* * *

А теперь приступим к выполнению того же задания совместными усилиями. Нарушения технологической дисциплины могут быть обусловлены не только низкой квалификацией персонала, но и целым рядом других причин, в том числе:

недостаточным метрологическим обеспечением;

неудовлетворительной работой средств КИП и А даже при достаточно полном оснащении процесса этими средствами;

сознательным нарушением регламента (форсированием режима) в третьей декаде с целью «вытянуть» месячный план, если в первых двух декадах график производства был нарушен в результате несвоевременной поставки сырья, задержки ремонтных работ, аварий и другими причинами;

недостаточной производственной дисциплиной, которая, в свою очередь, снижена вследствие слабого контроля, отсутствия заинтересованности персо-

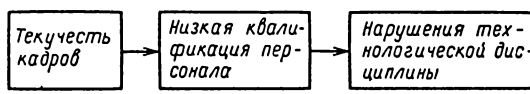


Рис 16. Схема причинно-следственных связей нарушений технологической дисциплины (вариант 1)

нала, отсутствия (или недостаточной эффективности) системы управления качеством труда и т. д

Соответственно низкая квалификация персонала может быть следствием не только высокой текучести рабочей силы, но и целого ряда недостатков в системе производственного обучения и аттестации кадров.

Наконец, очень важно учитывать, что не только текучесть кадров влияет на технологическую дисциплину вследствие их низкой квалификации, но что имеется и обратное влияние: низкая технологическая дисциплина ведет к снижению показателей хозяйственной деятельности предприятия, соответствующему сокращению фондов материального поощрения и тем самым способствует росту текучести кадров. В свою очередь, аварийный выход оборудования из строя находится под обратным влиянием форсирования режимов и низкой технологической дисциплины.

Естественно, что анализ причинно-следственных связей для каждого предприятия на конкретном этапе совершенствования управления будет иметь свою специфику, но даже условная схема причинно-следственных связей, построенная лишь с учетом изложенных выше соображений и далеко не полная (рис. 17) будет гораздо сложнее, чем 1-й вариант схемы причинно-следственных связей, представленный на рис. 16.

Хотелось бы на рассмотренном примере показать практическое применение формулы успешного управления академика Трапезникова.

В самом деле, первая из названных причин нарушения технологической дисциплины (низкая квалификация персонала) представляет собой невыполнение условия «знают». Низкую производственную дисциплину, недостаточную заинтересованность и обратное влияние технологической дисциплины (через материальное стимулирование) на текучесть кадров мы назвали, рассматривая некоторые нарушения условия «хотят». Наконец, большинство остальных выявленных причин — это в основном нарушения условия «могут», а преднамеренное

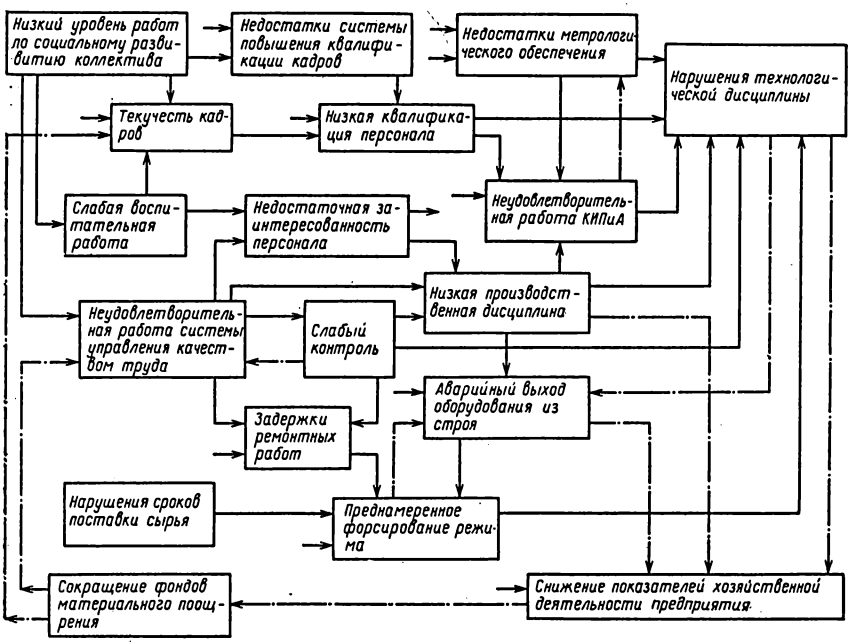


Рис. 17. Схема причинно-следственных связей нарушений технологической дисциплины (вариант 2):

——— *— прямое влияние;* —·— *— обратная связь.*

форсирование режима является непосредственным следствием того, что в силу ряда причин производство «не успевает» выполнить месячный план при нормальных технологических условиях.

При анализе причинно-следственных связей факторов, препятствующих достижению целей, можно принять те же приемы, которые были рассмотрены выше применительно к общему критическому анализу системы, а также к выявлению недостатков ее функционирования и управления процессом функционирования. Особенность данного этапа, т. е. анализа причинно-следственных связей состоит, главным образом, в том, что по каждому из выявленных недостатков (факторов, препятствующих достижению цели), необходимо с наибольшей полнотой установить:

совокупность причин, порождающих этот недостаток, затрудняющих его преодоление, усиливающих негативное влияние на степень достижения целей;

совокупность следствий, проявлений этого недостатка, наличие не только его непосредственного, но и ряда косвенных негативных влияний на достижение целей системы.

Более того, каждая из выявленных таким образом причин и каждое следствие (1-го порядка) должны быть подвергнуты подобному же анализу. Для них, в свою очередь, должны быть выявлены совокупности причин (на «входе») и следствий (на «выходе»), и т. д.

Не вызывает сомнений, что при таком достаточно полном (цепном) анализе будут выявлены и обратные влияния некоторых следствий на непосредственные или более отдаленные причины. Итогом анализа будет уже не линейная цепь, а разветвленная сеть (система) причинно-следственных связей.

Краткие выводы

1. Чтобы расчленить проблему на ее составные части (подпроблемы), необходимо подвергнуть объект и систему управления критическому анализу, в результате которого следует:

выявить основные трудности и недостатки в функционировании системы, ограничивающие достижение целей;

установить причинно-следственные связи выявленных непосредственных трудностей и недостатков;

определить пути устранения (ослабления) найденных причин и предотвращения их возникновения.

2. В ходе критического обследования системы используются хорошо разработанные методы анализа организации производства, труда и управления, анализа хозяйственной деятельности, методы социологических исследований. Кроме того, рекомендуется применение ряда приемов, характерных для системной методологии, к которым относятся:

анализ функционирования каждой из подсистем разных рангов с обязательным учетом их взаимных связей (именно поэтому в ходе критического анализа системы должны использоваться

результаты уточнения структуры объекта и его системы управления);

рассмотрение (по каждой из подсистем) препятствий к достижению каждой из подцелей системы (именно поэтому в ходе критического анализа должны использоваться результаты уточнения и систематизации подцелей).

3. Обследование системы управления требует тщательного анализа «технологии» сбора, передачи хранения и переработки информации, организационно-методического обеспечения этой «технологии», четко регламентированной системы контроля.

4. Полнота выявления подпроблем в значительной мере определяется полнотой анализа причинно-следственных связей, проводимого на основе диалектического понимания причинности.

3.4. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПУТЕЙ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ, ОЦЕНКА ИХ ЗНАЧИМОСТИ

3.4.1. «Дерево путей достижения целей»

Решить проблему в целом — значит найти и реализовать решения ее подпроблем, каждую из которых мы условились рассматривать как одно из направлений (путей) достижения целей функционирования системы.

Выше мы ознакомились с некоторыми приемами выявления путей достижения целей, но применение их будет более успешным, если одновременно с выявлением подпроблем будет осуществляться их систематизация.

Для систематизации путей достижения целей целесообразно использовать тот же метод ветвления (последовательной декомпозиции), который уже был рассмотрен применительно к систематизации целей и функций управления.

Рассматривая систематизацию целей, мы отмечали существование двух подходов к построению «дерева целей»: совмещения в одном графике собственно целей и целей — средств и раздельного построения «дерева целей» и «дерева путей достижения целей». Из этих двух вариантов для определенной категории проблем был рекомендован второй. Исходя из этого можно считать, что построение такого «дерева путей достижения целей» (иерархической структуры подпроблем) и должно стать результатом рассматриваемого этапа, т. е. выявления и систематизации путей достижения целей.

Коль скоро при выявлении основных подпроблем мы ориентировались на функции управления, за основу верхних уровней иерархии «дерева путей достижения целей» может быть принята соответствующая часть иерархической структуры основных функций управления (см. рис. 13).

Терминологически содержание подпроблемы может быть сформулировано как совершенствование соответствующей функции. Так если один из основных комплексов функций определен как

планирование, то соответствующая общая подпроблема «дерева путей достижения целей» может быть сформулирована как совершенствование планирования. Однако такое соответствие функций и подпроблем сохраняется лишь на старших рангах иерархической структуры.

Дальнейшая последовательная декомпозиция этих старших (основных) подпроблем должна осуществляться уже применительно к рассматриваемой локальной проблеме, подлежащей проработке, а также с учетом конкретных результатов критического анализа функционирования системы, выявленных недостатков в ее работе и управлении, причин этих недостатков.

Так, например, применительно к проблеме управления качеством продукции общая подпроблема 1-го ранга «совершенствование планирования» может быть расчленена на следующие подпроблемы 2-го ранга.

Подпроблема 1.1. Совершенствование планирования мероприятий по обеспечению выполнения требований, действующих НТД в производстве продукции.

Подпроблема 1.2. Совершенствование планирования мероприятий по повышению качества выпускаемой продукции.

Подпроблема 1.3. Совершенствование планирования работ по развитию ассортимента продукции.

В свою очередь, с учетом результатов критического анализа функционально-информационной структуры, представленной на рис. 15, должны быть определены основные направления совершенствования планирования мероприятий по повышению качества выпускаемой продукции. Эти направления определят соответственно подпроблемы 1.2.1, 1.2.2, 1.2.3 и т. д. Так, например, одна из этих подпроблем может быть определена с учетом недостатка в планировании мероприятий, рассмотренного выше (см. с. 143). Одна из возможных формулировок этой подпроблемы 3-го ранга будет следующей.

Подпроблема 1.2.3. Улучшение обеспечения планируемых мероприятий лимитируемыми ресурсами.

Весьма возможно, что в конкретных условиях будут выявлены разные пути обеспечения работ оборудованием, приборами, объемами строительно-монтажных работ и другими ресурсами. Соответственно будут определены подпроблемы 4-го ранга: 1.2.3.1, 1.2.3.2, 1.2.3.3 и т. д.

Такую последовательную декомпозицию подпроблем следует продолжать до тех пор, пока дальнейшая конкретизация каждой подпроблемы младшего ранга не будет означать перехода к определенному решению этой подпроблемы (мероприятию), подлежащему реализации, или приведет к выявлению нескольких вариантов решений, выбор одного из которых предстоит осуществить.

Опыт показывает, что для достаточно сложной проблемы при тщательном ее анализе метод ветвления позволяет выявить около ста, а иногда и нескольких сот подпроблем. В самом деле, если каждая из подпроблем будет разделена на 3—4 подпроблемы следующего ранга, то ветвление до подпроблем только 4-го ранга даст уже от $3^4=81$, до $4^4=256$ путей решения проблемы.

Естественно, что попытка реализовать все выявленные направления совершенствования организации и управления привела бы к распылению сил и ресурсов и оказалась бы неэффективной. Поэтому непосредственно после выявления путей достижения целей (а иногда и в ходе выявления) следует осуществить оценку их относительной значимости, трудоемкости и ресурсоемкости. По результатам такой оценки надлежит отобрать те подпроблемы, которые в пределах имеющихся ресурсов позволят в наибольшей степени достигнуть поставленные цели.

3.4.2. Оценка значимости подпроблем

Если выявление путей достижения целей можно отнести к этапам качественного анализа проблемы, то оценка значимости каждой из подпроблем, трудоемкости ее решения, ожидаемых затрат, требуют уже количественного подхода.

Использование количественных оценок в решении организационных проблем является характерной особенностью системного анализа, важным его отличием от волевого принятия управленческих решений.

При анализе проблем управления источником количественных оценок служат в основном результаты статистической обработки накопленных данных или специально собранных в ходе диагностического обследования системы, а также экспертные оценки. Нередко пользуются комбинацией двух этих источников.

Необходимость использования статистических методов в ходе обследования системы уже была подчеркнута выше. К этому следует добавить, что статистические методы успешно используются для факторного анализа, для выявления причин отдельных нарушений и количественной оценки влияния каждого из факторов [83, 84].

Экспертные оценки являются основным методом ранжирования подпроблем по их значимости. Более того, экспертиза целесообразна и на стадии выявления основных недостатков функционирования системы и их причинно-следственных связей. Экспертиза широко применяется также для оценки ожидаемой трудоемкости работ, затрат на отдельные мероприятия, сроков выполнения, потребительских свойств продукции и т. д.

Весьма важным и самостоятельным направлением экспертизы является формирование различных прогнозируемых данных. Это направление мы отмечали выше при рассмотрении вопросов учета отдаленных последствий решения проблемы.

Экспертные методы могут дать ориентировочные, но достаточно надежные оценки, лишь при условии методически правильной организации экспертизы [42—44, 85].

Отметим, что при экспертизе относительной значимости выявленных подпроблем существенное значение имеет учет не только общей компетентности экспертов (что обычно предусматривается методикой экспертиз), но и различная степень компетентности каждого из экспертов применительно к отдельным подпроблемам. Так, например, один и тот же эксперт может дать весьма компетентную оценку действенности намеченных социологических мероприятий и в то же время не иметь достаточного опыта для правильной оценки подпроблемы, связанной с улучшением использования средств вычислительной техники.

Естественно, что при оценке затрат, трудоемкости работ и ожидаемой эффективности по каждому из направлений решения проблемы (т. е. по каждой подпроблеме) может быть сформирована самостоятельная группа экспертов, достаточно

компетентная в данном частном направлении. Иначе обстоит дело, когда проводится экспертиза по определению относительной значимости совокупности подпроблем в решении общей проблемы. Именно в этих случаях и возникает необходимость учитывать разную компетентность каждого из экспертов по отношению к отдельным подпроблемам. Опыт показывает, что при таких экспертизах хорошие результаты дает использование самооценки экспертом его сравнительной компетентности в каждой из подпроблем. Следует лишь отметить, что применение самооценок компетентности требует от организаторов экспертизы проведения тщательного инструктажа экспертов, который обеспечил бы достаточно согласованный подход экспертов в выбору самооценок.

Кроме того, рассматривая вопрос об использовании экспертных методов, хотелось бы подчеркнуть, что итоги экспертизы будут более полными и результативными, если эксперты предварительно овладеют основами методологии системного анализа.

Взаимосвязь подпроблем. Отбор подпроблем, подлежащих решению, осуществляется в результате компромисса между желательной степенью достижения поставленных целей и реальными возможностями. Совокупность отобранных для решения подпроблем определяет предварительные границы проблемы, рекомендуемые на данном этапе ее анализа.

При отборе подпроблем недостаточно ранжировать их по ожидаемой эффективности решения, необходимо проследить их взаимосвязи и взаимную обусловленность.

Таким образом, для исключения той или иной подпроблемы из программы реализации следует убедиться не только в ее относительно низкой эффективности, но и в том, что ее решение не является необходимым условием для решения одной или нескольких отобранных и намеченных для реализации подпроблем.

Взаимосвязь подпроблем определяет также последовательность их рассмотрения и решения, а следовательно — программу решения проблемы в целом.

Дерево путей достижения целей дает лишь иерархическую структуру подпроблем без учета их взаимосвязей и последовательности реализации. Поэтому собственно структуризация проблемы составляет самостоятельный подэтап, выполняемый на основе анализа взаимосвязей и последовательности решения подпроблем.

Возвращаясь к вопросу определения границ проблемы, считаем необходимым обратить внимание на то обстоятельство, что на данном этапе системного анализа мы именовали намеченные границы предварительными. Предварительное определение границ проблемы осуществляется для того, чтобы по сравнительно ограниченной совокупности отобранных подпроблем перейти к этапу сравнительного анализа и выбора вариантов их решения.

Конкретизация варианта решения по каждой из подпроблем позволяет уточнить ожидаемую эффективность его реализации и необходимые затраты, а соответственно уточнить и состав окончательной программы решения проблемы в целом.

Краткие выводы

1. Систематизация путей достижения целей осуществляется тем же методом ветвления (последовательной декомпозиции), который использовался при построении «дерева целей». В результате строится «дерево путей достижения целей (подпроблем)».

2. Декомпозиция подпроблем проводится до уровня элементарных, т. е. таких, дальнейшая конкретизация которых приводит к выявлению определенных вариантов их решения.

3. Прежде чем переходить к выявлению вариантов решения элементарных подпроблем (младшего ранга), необходимо оценить значимость выявленных путей достижения целей и оставить лишь те, решение которых заметно скажется на результатах решения проблемы в целом.

4. Как правило, значимость подпроблем оценивают на основе экспертных оценок, максимально используя при этом результаты статистических исследований объекта обследования.

5. При экспертизе значимости подпроблем рекомендуется использовать самооценки компетентности экспертов в областях, связанных с реализацией отдельных путей достижения целей.

6. Этап завершается анализом взаимосвязи и взаимной обусловленности отдельных подпроблем. С учетом этих связей уточняется отбор подпроблем для выявления вариантов решений и определяются предварительные границы проблемы.

Глава 4

ВАРИАНТЫ РЕШЕНИЙ, ИХ ВЫЯВЛЕНИЕ И ВЫБОР

4.1. РЕШЕНИЕ ПОДПРОБЛЕМ И ПРОБЛЕМЫ В ЦЕЛОМ

Выбор целевой функции и ограничений, а также структуризация проблемы позволяют переходить непосредственно к выявлению и выбору вариантов решения каждой из подпроблем и проблемы в целом. Выполнение этого этапа в значительной мере составляет предмет методологии, именуемой исследованием операций.

Два предыдущих этапа опирались в основном на «логику» системного анализа. Рассматриваемый этап предусматривает выявление вариантов решений и выбор наилучшего из них. Выявление вариантов — процедура практически неформализуемая, но в ходе сравнения и выбора вариантов уже в полной мере вступает в действие «математика» системного анализа. Именно здесь особенно важно то творческое взаимодействие работников аппарата управления со специалистами по исследованию операций (экономической кибернетике), необходимость которого подчеркивалась ранее.

В ходе этого взаимодействия организатор производства, работник аппарата управления должен активно участвовать в постановке задачи, в решении вопросов выбора исходной информации, в рассмотрении промежуточных результатов решения и уточнении постановки задачи по результатам такого рассмотрения. Наконец, работники аппарата управления полностью осуществляют экспертизу окончательного решения, его принятие и реализацию. Для выполнения этих функций важно хорошо понимать сущность задачи и возможности экономико-математических методов, но вовсе не обязательно владеть этими методами.

Исходя из этих соображений, а также учитывая наличие обширной литературы по исследованию операций, мы ограничимся рассмотрением лишь сущности выявления и выбора решений.

Сущность этапа выявления и выбора решений станет ясной после того, как мы выясним основные виды решений подпроблем и рассмотрим, как переходить от решений отдельных подпроблем к выбору решения проблемы в целом.

4.1.1. Основные виды решений подпроблем

Приемы выявления вариантов решений, а также методы сравнения и выбора наилучших вариантов в значительной мере определяются тремя факторами:

постановкой задачи, определяющей предмет и характер выбора;

областью использования результатов решений;

полнотой и определенностью исходной информации, используемой для выбора решения.

Рассмотрим основные виды решений в зависимости от перечисленных выше факторов.

Решения, зависящие от постановки задачи. По особенностям постановки задач и характеру выбора решений большинство подпроблем, по которым приходится осуществлять выбор решения в ходе управления социально-экономическими системами, можно разделить на три основных вида, в каждом из которых осуществляется выбор: альтернативных вариантов; значений варьируемых параметров системы; состава (или структуры) формируемых комплексов.

Выбор альтернативных вариантов представляет собой сущность решения таких подпроблем, при анализе которых выявились два или несколько взаимоисключающих (альтернативных) варианта.

Термин «альтернатива» происходит от латинского alternare — чередование. В формальной и математической логике чаще используется термин «дизъюнкция» (от латинского disjunctio — разделение), который означает, что два или несколько высказываний (положений) связаны между собой союзом «или»:

или A, или B, или C

С использованием обозначений математической логики эта дизъюнкция может быть записана так:

$$A \vee B \vee C$$

Следует, однако, учитывать, что союз «или» может означать как неисключающее, так и взаимоисключающее разделение высказываний. Так, например, можно утверждать, что стимулирование — это поощрение или наказание. Но это утверждение не означает, что поощрение не может использоваться в сочетании с наказанием.

Вместе с тем, если рассматриваются варианты размещения проектируемого производства (на предприятии A, или B, или C), то здесь союз «или» выступает в своем взаимоисключающем значении. Такая дизъюнкция именуется строгой и означает:

или A, или B, или C, но не то и другое вместе!

Альтернативные варианты решений соответствуют именно строгой дизъюнкции, которую в математической логике принято обозначать двойным знаком:

$$A \vee\vee B \vee\vee C$$

Таким образом, задача выбора альтернатив состоит в том, чтобы из двух или нескольких взаимно исключающих вариантов решения выбрать тот единственный, который в данных конкретных условиях обеспечит наибольшую степень достижения целей.

Выбор значений варьируемых параметров системы представляет собой широкий класс так называемых оптимизационных задач по выбору режимных и конструктивных параметров отдельных аппаратов или распределению плановых заданий и ресурсов, т. е. определению значений внешних (входных и выходных) параметров производства, обеспечивающих его оптимальное взаимодействие с остальными подсистемами промышленной системы старшего ранга. К этому же классу задач относится определение обоснованных значений уровня запасов, большинства норм, нормативов и многих других параметров.

Чаще всего в подобных задачах оптимизации речь идет об одновременном определении значений совокупности варьируемых параметров, которые при заданных условиях (ограничениях) обеспечивают максимум или минимум (т. е. экстремум) соответствующей целевой функции.

Лишь в простейших задачах выбору подлежит только один варьируемый параметр, но даже в этих случаях принципиальное отличие от выбора альтернативных вариантов состоит в том, что оптимальное решение является наилучшим из всех возможных в данных условиях, в то время как выбор альтернативы обеспечивает лучшее решение из числа заданных вариантов. Поэтому называть избранную альтернативу оптимальным решением неправильно, хотя такие ошибки нередко допускают, утверждая например: «из трех рассмотренных схем мы приняли оптимальную».

Выбор состава формируемых комплексов, или набора компонентов, относится к другому классу оптимизационных задач, поскольку по своей постановке и методам решений они несколько отличаются от предыдущих.

Типичными примерами задач этого класса является выбор комплекса мероприятий, которые в пределах выделенных ограниченных ресурсов обеспечивают наибольший рост эффективности производства (см. разд. 4.3.3), выбор числа и типоразмеров оборудования. К этому же классу задач относится формирование сетевых планов выполнения комплексных работ в так называемых системах сетевого планирования и управления (СПУ). В известной мере транспортные задачи по выбору рациональных перевозок также можно отнести к рассматриваемой группе, так как в таких случаях речь идет о выборе оптимального набора последовательных отрезков пути из множества возможных вариантов или о формировании транспортной партии продуктов.

Решения, зависящие от области их использования. Методы выбора альтернатив, как будет показано ниже, мало зависят от области использования результатов решения. Вместе с тем методология решения оптимизационных задач формировалась и развивалась применительно к областям их использования. Укажем три группы таких решений: оптимальное проектирование; оптимальное управление производственными процессами; оптимальное планирование.

В постановке каждой из указанных групп задач имеются особенности, заслуживающие внимания. Важной в этом смысле процедурой является выявление варьируемых параметров, оптимальные значения которых подлежат определению. Указанные выше три группы задач различаются именно по составу варьируемых параметров. Прежде чем рассматривать особенности каждой группы, выделим основные категории варьируемых параметров, выбор которых встречается в задачах проектирования и управления, а также неуправляемых факторов, влияющих на выбор решений.

Варьируемые параметры можно разделить (в первом приближении) на три основные категории:

проектно-конструктивные параметры; применительно к проектированию отдельных производств — это, как правило, размеры аппаратов, их элементов, трубопроводов, толщина слоя катализатора и т. п.; при проектировании предприятий к этой же категории варьируемых параметров можно отнести емкость складов, параметры, определяющие мощность вспомогательных производств и многие другие параметры инфраструктуры промышленной системы;

режимные параметры, которые в гл. 1 мы именовали параметрами внутреннего состояния системы; в химических производствах типичными режимными параметрами являются температура и давление в зоне реакции, концентрации компонентов;

внешние (входные и выходные) параметры системы; в промыш-

ленном производстве ими являются в основном объем выпуска продукции (A) и используемые ресурсы $\{G_i\}$, для предприятия же в целом — это производственная программа и ее обеспечение всеми видами ресурсов.

Неуправляемыми факторами будем именовать те, изменение которых в процессе функционирования системы не относится к числу управляемых воздействий. Во-первых, это неуправляемые воздействия внешней среды, в том числе внешние возмущения и изменение условий. Во-вторых, это внутренние возмущения, примеры которых были рассмотрены в гл. I (см. с. 13). Применительно к задачам планирования и управления производственными системами выделим две основные категории неуправляемых факторов:

краткосрочные внешние и внутренние возмущения, в том числе изменение погодных условий, колебание качества исходного сырья, колебание параметров энергоснабжения и т. д.;

изменение экономических условий (конъюнктуры), в том числе рост или снижение дефицитности ресурсов, потребности в продукции и др.

С учетом принятой классификации варьируемых параметров и неуправляемых факторов особенности задач оптимального проектирования, управления и планирования состоят в следующем

При оптимальном проектировании экономические условия и плановые показатели бывают заданы, а возмущения не учитываются; для неуправляемых факторов принимаются вероятные или номинальные значения. Выбору подлежат оптимальные значения проектно-конструктивных и режимных параметров.

При оптимальном управлении процессами производство уже реализовано, т. е. конструктивные параметры известны и не изменяются, а плановые задания и экономические условия заданы. Выбору подлежат режимные параметры, которые в условиях реальных возмущений обеспечивали бы экстремум целевой функции.

При оптимальном планировании известны конструктивные параметры; показатели производства принимаются, исходя из условия их поддержания системой управления на оптимальном уровне при вероятных значениях неуправляемых параметров (текущее планирование на год) или при их фактических значениях (оперативное планирование). Выбору подлежат плановые задания, которые обеспечивают экстремум целевой функции в изменившихся экономических условиях.

С наиболее сложной категорией оптимизационных задач мы сталкиваемся при перспективном планировании. В них сочетаются стремления к оптимальному использованию действующих мощностей (близкое к рассмотренной выше задаче текущего планирования) и к развитию промышленной системы. Выбор решений по развитию производственных мощностей и инфраструктуры должен обеспечить максимальный прирост целевой функции системы в пределах выделенных ресурсов. Изменение экономических условий

(конъюнктуры) в плановом периоде подлежит прогнозированию [58—61; 86—90].

Принятие решения на основе исходной информации различной полноты. Чтобы использовать математические (формализованные) методы выбора решений, необходимо располагать полной и достаточно определенной информацией. Какое содержание вкладывается в эти понятия?

Полной информацией, используемой для выбора альтернативных вариантов, будем считать такую, которая позволяет определить численные значения целевой функции для каждой из сравниваемых альтернатив в условиях заданных ограничений.

Для решения оптимизационной задачи необходимо также располагать заданными ограничениями и иметь возможность построить целевую функцию, которая зависела бы только от варьируемых (искомых) параметров и известных (заданных) показателей. Иногда утверждают, что для этого необходимо знать зависимости всех выходных параметров системы от всех ее входных параметров. Такое утверждение не вполне обосновано. Требования к полноте математического описания процесса функционирования системы зависят от конкретной постановки задачи; ниже это будет показано на примерах.

Определенной будем именовать информацию об однозначно предсказуемых значениях параметров и условиях. Такую информацию мы имеем лишь при строго формализованной целевой функции и при описании свойств объекта исследования детерминированными либо статистическими моделями.

Рассматривая общие понятия о процессах функционирования систем и их описании (см. разд. 1.1.2), мы отмечали, что, как правило, сложные системы находятся под воздействием случайных факторов. При строго стационарных стохастических процессах для выбора решения используется вероятностный подход. Это означает, что принимаемое решение обуславливает определенный риск и с некоторой вероятностью является наилучшим.

Наконец, при нестационарных случайных воздействиях значения параметров процесса и условий чаще всего математически непредсказуемы.

Таким образом, по полноте и определенности исходной информации можно выделить три методологических подхода, позволяющих выбрать решение однозначно, с определенной степенью вероятности и в условиях неопределенности.

1. Строгий выбор решения, однозначно определяющего результат, может быть получен формализованными методами исследования операций при наличии полной и определенной исходной информации.

2. Выбор решения, определяющего результат с определенной вероятностью и оценивающего степень риска, может быть получен формализованными методами с использованием теории вероятностей, если система описывается стохастическими моделями, а объем информации достаточно полный.

3. Решение принимается в условиях неопределенности, когда отсутствует необходимая информация, либо потому, что не было проведено должное исследование системы, тенденций ее развития и внешних условий, либо потому, что система находится под воздействием нестационарных случайных факторов. Особый случай принятия решений в условиях неопределенности — это выбор стратегии в ходе состязательной борьбы. Для принятия решений в условиях неопределенности используются эвристические методы, теория игр и комбинированные методы, в том числе имитационное моделирование.

Человеко-машинное исследование развития ситуации (ее имитация, «проигрывание») представляет собой *имитационное моделирование.* Оно основано на том, что процесс функционирования системы или перспективы ее развития могут быть частично описаны формализованно, а некоторые условия (элементы решения, коэффициенты целевой функции и другие данные) должны приниматься эвристически. В этих случаях суть имитационного моделирования состоит в том, что часть данных принимается эвристически, а часть (развитие ситуации на некотором этапе для принятых условий) рассчитывается на ЭВМ с использованием зависимостей, которые поддаются формализации.

4.1.2. Формирование решения проблемы в целом

Вся логика этапа выявления путей достижения целей, рассмотренного в предыдущей главе, была направлена на то, чтобы сложную проблему расчленить на несколько сравнительно простых подпроблем, с тем, чтобы для каждой из них выявить возможные варианты решения.

В начале этой главы мы установили, что существует набор методов, которые позволяют осуществить сравнение вариантов и сделать выбор наилучшего. Хотя мы не познакомились еще конкретно с этими методами, но уже приобрели в области системного подхода достаточную квалификацию, чтобы задуматься над естественным вопросом: действительно ли совокупность наилучших решений отдельных подпроблем дает наилучшее решение проблемы в целом?

Без обоснованного ответа на этот вопрос понимание сущности рассматриваемого этапа выбора решений нельзя считать системным. Поиск такого обоснованного ответа следует вести, анализируя связи между отдельными подпроблемами; такой анализ следует проводить по крайней мере в двух аспектах. Во-первых, рассмотреть связи подпроблем, обусловленные общностью решений по самой их сущности. Во-вторых, учесть связи подпроблем, обусловленные общностью ресурсов, выделенных на решение проблемы в целом.

Пример 4.1. Рассмотрим каждый из этих аспектов анализа взаимосвязей подпроблем, используя причинно-следственные связи нарушений технологической дисциплины (рис. 17).

Можно утверждать, что по сущности вариантов решения такие, в частности, проблемы, как «улучшение метрологического обеспечения контроля за ходом процессов» и «обеспечение более ритмичной поставки сырья» практически являются независимыми.

Вместе с тем такие подпроблемы, как улучшение работ по социальному развитию коллектива, улучшение воспитательной работы, улучшение работы системы управления качеством труда представляют собой *по своей сущности* комплекс взаимосвязанных проблем; следовательно, их решения также составят единый комплекс взаимосвязанных мер.

Иначе определяется связь подпроблем, обусловленная общностью ресурсов. Здесь следует различать две категории проблем.

чисто организационные, решения которых не требуют ресурсов, кроме затрат труда на разработку самих решений;

организационно-технические, т. е. мероприятия, для реализации которых потребуются лимитированные ресурсы, в том числе финансовые, трудовые, оборудование, приборы и т. д.; именно эти мероприятия, как варианты решения соответствующих подпроблем, оказываются взаимосвязанными *по ограничениям ресурсов,* выделенных на решение проблемы.

В конце предыдущей главы мы рассмотрели процедуру оценки значимости подпроблем по ожидаемому от их решения вкладу в достижение целей. Сейчас мы приходим к выводу, что необходима также предварительная (до проектной проработки) оценка подпроблем и по затратам ресурсов на реализацию их решения. Чаще всего такая оценка может быть выполнена также с использованием экспертизы после того, как намечены варианты решения подпроблем.

Теперь, когда выявлена совокупность мероприятий, получены оценки их вклада в достижение целей и затрат, необходимых для реализации, возникает необходимость выбрать такие мероприятия, которые в пределах выделенных на решение проблемы ресурсов обеспечили бы наибольший суммарный эффект. Таким образом, речь идет о выборе оптимального состава формируемого комплекса мероприятий. Задачи такого типа мы выделили выше в самостоятельный класс оптимизационных задач (см. с. 156); их постановку рассмотрим в разд. 4.3.3.

Краткие выводы

1. При выявлении и сравнении вариантов решений различают: выявление и выбор альтернатив, а также выбор оптимальных решений, в том числе оптимальных значений варьируемых параметров или оптимального состава формируемых комплексов.

2. В зависимости от состава варьируемых параметров, учета кратковременных возмущений и изменения экономических условий функционирования системы различают задачи оптимального проектирования, оптимального управления, оптимального оперативного и текущего планирования. Особую категорию составляют оптимизационные задачи перспективного планирования.

3. В зависимости от полноты исходной информации выбор решений осуществляется:

на основе формализованных методов исследования операций (при полной и определенной исходной информации);

с использованием формализованных методов и теории вероятностей (при описании процессов функционирования стохастическими моделями);

с использованием эвристических методов и теории игр (в условиях неопределенности).

4. В тех случаях, когда процессы функционирования систем частично поддаются описанию, целесообразна комбинация формализованных и эвристических методов, в том числе имитационное моделирование ситуаций при разных вариантах выбора стратегий и значений оценок, принимаемых эвристически.

5. Для подпроблем, которые взаимосвязаны по своей сущности или по последовательному использованию информации, выбор решений должен осуществляться совместно для всей группы таких взаимосвязанных подпроблем.

6. Проект решения проблемы в целом складывается из тех вариантов решений отдельных (независимых) подпроблем или групп взаимосвязанных подпроблем, совокупность которых обеспечивает наибольшую степень достижения целей в пределах ресурсов, выделенных на решение проблемы.

4.2. ВЫЯВЛЕНИЕ И ВЫБОР АЛЬТЕРНАТИВ

4.2.1. Выявление альтернатив и их выбор в условиях определенности

Выявление альтернатив. Как было показано выше,— это нахождение двух или нескольких взаимно исключающих вариантов решения. Примерами крупных, принципиальных альтернатив могут служить направления технической политики, стратегия развития промышленной системы и т. д. Примерами более частных альтернатив, выявлять и решать которые приходится повседневно, являются решение о том, стоит ли осуществлять то или иное мероприятие, выбор одного из возможных вариантов мероприятий, выбор лиц на замещение определенной должности и т. д.

Нередко возможные альтернативные варианты выдвигает сама обстановка, конкретные условия. Тогда необходимость в подобной самостоятельной процедуре отпадает. В то же время, если подпроблема может иметь разные, но еще не ясные варианты решения, то выявление этих вариантов представляет собой ответственную и сложную процедуру. Опыт показывает, что наиболее полно удается выявить альтернативы, привлекая для этого группу специалистов (экспертов). Причем на первом этапе целесообразно провести анкетирование, чтобы каждый эксперт дал свои варианты независимо от других, а затем провести дискуссию в сравнительно узком кругу и в условиях, которые именуются иногда «мозговым штурмом». В наиболее ответственных случаях предварительный перечень альтернатив, подготовленный указанным выше способом, можно представить на рассмотрение более широкой аудитории [91].

При выявлении альтернатив следует помнить, что зачастую сравниваемые варианты только на первый взгляд кажутся взаимоисключающими. При более тщательном анализе удается выявить возможность некоторой их комбинации или найти промежуточный вариант, который в значительной степени сохраняет положительные качества исходных сравниваемых вариантов, но в то же время не имеет многих присущих им негативных особенностей. В этом суть диалектического подхода к выбору решения. В самом деле, из определения существа альтернатив следует, что они взаимно исключают, т. е. взаимно отрицают одна другую. Поэтому поиск нового промежуточного варианта как комбинации исходных есть отрицание отрицания. «... не скептическое отрицание, колебание, сомнение характерно и существенно в диалектике,— отмечает В. И. Ленин в «Философских тетрадях»,— ... а отрицание как момент связи, как момент развития с удержанием положительного...» [7, с. 218—219].

Варианты, решения которых лишь на первый взгляд кажутся альтернативными, будем именовать *квазиальтернативами.*

Выбор альтернатив в условиях определенности, как правило, не представляет особых затруднений. Пользуясь принятыми выше понятиями полноты и определенности информации, будем руководствоваться следующим выводом: при наличии достаточной исходной информации выбор варианта осуществляется на основании сопоставления значений целевой функции по всем сравниваемым вариантам, с учетом заданных ограничений. Порядок таких расчетов, а также некоторые приемы уточнения состава альтернатив иллюстрируются приводимым ниже примером.

Пример 4.2. Рассматривается вопрос о целесообразности создания АСУ ТП на одном из действующих производств. Подготовлен проект технического задания, содержащий расчет ожидаемой эффективности системы. Единовременные затраты на ее создание, приведенные к сроку ввода системы, составляют $K_1=450$ тыс. руб., в том числе: на ЭВМ — 250 тыс. руб., на автоматический анализатор качества — 60 тыс. руб. Ожидаемая экономия, принятая на основании опытных работ, составляет $Э=210$ тыс. руб. в год за счет интенсификации процесса, повышения выхода продукта и улучшения качества (сортности). При расчете эффекта учтены эксплуатационные затраты.

Попытайтесь сделать выбор из двух альтернативных вариантов: создавать АСУ ТП или не создавать?

* *
*

Исходные данные позволяют установить, что единовременные затраты окупаются в срок:

$$T_{ок}=K/Э=450/210=2{,}14 \text{ года}$$

Этот срок меньше нормативного, установленного для средств вычислительной техники ($T_{нвт}=2{,}5$ года), и существенно меньше нормативного срока окупаемости других мероприятий по внедрению новой техники ($T_{нт}=6{,}7$ года).

Таким образом, если сравниваемые варианты действительно являются альтернативами, предпочтение следует отдать решению создавать АСУ ТП. Но, быть может, это были квазиальтернативы? Это означало бы, что, кроме вариантов решения — создавать или не создавать АСУ ТП, существует еще и третий вариант. Попытаемся выявить его, используя системный подход, т. е. представив себе нашу проблему, как систему. На ее входе — затраты, на выходе —

конечные результаты; улучшение качества продукта, повышение производительности, сокращение удельных расходов сырья и энергии.

Из технического задания нам известно, что общие единовременные затраты на создание АСУ ТП складываются из затрат на ЭВМ, на анализатор качества и из прочих затрат. Это означает, что общая эффективность совершенствования управления процессом также обусловлена несколькими факторами, использованием автоматического анализа состава реакционной массы, применением ЭВМ и других средств автоматизации. Составляют ли они единый неразделимый комплекс управления, или возможны промежуточные варианты с разным уровнем автоматизации? Если возможны, то как зависит выход нашей проблемы, т. е. эффективность управления, от отдельных факторов на ее входе?

Для ответа на этот вопрос необходим пофакторный анализ эффективности управления. Предположим, что такой анализ выполнен и дал следующие результаты:

1. Самое простое и дешевое средство улучшения хода процесса — это переход от загрузки в аппарат одного из компонентов не в твердой фазе, а в виде раствора, концентрация которого постоянна для всего цикла, что контролируется результатами лабораторного анализа, проводимого цеховой лабораторией. Затраты на этот вариант составляют $K_1 = 15$ тыс. руб. и обеспечивают повышение качества продукта и некоторое (хотя и небольшое) увеличение выхода. Экономия составляет $Э_1 = 30$ тыс. руб. в год.

2. Автоматическое регулирование подачи одного из компонентов реакции с использованием автоматического анализатора состава реакционной массы представляет второй вариант решения. Затраты на его реализацию составляют $K_2 = 180$ тыс. руб., а годовая экономия $Э_2 = 175$ тыс. руб. в год с учетом реализации также и 1-го варианта.

3. Использование ЭВМ позволяет автоматически корректировать режим, поддерживая оптимальную нагрузку при изменении содержания основного вещества в исходном сырье. Это дает дополнительный выигрыш в производительности. Затраты и эффект по этому варианту АСУ ТП были указаны в условиях задачи:

$$K_3 = 450 \text{ тыс. руб.} \qquad Э_3 = 210 \text{ тыс. руб/год}$$

Теперь стало ясно, что два исходных варианта (создавать АСУ ТП или не создавать) были не альтернативами, а квазиальтернативами.

Сейчас, после более детального анализа факторов, обусловливающих эффект, мы имеем уже не 2, а 4 варианта, точнее, 3, так как вариант «не предпринимать ничего» практически отпадает.

Попытайтесь сделать выбор самостоятельно.

* *
*

Сопоставлять новые варианты по тому же критерию (срок окупаемости $T_{ок}$), как это мы вынуждены были сделать для исходной альтернативы, было бы неверным. В самом деле, при сравнении по $T_{ок}$ следовало бы отдать предпочтение 1-му варианту, для которого единовременные затраты окупаются всего за 0,5 года. Но такой выбор означал бы, что мы не использовали значительный дополнительный ресурс экономики ($\Delta Э = Э_2 - Э_1 = 145$ тыс. руб. в год), единовременные дополнительные затраты на который ($\Delta K = K_2 - K_1 = 165$ тыс. руб.) окупаются за срок хотя и больший, чем в первом варианте, но значительно более короткий по сравнению с нормативным ($T_н = 6{,}7$).

В данном случае варианты сопоставлять следует, принимая в качестве целевой функции либо показатель приведенного дохода, либо срок окупаемости дополнительных затрат. В нашем примере эти целевые функции будут иметь следующий вид:

$$Д_{пр} = Э - Е_н K = Э - K/T_н \text{ тыс. руб/год} \qquad (T_{ок})_{доп} = \Delta K/\Delta Э \text{ лет} \qquad (4.1)$$

Данные, приведенные в таблице 4.1, подтверждают, что по любой из целевых функций предпочтение должно быть отдано 2-му варианту.

Таблица 4.1. Сравнение альтернативных вариантов

Номер альтернативного варианта	Э, тыс. руб/год	K, тыс. руб.	$T_{ок}$, лет	$T_н$, лет	$Д_{пр}$, тыс. руб/год	$\Delta Э$, тыс. руб/год	ΔK, тыс. руб.	$(T_{ок})_{доп}$, лет
1	30	15	0,5	6,7	27,75	145	165	1,14
2	175	180	1,03	6,7	148,0			
3	210	450	2,14	2,5	30,0	35	270	7,70

Следует оговориться, что решение той же альтернативы (создавать АСУ ТП или нет), но применительно к проектируемому, а не действующему производству, требует другого подхода. Необходимо учитывать совокупные затраты на всю систему управления производством в двух вариантах: с ЭВМ и без нее (при использовании традиционных громоздких щитов КИПиА).

Если сравниваемые варианты различаются по объемам производства или потребления дефицитной продукции и экономии трудовых ресурсов, то при наличии необходимой информации выбирать решения желательно с использованием показателя народнохозяйственного дохода — см. формулу (2.46).

4.2.2. Выбор альтернатив в условиях неопределенности

Условия неопределенности. Принято считать, что альтернативные решения выбираются в условиях неопределенности, если исходной информации недостаточно для определения численных значений целевой функции по каждому из сравниваемых вариантов.

Подход к выбору решений в таких случаях требует, в первую очередь, анализа характера неопределенности, уточнения того, какой именно информации недостает и по каким причинам.

В теории исследования операций выделяют три основные категории неопределенности, когда исходная информация не позволяет однозначно определить соответственно:

цели;

условия и последствия решения проблемы;

действия противоборствующей стороны в состязательных задачах.

Рассмотрим кратко эти категории.

Неопределенность целей. Этому случаю мы уже уделили достаточное внимание в гл. 2. Когда не удается воспользоваться строго расчетными оценками, соизмерение подцелей осуществляется на основании экспертизы, что вносит некоторую неопределенность.

Нередко возникают трудности в оценке экономических последствий дефицитности продукции и различных видов ресурсов, в оценке эффективности решения социальных задач, влияние сроков выполнения работ и других факторов.

Неопределенность условий и последствий решения проблемы при социалистическом способе производства возникает, главным образом, вследствие случайных внутренних и внешних возмущений, колебаний погодных условий, неизвестности времени наступления и силы стихийных бедствий, изменений внешнеполитической обстановки, открытий новых запасов полезных ископаемых, колебаний спроса, обусловленных изменениями предпочтений людей и отдельных социальных групп, в том числе изменениями моды, и т. д.

Следует также отметить специфическую неопределенность, обусловленную высокими темпами научно-технического прогресса. Так, время появления открытий, изобретений, перспективы их использования, результаты исследований не являются в полной мере предсказуемыми. Вместе с тем они оказывают существенное влияние на развитие социально-экономических систем. Именно этот вид неопределенностей рассматривается как характерный при выборе альтернативных вариантов планирования исследовательских и опытных работ. С одной стороны, желательно сократить сроки разработок, но при этом трудно ожидать высокоэффективных, конкурентоспособных решений. С другой стороны, можно сосредоточить на исследованиях значительные ресурсы и увеличить плановые сроки работ, но при этом увеличится риск, что за достаточно длительное время появятся новые зарубежные патенты, которые нарушат патентную чистоту прогнозируемых результатов исследований.

Тот же научно-технический прогресс обусловливает и неопределенность другого вида: сравнительно быструю смену способов производства многих продуктов и смену ассортимента. В результате не вполне предсказуемыми оказываются изменения потребности в отдельных видах конечной продукции и сырья.

Таковы в основном характерные для химической индустрии неопределенности рассматриваемой категории.

Неопределенность действий противоборствующей стороны. В работах западных специалистов по исследованию операций и системному анализу значительное внимание уделяется именно этой категории неопределенностей и выбору решений (стратегий) на основе использования методов теории игр. Это внимание обусловлено тем, что основным объектом системного анализа в капиталистических странах являются военно-стратегические, политико-стратегические задачи и экономические исследования в условиях острой конкурентной борьбы.

В социалистическом обществе для промышленных систем подобные задачи актуальны лишь в области внешней торговли на мировом рынке, а потому не характерны при исследованиях внутриотраслевых проблем.

Методология выбора решений в условиях неопределенности разных категорий достаточно полно освещена в литературе [92, 93]. Поэтому ограничимся лишь кратким изложением ее сущности и конкретизируем понятие хозяйственного риска.

Вариант \ Ситуация	S_1	...	S_j	...	S_n	$(\varphi_i)_{min}$	$(\varphi_i)_{max}$
B_1	φ_{11}	...	φ_{1j}	...	φ_{1n}		
	...	...	...	...	...		
B_i	φ_{i1}	...	φ_{ij}	...	φ_{in}		
	...	...	...	...	...		
B_m	φ_{m1}	...	φ_{mj}	...	φ_{mn}		
$(\varphi_j)_{max}$							

а

Вариант \ Ситуация	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	$(\varphi_i)_{min}$	$(\varphi_i)_{max}$
B_1	1	2	3	5	5	1	5
B_2	2	0	5	8	7	0	8
B_3	3	4	4	2	2	2	4
$(\varphi_j)_{max}$	3	4	5	8	7		

б

Вариант \ Ситуация	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	$(r_i)_{max}$
B_1	2	2	2	3	2	3
B_2	1	4	0	0	0	4
B_3	0	0	1	6	5	6

в

Рис. 18. Матрица эффектов и ущерба и матрица риска:
а — матрица эффектов и ущерба; б — пример заполнения матрицы эффектов и ущерба; в — пример заполнения матрицы риска.

Общей процедурой для разных методов выбора альтернативных решений является построение таблицы (матрицы) эффектов (или ущербов). В терминологии теории игр ее нередко именуют *матрицей выигрышей и проигрышей или матрицей платежей.*

Каждая строка такой таблицы (рис. 18, *а*) соответствует одному из вариантов намеченных альтернативных решений B_i, а каждый столбец — одной из возможных ситуаций S_j, которые могут возникнуть при разных значениях отсутствующей у нас информации об условиях решения проблемы или об ожидаемых результатах. Так, например, если неопределенность обусловлена тем, что мы не знаем перспектив изменения потребности на некоторый продукт, то можно последовательно задаться ситуациями: возрастет не менее чем на 40 %; возрастет на 20 %; останется на сегодняшнем уровне; сократится на 10 %; сократится на 30 % и т. д.

С использованием информации, которой мы задались, можно определить для каждой пары (B_i, S_j) соответствующие значения целевой функции φ_{ij}. В общем случае эти значения могут быть как положительными, так и отрицательными, т. е. количественно оценивать эффект или ущерб при сочетании i-го варианта решения и j-той ситуации.

В нижнюю строку таблицы вынесены наибольшие для каждого столбца (т. е. для S_j) эффекты $(\varphi_j)_{max}$. В двух крайних правых столбцах указаны соответственно наименьшие и наибольшие эффекты по каждой i-той строке, т. е. $(\varphi_i)_{min}$ и $(\varphi_i)_{max}$.

Пример заполнения матрицы эффектов дан на рис. 18, *б*.

Количественной *оценкой риска* для каждого i-го решения при j-той ситуации принято считать разницу между максимально возможным для этой ситуации эффектом и фактическим:

$$r_{ij} = (\varphi_j)_{max} - \varphi_{ij} \qquad (4.2)$$

В соответствии с этим определением может быть построена таблица (матрица) рисков, которая нередко оказывается более наглядной, чем таблица эффектов и ущерба (рис. 18, *в*).

Дальнейшие процедуры собственно выбора альтернативных решений зависят от того, располагаем ли мы данными о вероятности отдельных ситуаций (p_j) и сколь надежны (достоверны) эти данные.

Рассмотрим основные методы выбора решений в зависимости от ответа на этот вопрос.

Вероятностный выбор осуществляется, когда вероятности возникновения каждой j-той ситуации известны и получены в результате обработки соответствующих статистических наблюдений. Выше мы отмечали, что это возможно в тех случаях, когда система находится под воздействием стационарных стохастических процессов.

В этих случаях для каждой альтернативы чаще всего определяют математическое ожидание значения целевой функции:

$$\overline{\Phi}_i = \sum_j p_j \varphi_{ij} \tag{4.3}$$

При этом выбору подлежит тот альтернативный вариант B_i, для которого математическое ожидание значения целевой функции окажется максимальным. Легко показать, что для этого же варианта окажется минимальным математическое ожидание риска:

$$\overline{r}_i = \sum_j p_j r_{ij} \to \min \tag{4.4}$$

Вероятностные решения. При достоверных значениях вероятностей p_j выбор решения оказывается формализованным, а поэтому результаты чаще именуют вероятностными решениями, чтобы отличить их от решений, принятых в условиях собственно неопределенности. Вероятностные решения принимаются не только по математическому ожиданию целевой функции: можно назвать задачи, где условием выбора варианта может быть, например, минимум вероятности того, что целевая функция (эффект) окажется не менее заданной величины.

Экспертная оценка вероятности ситуаций осуществляется, когда мы не располагаем статистическими данными о p_j. Распространенный метод оценки вероятностей тех или иных ситуаций состоит в том, что экспертам предлагают назвать три значения ожидаемой величины S_j, характеризующей ситуацию: оптимистическую, пессимистическую и наиболее вероятную (модальную). Эти тройственные оценки позволяют приближенно определить математическое ожидание прогнозируемой величины, т. е. ее средневероятное значение $\overline{S}_j$. Если принять биномиальное распределение, то можно воспользоваться следующей расчетной формулой:

$$\overline{S}_j = \frac{1}{6}\left[(S_j)_{\min} + 4(S_j)_{\text{mo}} + (S_j)_{\max}\right]. \tag{4.5}$$

Дальнейшие процедуры выбора альтернативных решений не отличаются от рассмотренного выше вероятностного выбора.

Выбор решений в условиях полной неопределенности. В тех случаях, когда дать сравнительно надежные оценки вероятности отдельных ситуаций не представляется возможным, стратегия выбора решений определяется опасностью риска и осторожностью лица, принимающего решение. Можно указать три основных вида таких стратегий выбора альтернатив.

Стратегия наибольшего гарантированного эффекта. Для реализации этой стратегии в каждой строке матрицы эффектов выбирается минимальный эффект $(\varphi_i)_{\min}$. Лучшим считается вариант решения, для которого этот минимальный (гарантированный) выигрыш окажется наибольшим. Критерий, реализующий такой выбор, именуется критерием максиминного эффекта (выигрыша) или *критерием Вальда*:

$$R_W = \max_i \min_j \varphi_{ij} \tag{4.6}$$

Для примера на рис. 18, *б*, лучшим по этому критерию является вариант B_3, для которого $R_W = 2$.

Стратегия наименьшего возможного риска, так же как и предыдущая, ориентируется на худшую ситуацию, но за такую считает не ту, которая дает наименьший эффект, а ту, которая сопряжена с наибольшим риском. В таких случаях по каждой строке матрицы риска выбирается $(r_i)_{\max}$, а лучшим считается вариант, при котором этот максимальный риск оказывается наименьшим. Соответствующий критерий именуется критерием минимаксного риска или *критерием Сэвиджа*:

$$R_S = \min_i \max_j r_{ij} \tag{4.7}$$

Применяя этот критерий к матрице, представленной на рис. 18, *в*, получим, что лучшей альтернативой является вариант B_1, для которого $R_S = 3$.

Смешанная стратегия предусматривает сочетание пессимизма (осторожности) и оптимизма (склонности к значительному риску), в определенной заданной пропорции. Эту стратегию реализует *критерий Гурвица*:

$$R_H = \max_i \left[\alpha \min_j \varphi_{ij} + (1-\alpha) \max_j \varphi_{ij} \right] \tag{4.8}$$

Для рассматриваемого примера (см. рис. 18, *б*) по этому критерию лучшим окажется вариант решения B_2, если $\alpha < 2/3$. Так, например, при $\alpha = 1/2$ этот вариант дает наибольшее значение $R_H = 4$.

Как видно из трех рассмотренных примеров, каждая стратегия обусловила выбор разных альтернативных вариантов. Это свидетельствует о том, что в условиях полной неопределенности применение матриц эффекта и риска лишь облегчает анализ

конкретной обстановки, повышает наглядность ее изучения, но не обеспечивает «автоматизма» в выборе решений, как при использовании формализованных и вероятностных методов.

Краткие выводы

1. Альтернативы — это два (или несколько) взаимно исключающих варианта решений, соответствующих понятию строгой дизъюнкции в формальной и математической логике.

2. При выявлении альтернатив важно убедиться, что намеченные варианты являются альтернативными, а не квазиальтернативными. Для этого целесообразно подвергнуть анализу как минусы (затраты ресурсов), так и плюсы (конечные результаты) по каждому из вариантов и рассмотреть возможность формирования нового (компромиссного) варианта, диалектически разрешающего противоречия исходных, содержащего их основные позитивные стороны и лишенного многих негативных особенностей этих исходных вариантов, оказавшихся квазиальтернативными.

3. При наличии информации, достаточной для определения численных значений целевой функции, из альтернативных вариантов выбирается тот, который обеспечивает максимальное достижение цели.

4. Если исходная информация не позволяет определить строго предсказуемого значения целевой функции, но достаточна для расчета математических ожиданий этой функции по каждому из сравниваемых вариантов решений, то осуществляется так называемый вероятностный выбор альтернативы, которая обеспечивает наибольшую средневероятную степень достижения целей.

5. В условиях неопределенности желательно оценить вероятность ситуаций, а соответственно и вероятные степени достижения целей, на основании экспертных методов.

6. Условиями полной неопределенности принято считать такие, при которых не представляется возможным (даже экспертно) оценить вероятность возможных ситуаций. В этих условиях выбор альтернатив осуществляется эвристическими методами на основании тщательного анализа позитивных и негативных последствий каждого решения в каждой возможной ситуации. Построение матрицы эффектов (ущерба) и риска повышает наглядность такого анализа.

4.3. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

4.3.1. Постановка и решение задач оптимизации

Как правило, этап выбора оптимальных решений состоит из двух основных процедур:

постановки оптимизационной задачи;

собственно решения задачи, т. е. отыскания значений варьируемых параметров или состава формируемого комплекса, которые

обеспечивают максимальную степень достижения цели в заданных конкретных условиях.

Рассмотрим кратко сущность каждой процедуры.

Постановка задачи. Как было подчеркнуто в разд. 4.1.1, для решения оптимизационной задачи необходимо построить:

целевую функцию или критерий оптимальности, которые зависели бы только от варьируемых (искомых) параметров и известных (заданных или измеряемых) показателей;

систему ограничений, определяющих заданные условия решения задачи и содержащих также лишь искомые и известные величины.

Эту процедуру построения целевой функции и системы ограничений принято именовать постановкой (или математической постановкой) оптимизационной задачи.

С общими принципами выбора целевой функции и системы ограничений мы ознакомились еще в гл. 2. Но не следует полагать, что, выбрав, например, показатель народнохозяйственного дохода в качестве целевой функции, мы завершили тем самым основную часть математической постановки задачи. По своему экономическому содержанию выбор целевой функции или критерия оптимальности является важным этапом, но он скорее предшествует математической постановке задачи, а не входит в нее в качестве составляющего.

В чем же сущность математической постановки оптимизационной задачи? Из каких процедур и приемов она складывается?

Пример 4.3. Рассмотрим ответы на эти вопросы, иллюстрируя их на конкретных данных, которыми мы пользовались в Примере 2.1. Настало время разрешить спор трех специалистов о выборе мощности производства продукта В окислением сырья Б и нормы расхода этого сырья.

Приступая к разработке содержательной и математической постановки оптимизационной задачи, в первую очередь необходимо дать четкую *формулировку сущности задачи.*

В свое время фактически речь шла о выборе мощности $M_{\text{В}}$ и нормы расхода сырья $N_{\text{БВ}}$. Формулировать задачу как выбор оптимального режима температуры, производительности и удельного расхода сырья было бы не совсем точно по двум причинам. Во-первых, предложенный вариант формулировки называет сразу три искомых параметра, хотя они не являются независимыми. Во-вторых, как это было подчеркнуто в разд. 4.1.1, понятие оптимального функционирования системы зависит не только от варьируемых переменных, но и от неуправляемых факторов. Так, в ходе управления оптимальные режимы могут изменяться с изменением концентрации исходного сырья, состояния катализатора, конъюнктурных условий и других факторов.

Более правильным будет формулировать рассматриваемую задачу как *выбор номинального режима* для производства на основании характеристик, заданных результатами балансовых испытаний. Уже термин «номинальный» указывает на то, что

при данной постановке задачи колебания неуправляемых факторов не подлежат учету.

Следующая процедура — это *уточнение объекта оптимизации.* Прав ли был представитель проектного института, применивший в качестве целевой функции показатель приведенных затрат на том основании, что «мы, проектанты, выбираем проектную мощность по своему показателю?». Уточняя объект оптимизации, следует подчеркнуть, что речь идет не о проектируемом, а о действующем производстве, когда уже не рассматривается соизмерение регулярных и единовременных затрат. Закончено не только строительство, но и реконструкция (в нашем случае — замена катализатора), а следовательно, единовременные затраты по данному производству ($K_в$) должны рассматриваться, как неизменные.

Можно ли в данной задаче считать единовременные затраты неизменными в целом? Ответ на этот вопрос требует *уточнения границ задачи.* Рассматривая учет внешних связей системы при выборе целевой функции, мы отмечали, что в некоторых случаях подцели экономии единовременных затрат должны учитывать сопряженные капитальные вложения в развитие сырьевой базы и влияние решения данной задачи на развитие производственных мощностей на других объектах отрасли. Если не зафиксирована дефицитность сырья Б и в ближайшие годы не планируется ввод других мощностей по продукту В, то объектом задачи можно считать собственно рассматриваемое производство, не расширяя границы задачи учетом внешних связей. При таком уточнении объекта оптимизации единовременные затраты K_i следует рассматривать как неизменные, а в качестве критерия оптимальности принять показатель прибыли, как частный случай приведенного дохода при $K_i = \text{const}$ (см. с. 102).

Дальнейшей процедурой постановки оптимизационной задачи следует считать *выбор варьируемых переменных.* По определению, варьируемыми переменными следует считать те параметры, выбор значений которых зависит от нас и должен обеспечить максимальную степень достижения целей. Это искомые значения параметров.

В общем случае при выполнении этой процедуры необходимо:

выделить все те параметры, изменение которых зависит от нас, а определение оптимальных значений составляет суть задачи;

рассмотреть позитивные и негативные последствия изменений этих параметров на функционирование объекта и убедиться (пока качественно), что в пределах допустимых изменений этих параметров может существовать наивыгоднейший компромисс между выигрышем в достижении одних подцелей и проигрышем в достижении других;

рассмотреть взаимосвязи выделенных параметров и выбрать взаимно независимые, учитывая при прочих равных условиях, какие из взаимосвязанных параметров наиболее употребительны (являются основными) в принятой системе технико-экономических показателей производства.

В рассматриваемом примере в ходе балансовых испытаний изменялась нагрузка производства $G_Б$ и температура в слое катализатора t. При этом температура выбиралась так, чтобы при заданной нагрузке обеспечивать наибольший выход продукта, который, в свою очередь, однозначно определял объем выпуска продукции.

Все три перечисленных параметра взаимосвязаны и однозначно определяют друг друга. В качестве варьируемого параметра должен быть выбран один из них, а именно наиболее ответственный технико-экономический показатель; в данном случае — это производственная мощность, т. е. объем выпуска $A_В$ при номинальном режиме.

Следующая процедура постановки задачи состоит в том, чтобы *выразить целевую функцию (критерий оптимальности) через варьируемые параметры и заданные (известные) величины.*

Если не учитывать внешних связей производства, а в качестве целевой функции принять показатель приведенного дохода, то при отсутствии капитальных затрат критерием оптимальности будет служить прибыль — частный случай приведенного дохода. В данном случае выражение прибыли имеет следующий вид:

$$П = Ц_В A_В - Ц_Б G_Б - З_{у.п} \rightarrow \max \qquad (4.9)$$

На основании условия (2.2) условно-постоянные затраты могут быть исключены из выражения критерия оптимальности, которое примет вид

$$R = Ц_В A_В - Ц_Б G_Б = (Ц_В - Ц_Б N_{БВ}) A_В \rightarrow \max \qquad (4.10)$$

Выражение (4.10) не удовлетворяет сформулированному выше требованию, согласно которому критерий оптимальности должен зависеть только от варьируемых параметров и заданных известных величин. Кроме единственного варьируемого параметра $A_В$ и заданных величин ($Ц_В$, $Ц_Б$), в него входит еще переменная $G_Б$ или $N_{БВ}$.

Для обеспечения указанного выше требования необходимо исключить эту переменную, выразив ее, в свою очередь, через варьируемый параметр и известные (постоянные) величины, т. е. необходимо располагать зависимостью

$$G_Б = f_G(A_В) \text{ или } N_{БВ} = f_N(A_В)$$

Из этих двух зависимостей предпочтение целесообразно отдать второй, так как в отличие от нагрузки норма удельного расхода сырья является одной из искомых величин и относится к важным технико-экономическим показателям.

Отвлекаясь от частного примера, сформулируем соответствующую процедуру постановки задачи, как *построение (разработку) математического описания объекта* в таком объеме, который позволит исключить из выражения целевой функции все переменные (кроме варьируемых параметров), выразив их через варьируемые параметры и заданные постоянные величины.

Забегая вперед, отметим, что математическое описание должно позволять исключить неварьируемые переменные и из системы ограничений.

Как было отмечено в гл. 2, *построение системы ограничений* проводится параллельно с формированием целевой функции на основании заданных условий решения задачи.

В рассматриваемом примере верхнее значение варьируемого параметра ограничено максимальной нагрузкой ($A_{max} = 44{,}0$ тыс. т/год), а нижнее — условием выполнения требований НТД к качеству продукции: $q \leqslant 0{,}3$. Данные балансовых

испытаний (см. рис. 7) позволяют принять более высокое значение нижнего ограничения ($A_{min}=30{,}5$ тыс. т/год), соответствующее температуре $t=340$ °С, так как более низкие нагрузки дают заведомо менее экономичный режим (см. с. 67).

Результаты балансовых испытаний в данном частном случае должны послужить также исходными данными для получения математического описания процесса. Искомую зависимость $N_{БВ}=f_N(A_В)$ можно представить, например, полиномом второй или третьей степени. При заранее известной области режимов, где расположен оптимум, целесообразно сузить границы между A_{min} и A_{max}, так как при этом аппроксимация получится более точной.

Итак, для нашей задачи математическая постановка выбора производственной мощности установки будет представлена следующей совокупностью критерия оптимальности, математического описания внутренних связей процесса и ограничений:

$$\left.\begin{aligned} &R=(Ц_В-Ц_Б N_{БВ})\,A_В \to \max \\ &N_{БВ}=3{,}256-0{,}13A_В+0{,}002A_В^2 \\ &35{,}0\leqslant A_В\leqslant 41{,}0 \end{aligned}\right\} \qquad (4.11)$$

В экономической кибернетике математическую постановку задачи зачастую именуют *экономико-математической моделью* (ЭММ). Следует отметить, что этот термин не полностью согласуется с понятием математической модели, принятым в инженерной кибернетике и исследовании операций. Здесь под моделью чаще понимается собственно математическое описание объекта или часть его, используемая в постановке оптимизационной задачи. В нашем случае постановка задачи содержит критерий оптимальности R, математическую модель $N_{БВ}=f_N(A_В)$ и ограничения.

Решение задачи и анализ результатов. Нахождение численных значений варьируемых переменных, соответствующих условиям, заложенным в постановке задачи, составляет процедуру, именуемую *собственно решением задачи.* Для решения оптимизационных задач используются разнообразные методы математического программирования, выбор которых зависит от особенностей постановки задачи и от ее размерности. Под *размерностью* понимается общее число варьируемых переменных и использованных ограничений.

Как правило, решение сравнительно сложных оптимизационных задач осуществляется на ЭВМ. Лишь в простейших случаях, подобных нашему примеру, решение может быть получено с помощью обычных методов определения экстремума функции при несложных расчетах, а также табличными или графическими способами.

Для иллюстрации сущности процедуры решения оптимизационных задач доведем наш пример до численных результатов, воспользовавшись постановкой задачи (4.11). В данном случае для решения используется условие, согласно которому в точке экстремума функции (т. е. в точке максимума или минимума) ее производная равна нулю.

Таким образом, искомый оптимальный режим должен удовлетворять условию, которое можно получить, продифференцировав выражение критерия оптимальности R по варьируемому параметру:

$$\frac{dR}{dA_В}=(Ц_В-Ц_Б N_{БВ})+A_В\left(-Ц_Б\frac{dN_{БВ}}{dA_В}\right)=0$$

или

$$N_{\text{БВ}}+A_{\text{В}}\frac{dN_{\text{БВ}}}{dA_{\text{В}}}=\frac{\text{Ц}_{\text{В}}}{\text{Ц}_{\text{Б}}} \tag{4.12}$$

Правая часть уравнения определяется заданными значениями цен (см. с. 65), а левую найдем из выражения (4.11) на основании зависимости $N_{\text{БВ}}=f_N(A_{\text{В}})$. После преобразования получим квадратное уравнение:

$$0{,}006A_{\text{В}}^2-0{,}26A+1{,}226=0$$

Условию ограничений $35\leqslant A_{\text{В}}\leqslant 41$ удовлетворяет только одно его решение:

$$(A_{\text{В}})_{\text{opt}}=M_{\text{В}}=37{,}96\approx 38 \text{ тыс. т/год}$$

Получив решение оптимизационной задачи, следует подвергнуть его *анализу*. Одну из процедур такого анализа мы уже выполнили, убедившись, что решение удовлетворяет установленным ограничениям. Но этой проверки недостаточно. Условие экстремума, использованное нами, выполняется как при максимуме, так и при минимуме функции. Поэтому необходимо убедиться, что решение, найденное в нашем примере, соответствует именно максимуму. Это можно установить по знаку второй производной или по численным значениям критерия при более низкой и более высокой производительности. Последний вариант проверки позволит также оценить *чувствительность оптимума*, т. е. установить, существенной ли будет потеря эффективности при некоторых отклонениях от найденного оптимума. Но ранее мы подчеркивали, что, исключая из выражения целевой функции постоянное слагаемое или сокращая на постоянный множитель, мы получаем критерий оптимальности, отличающийся от целевой функции по своему экономическому содержанию (см. с. 62). Поэтому проверку чувствительности оптимума целесообразнее (нагляднее) проводить не по критерию оптимальности R, а по целевой функции, в данном случае — по выражению (4.9), а не (4.10).

В рассматриваемом примере колебания мощности в пределах $\pm 5\,\%$ дадут потерю прибыли в 83—86 тыс. руб/год или на 1,8 %.

Мощность $M_{\text{В}}$, тыс. т/год . . .	36,1	38,0	39,9
Норма расхода $N_{\text{БВ}}$, т/т	1,168	1,204	1,250
Прибыль П, тыс. руб/год	4572	4658	4575

В общем случае решение оптимизационной задачи требует более развернутого анализа. Так в области реальных изменений целевая функция может иметь несколько максимумов (минимумов). Кроме того, проверки требуют ее значения на границах области изменений, где они могут быть эффективнее, чем в точках экстремума.

В анализ решения целесообразно включить также рассмотрение *влияния некоторых факторов на сдвиг (смещение) оптимума.* Так, например, при постановке задачи мы не учитывали дефицитности ни сырья, ни продукта.

Если бы мы захотели их учесть, то в качестве целевой функции должны были бы использовать выражение (2.46) народнохозяйственного дохода для частного случая при $K_l = 0$.

$$Д_{нх} = (I^{д}_{В} Ц_{В} - I^{д}_{Б} Ц_{Б} N_{БВ}) A_{В} - З_{у.п} \to \max \qquad (4.13)$$

При этом правая часть уравнения (4.12) была бы представлена отношением не цен, а их произведений на индексы дефицитности $I^{д}_{В} Ц_{В} / I^{д}_{Б} Ц_{Б}$.

Результаты анализа смещения оптимальной производительности от соотношения индексов дефицитности продукции и сырья для данного случая представлены на рис. 19. Из графика видно, сколь существенно влияние фактора дефицитности на решение оптимизационной задачи. Так, например, при $I^{д}_{В} = 1{,}26$, $I^{д}_{Б} = 1{,}10$ (т. е. при отношении $I^{д}_{В} / I^{д}_{Б} = 1{,}145$) оптимальная мощность возрастет на 3,6 %.

Эти результаты подтверждают, что чисто качественный учет наличия дефицитности недостаточен для выбора обоснованных хозяйственных решений, необходима количественная мера экономических последствий, раздельно учитывающая дефицитность продукции и ресурсов.

Приведенный пример позволяет сделать еще один существенный вывод.

Количественную оценку дефицитности следует учитывать не только при выборе хозяйственных решений, но и в системе стимулирования. В противном случае она обусловит дополнительный разрыв между экономическими интересами предприятия и народного хозяйства в целом.

Это нетрудно показать все на том же примере.

В самом деле, при учете указанных выше значений индексов дефицитности оптимальная производительность возрастет до $(A_{В})_{opt} = M'_{В} = 39{,}4$ тыс. т/год, при которой согласно выражению (4.13) целевая функция достигнет значения:

$$Д_{нх} = (1{,}26 \cdot 650 - 1{,}1 \cdot 320 \cdot 1{,}236)\, 39{,}4 - 5400 = 9728 \text{ тыс. руб/год}$$

Это дает дополнительный народнохозяйственный эффект, составляющий около 120 тыс. руб/год по сравнению с эффективностью режима при $A_{В} = 38{,}0$ тыс. т/год, который был установлен как оптимальный без учета дефицитности продукции и сырья. В то же время расчетная прибыль не только не возрастет, а сократится более, чем на 30 тыс. руб/год!

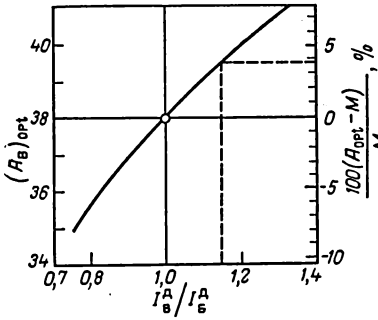
4.3.2. Оптимальные взаимодействия подсистем

С общей постановкой оптимизационной задачи мы познакомились выше на примере выбора оптимального режима отдельного производства.

Вместе с тем основной принцип системного подхода состоит именно в том, что решение любой проблемы для отдельной подсистемы должно осуществляться с учетом ее взаимодействия с остальными подсистемами, исходя из интересов системы в целом.

Чтобы уяснить сущность постановки задачи по выбору оптимальных взаимодействий подсистем, рассмотрим два простейших варианта таких задач, рассматривающих:

выбор режимов для двух производств, из которых одно поставляет основной вид сырья, а другое его перерабатывает;



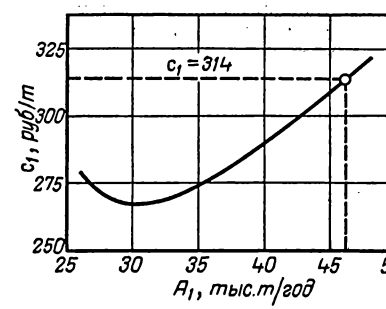


Рис. 19. Зависимость оптимальной производительности A производства от соотношения индексов дефицитности продукции ($I^д_в$) и сырья ($I^д_б$):

$\frac{100(A_{opt}-M)}{M}$ *— отклонение оптимальной производительности от номинальной.*

Рис. 20. Зависимость себестоимости единицы продукции (c_1) от производительности A_1, являющаяся выходной характеристикой производства полупродукта Б.

распределение сырья и заданий по производству продукции между двумя параллельно работающими звеньями (производствами или аппаратами).

Начнем с анализа взаимодействия двух последовательных звеньев. С этой целью продолжим наше участие в решение тех проблем, которые возникли на предприятии в связи с совершенствованием производства продукта В окислением сырья Б.

Пример 4.4. До реконструкции производства продукта В его потребность в сырье Б удовлетворялась за счет наработки последнего в качестве внутризаводского полупродукта на том же предприятии. Технологический процесс получения этого полупродукта допускает широкий диапазон режимов производительностью от 26 до 48 тыс. т/год. При этом себестоимость единицы полупродукта Б изменяется от 278 до 322 руб/т, как это видно из графика, представленного на рис. 20.

До реконструкции производства В оно ежегодно потребляло сырье Б лишь в объеме 33,5 тыс. т/год, загружая производство этого полупродукта лишь на 70 % его предельной производительности. После реконструкции основного производства его производительность по продукту В возросла до $A^{пл}_в = 38{,}0$ тыс. т/год, а соответственно и потребность в сырье Б — до $G^{пл}_б = 46$ тыс. т/год.

Вопрос, который должно решить предприятие и согласовать с Управлением материально-технического снабжения отрасли, состоит в том, следует ли в дальнейшем по-прежнему ориентироваться на полное обеспечение производства продукта В за счет внутризаводского полупродукта, или целесообразно предусмотреть поставку предприятию некоторого дополнительного количества сырья Б с другого предприятия отрасли. Если да, то сколько?

Попытайтесь подготовить и обосновать ответы на эти вопросы, используя указанные выше данные (см. с. 65) и режимную характеристику, представленную на рис. 20.

* *
*

Быть может, кто-нибудь из читателей, решая поставленную задачу, рассуждал примерно следующим образом.

Потребность в сырье Б составляет 46,0 тыс. т/год. Производительность собственного производства полупродукта Б может быть доведена до 48 тыс. т/год, т. е. обеспечивает внутреннюю потребность предприятия с некоторым, пусть и

небольшим, запасом. На основании графика, представленного на рис. 20, при производстве необходимого количества полупродукта его себестоимость составляет 314 руб/т. Полученное значение хоть и близко к планово-заготовительной цене ($Ц_Б = 320$ руб/т), но все-таки несколько ниже ее. Поэтому следует считать, что поставка сырья со стороны предприятию не нужна. Более того, на полупродукте собственного производства будет получена дополнительная экономия по 6 руб. на каждой тонне сырья, что составит в год:

$$(320—314)\,46{,}0 = 276 \text{ тыс. руб/год}$$

Такой подход к поставленной задаче приводит к неправильному решению. Покажем это на конкретном расчете.

Пусть было решено использовать 35,0 тыс. т/год полупродукта собственного производства, а остальные 11,0 тыс. т/год поставлять со стороны.

Себестоимость полупродукта для принятой производительности равна $с_Б = 275$ руб/т (см. рис. 20). При этом варианте затраты предприятия на сырье Б для основного производства составят:

$$З^{и}_{Б} = 35 \cdot 275 + 11{,}0 \cdot 320 = 13\,145 \text{ тыс. руб/год}$$

В то же время при использовании только полупродукта собственного производства затраты на то же количество сырья составят:

$$З^{и}_{Б} = 46{,}0 \cdot 314 = 14\,444 \text{ тыс. руб/год}$$

Это не только не экономия, а перерасход 1299 тыс. руб/год по сравнению с затратами по первому варианту, в котором используется частичная поставка сырья со стороны.

В чем же была ошибочность приведенных выше рассуждений, на основании которых был сделан неверный вывод о нецелесообразности поставки сырья со стороны? Можно указать по крайней мере на две принципиальные ошибки в изложенных обоснованиях использования только полупродукта собственного производства.

Первая ошибка была допущена уже на этапе формулирования проблемы; она состоит в искажении сущности задачи. Следовало искать ответ на поставленный вопрос: «оправдано ли комбинированное обеспечение сырьем производства В, и если да, то в какой пропорции?». Вместо этого был предложен и обоснован ответ на совсем другой вопрос: «что выгоднее, обеспечить предприятие целиком за счет привозного сырья или целиком за счет производства своего полупродукта?». Иными словами, задача выбора оптимального значения одного из параметров системы (соотношение объема производства $A_Б$ и общего потребления $G_Б$) была необоснованно заменена задачей выбора альтернативы (или $A_Б = G_Б$, или $A_Б = 0$).

Эта ошибка в оценке характера задачи и в ее постановке обусловила другую ошибку уже в выборе метода решения. При поиске оптимального значения параметра нельзя ориентироваться только на средние значения показателей, необходимо исследовать их приращения. В данном случае неправильно было ориентироваться на среднее значение себестоимости продукции 314 руб/т, надо было проследить, как изменяются удельные затраты по мере увеличения объема производства внутризаводского полупродукта.

В необходимости такого подхода легко убедиться, если попытаться решить поставленную задачу по-настоящему.

В самом деле, мы показали, что поставка со стороны 11,0 тыс. т сырья Б дает существенный эффект по сравнению с вариантом полного обеспечения предприятия полупродуктом собственного производства. Возникает естественный вопрос: является ли этот объем поставки самым выгодным или существует другая, более эффективная пропорция между объемом собственного производства ($A_Б$) и поставкой сырья со стороны ($G_Б = 46{,}0 - A_Б$)?

В решении этого вопроса и состоит задача выбора оптимального взаимодействия двух производств в этих конкретных условиях. Рассмотрим математическую постановку этой задачи и пути ее решения.

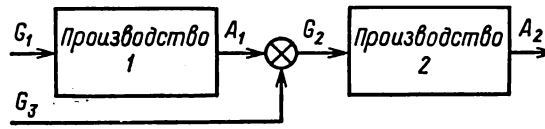


Рис. 21. Схема взаимодействия двух последовательных производств при частичной поставке промежуточного продукта со стороны.

Последовательные производства с частичной поставкой промежуточного продукта со стороны. Постановку задачи выбора оптимального взаимодействия таких производств будем формировать, реализуя те же процедуры, которые были рассмотрены в ходе оптимизации режима отдельного производства.

Во-первых, уточним, что *объектом оптимизации* является система, состоящая их двух последовательных звеньев: 1) производства полупродукта Б и 2) производства продукта В, схематически представленная на рис. 21.

Во-вторых, определим *варьируемый параметр*. Им является искомая поставка G_3 сырья Б со стороны, обеспечивающая максимальную степень достижения цели системы в целом. Однако из исходных данных задачи вытекает, что независимо от условий снабжения второго производства оно должно работать в номинальном режиме при $A_2 = 38{,}0$ тыс. т/год и $G_2 = 46{,}0$ тыс. т/год. Таким образом, поставка сырья со стороны (G_3) однозначно связана с производительностью первого производства $A_1 = G_2 - G_3$. Следовательно, любой из этих двух параметров (G_3 или A_1) может быть принят в качестве варьируемой переменной. В данном случае математическое описание объекта окажется проще, если в качестве варьируемой переменной будет принята производительность A_1.

В-третьих, нам необходимо установить *целевую функцию*, достижение экстремума которой будет означать, что принятое решение оптимально. Так же как и в предыдущей задаче, в качестве целевой функции примем прибыль, но именно ту, которую дает система взаимодействующих производств:

$$П = П_1 + П_2 = Ц_2 A_2 - c_1 A_1 - Ц_1 (G_2 - A_1) - (З_{у\,п})_2 \qquad (4.14)$$

где c_1 — себестоимость единицы продукции первого производства; $(З_{у\,п})_2$ — суммарные условно-постоянные затраты второго производства; $Ц_1$ — заготовительная цена поставляемого полупродукта ($Ц_1 = Ц_б = 320$ руб/т); $Ц_2$ — отпускная цена конечного продукта ($Ц_2 = Ц_в = 650$ руб/т).

Учитывая постоянство $(З_{у.п})_2$, $Ц_1 G_2$ и $Ц_2 A_2$, можно перейти от целевой функции (4.14) к критерию оптимальности:

$$R = (Ц_1 - c_1) A_1 \to \max \qquad (4.15)$$

Исходными условиями были заданы *ограничения* диапазона изменений варьируемой переменной:

$$26 \text{ тыс. т/год} \leqslant A_1 \leqslant 48 \text{ тыс. т/год}$$

Наконец, для исключения из выражения критерия оптимальности неварьируемой переменной c_1 необходимо располагать математическим описанием объекта. В данном случае — это зависимость $c_1 = f_c(A_1)$, которая графически представлена на рис. 20.

Дифференцируя критерий оптимальности по варьируемой переменной и приравнивая производную нулю, получим *условие оптимальности решения:*

$$\frac{dR}{dA_1} = Ц_1 - \bar{c}_1 - A_1 \frac{dc_1}{dA_1} = 0 \tag{4.16}$$

или

$$c_1 + A_1 \frac{dc_1}{dA_1} = Ц_1 \tag{4.17}$$

Для решения задачи можно было бы аппроксимировать зависимость $c_1 = f_c(A_1)$ полиномом 2-й степени (как это было сделано в предыдущем примере) и, решая уравнения, найти значение $(A_1)_{opt}$. Но воспользуемся случаем, чтобы ознакомиться с другим (графическим) методом решения, который редко используется для сравнительно сложных задач, но наглядно иллюстрирует сущность оптимизации.

Выше (см. с. 126) мы именовали график зависимости $c_1 = f(A_1)$ одной из удельных характеристик производства по выходу. Зависимость левой части уравнения (4.17) от производительности можно считать одной из *дифференциальных характеристик* производства по выходу, с которыми там же (см. с. 126) мы обещали познакомить читателя. По своему математическому выражению — это производная эксплуатационных затрат $З_э$ по производительности, а по экономическому смыслу — это дополнительные затраты, необходимые для увеличения производительности на 1 т. Исходя из такой экономической сущности, этот показатель правомерно именовать *дифференциальной (или предельной) себестоимостью единицы продукции* $c_{диф}$ [94]:

$$c_{диф} = \frac{dЗ_э}{dA} = c + A \frac{dc}{dA} \tag{4.18}$$

На рис. 22 приведена зависимость $c_{диф}$ от A (кривая *2*) для первого производства. Она построена на основании зависимости c_1 от A (кривая *1*), рассмотренной ранее (см. рис. 20). Оптимальное решение соответствует точке 0, в которой $c_{диф} = Ц_1$. Это вытекает не только из формального выполнения условия оптимальности (4.17), но и из экономического смысла показателя $c_{диф}$. В самом деле, форсирование режима оправданно лишь до тех пор, пока затраты на получение каждой дополнительной тонны продукта не превышают его цены.

Решение задачи позволило установить оптимальную производительность производства $(A_1)_{opt} = 32{,}0$ тыс. т/год, что соответствует поставке сырья со стороны:

$$G_3 = G_2 - A_1 = 46{,}0 - 32{,}0 = 14 \text{ тыс. т/год}$$

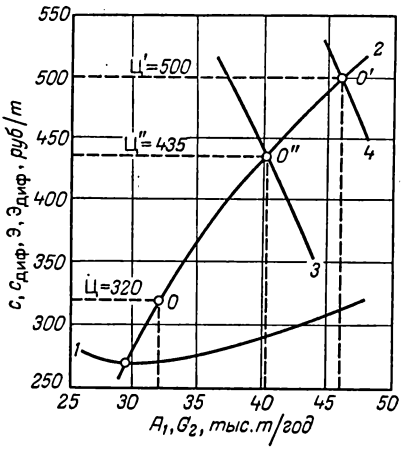


Рис. 22. Внешние характеристики производств полупродукта Б *и продукта* В: *1 — зависимость себестоимости единицы продукции* (c_1) *от производительности* A_1, *соответствующая приведенной на рис. 20, при уменьшении масштаба по оси ординат; 2 — зависимость дифференциальной (предельной) себестоимости* $(c_{диф})_1$ *от производительности* A_1; *3 — зависимость дифференциальной (предельной) эффективности использования промежуточного продукта* $(э''_{диф})_2$ *от нагрузки* G_2 *производства продукта* В; *4 — то же, но при* $l^{д}_{2}=1{,}56$.

Сопоставление суммарных затрат на сырье при этом режиме ($З^{м}=32{,}0\cdot 269+14\cdot 320=$ $=13088$ тыс. руб/год) с данными, приведенными на с. 177 (использование только полупродукта собственного производства), позволяет установить, что прекращение поставки сырья со стороны и форсирование первого производства до $A=46{,}0$ тыс. т/год принесет предприятию ущерб в $14{,}444-13{,}088=1{,}356$ млн. руб/год, или в пересчете на одну недопоставленную тонну $У=97$ руб/т. Эти последствия дефицита в 14 тыс. т/год соответствуют индексу дефицитности (среднему):

$$l^{д}_{ср}=1+(У/Ц)=1+(97/320)=1{,}3$$

Вместе с тем по дифференциальной характеристике, представленной на рис. 22, легко установить, что полное удовлетворение потребности второго производства ($A_1=46{,}0$ тыс. т/год) будет оптимальным для первого производства только при цене $Ц_1=$ $=500$ руб/т (см. точку 0′). Эту условную цену правомерно рассматривать, как произведение индекса дефицитности на фактическую цену ($Ц'=l^{д}Ц$). Но тогда индекс дефицитности должен быть равен отношению условной цены к действительной: $l^{д}=500:320=1{,}56$. В чем же дело? С помощью какого значения индекса (1,3 или 1,56) следует оценивать экономические последствия дефицитности сырья, если прекратится его поставка со стороны?

Ответ на этот вопрос заключается в том, что $l^{д}_{ср}=1{,}3$ является средним значением индекса дефицитности, характеризующим удельный ущерб в целом по мероприятию в результате общего дефицита 14 тыс. т. В то же время $l^{д}_{диф}=1{,}56$ следует рассматривать, как предельное значение индекса дефицитности, характеризующее прирост ущерба при увеличении дефицита с 13,5 до 14,5 тыс. т/год. Это различие средних и предельных оценок экономических последствий дефицитности продукции и ресурсов важно учитывать. Путаница в этом вопросе может привести к существенным просчетам.

Два последовательных производства. Рассмотрим теперь условия оптимального взаимодействия двух производств без поставки промежуточного продукта со стороны. Это более распространенная задача. Если использовать схему комплекса и характеристики производств из предыдущего примера, то суть нового варианта задачи будет состоять в нахождении таких режимов первого и второго производств, при которых будет обеспечена максимальная прибыль комплекса в целом при условии, что $G_3 = 0$, т. е. $A_1 = G_2$.

Постановка этой задачи и пути ее решения близки к представленным в двух рассмотренных выше примерах. Поэтому попытайтесь решить ее самостоятельно.

* *
*

Чтобы дать возможность читателям проверить результаты своего решения, кратко рассмотрим постановку задачи и определим искомые режимы производства.

Решать задачу можно как численными методами, которые были использованы в первом примере при определении оптимального режима производства, так и графически с помощью внешней дифференциальной характеристики (как это имело место в последнем примере).

Из чисто педагогических соображений воспользуемся графическим методом. Если графическое решение предыдущей задачи потребовало ознакомления с выходной дифференциальной характеристикой $(c_{\text{диф}})_1$, то использование этого же метода при решении новой задачи позволит нам уяснить сущность и пути использования входной дифференциальной характеристики производства [94].

Для этого введем понятие *эффективности использования* i-го вида ресурса в s-м производстве. Применительно к сырью этот показатель представляет собой эффект, который обеспечивает на данном производстве переработка G_i т/год сырья данного вида без учета его стоимости:

$$Э^{н}_{is} = Ф_{цs} + Ц_i G_i \tag{4.19}$$

Соответственно *удельная эффективность* переработки (в расчете на одну тонну сырья) будет равна

$$э^{н}_{is} = \frac{Э^{н}_{is}}{G_i} = \frac{Ф_{цs}}{G_i} + Ц_i \tag{4.20}$$

По аналогии с дифференциальной себестоимостью *дифференциальной эффективностью* переработки будем называть прирост эффекта переработки при увеличении нагрузки на одну тонну:

$$(э^{н}_{диф})_{is} = \frac{dЭ^{н}_{is}}{dG_i} = э^{н}_{is} + G_i \frac{dЭ^{н}_{is}}{dG_i} \tag{4.21}$$

Сопоставление показателей $(c_{\text{диф}})_i$ и $(э^{н}_{диф})_{is}$ позволяет сделать следующие выводы.

1. Дифференциальные (предельные) показатели характеризуют эффективность системы при изменении режимов ее функционирования.

2. Дифференциальная себестоимость $(c_{\text{диф}})_j$ характеризует эффективность системы как производителя j-го продукта (т. е. на ее выходе) и показывает, какие затраты необходимы, чтобы форсируя режим в конкретных условиях, дополнительно получить единицу продукции.

3. Дифференциальная эффективность использования i-го ресурса в s-м производстве $(э''_{\text{диф}})_{is}$ характеризует эффективность системы как потребителя этого ресурса (т. е. на ее входе) и показывает, какой эффект будет получен при дополнительном выделении системе единицы этого ресурса.

В рассмотренных выше примерах в качестве целевой функции для каждого из производств мы принимали прибыль $П_1$ и $П_2$, а для совокупности обоих производств — соответственно $П = П_1 + П_2$.

В соответствии с выражением (4.19) эффективность переработки промежуточного продукта во втором производстве составит

$$Э''_{12} = П_2 + Ц_1 G_2 = Ц_2 A_2 + (З_{у.п})_2 \qquad (4.22)$$

Дифференциальная эффективность переработки будет соответственно равна

$$(э''_{\text{диф}})_{12} = \frac{dЭ''_2}{dG_2} = Ц_2 \frac{dA_2}{dG_2} \qquad (4.23)$$

Зависимость $(э''_{\text{диф}})_{12}$ от $G_2 = A_1$ рассчитана по результатам балансовых испытаний второго производства (см. рис. 7) и представлена кривой *3* на рис. 22.

Оптимальный режим взаимодействия двух производств соответствует точке пересечения (0″) дифференциальных характеристик первого производства на выходе и второго производства на входе. Такая графическая интерпретация наглядно иллюстрирует сущность оптимального взаимодействия двух последовательных производств. При форсировании режимов дифференциальная себестоимость промежуточного продукта $(c_{\text{диф}})_1$ возрастает, а эффективность его переработки во втором производстве $(э''_{\text{диф}})_{12}$ падает. Форсирование остается целесообразным до тех пор, пока дополнительные затраты на получение каждой тонны полупродукта остаются ниже дополнительного эффекта от переработки этой тонны. Эти условия сохраняются до точки пересечения характеристик.

В оптимальном режиме для рассматриваемого случая $A_1 = G_2 = 40{,}2$ тыс. т/год, а это позволяет по характеристикам, представленным на рис. 7, найти соответствующее значение $A_2 = 34{,}9$ тыс. т/год. Оно существенно меньше номинальной мощности $M_2 = 38{,}0$ тыс. т/год. Ущерб, понесенный предприятием по сравнению с таковым при номинальном режиме (при поставке 14 тыс. т/год сырья со стороны), составляет 475 тыс. руб/год, что меньше, чем при форсированном режиме первого производства, когда ущерб был равен 1,356 млн. руб/год (см. стр. 180).

Если на продукт второго производства, (т. е. продукт В) установить индекс дефицитности $I_2^{\text{д}} = 1{,}56$, то входная дифференциальная характеристика подымется до кривой *4* (см. рис. 22), и новому оптимальному режиму взаимодействия производств будут соответствовать значения: $A_1 = 46{,}0$ тыс. т/год и $A = 38{,}0$ тыс. т/год.

Ответ на вопрос, оправдан ли такой индекс дефицитности, зависит от того, какой ущерб на последующих стадиях переработки продукта В будет обусловлен его дефицитом в результате недопоставки:

$$\Delta A_2 = 38{,}0 - 34{,}9 = 3{,}1 \text{ тыс. т/год}$$

Этой недопоставки можно избежать и другим способом, не вводя индекс дефицитности на продукт В. Это способ «волевого» управления, который, к сожалению, остается еще весьма распространенным. В данном случае он означает директивное указание предприятию «вытянуть» план любой ценой, несмотря на недопоставку ему 14 тыс. т/год полупродукта со стороны. Выше было показано, что технически возможно покрыть недопоставки полупродукта, форсируя первое производство. Но такой режим усугубляет несоответствие экономических интересов предприятия и народного хозяйства, заставляет предприятие расплачиваться своим фондом стимулирования за «грехи» поставщика полупродукта.

Группа параллельных однородных производств. Распределение ресурсов и заданий является основной задачей в планировании работы группы однородных производств, выпускающих один и тот же продукт и использующих одинаковое сырье. Если оптимизационный подход к решению этой задачи еще не получил должного применения, это следует объяснить тем, что в химической индустрии планирование осуществляется на основании установленных номинальных значений производственных мощностей и норм расхода без учета изменений эффективности производств в рабочем диапазоне режимов, а также без использования количественных оценок экономических последствий дефицитности конечной продукции и полупродуктов.

Выше мы рассмотрели выбор оптимальных режимов отдельного производства и последовательно связанных производств с учетом их характеристик в определенном диапазоне режимов. С учетом тех же факторов перейдем теперь к выбору оптимального взаимодействия нескольких производств, действующих параллельно (рис. 23, *а*).

Осуществить такой выбор легко с использованием тех же выходных и входных дифференциальных характеристик, которыми мы уже пользовались в предыдущей задаче.

В качестве целевой функции для каждого из производств принимаем, как делали это и ранее, прибыль:

$$\text{П}_s = \text{Ц}A_s - (\text{З}_s)_s \longrightarrow \max \qquad (4.24)$$

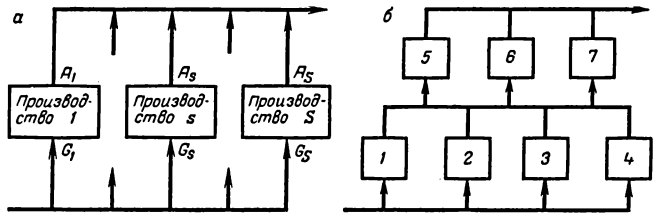


Рис. 23. Схемы взаимодействия производств:
а — параллельных; б — параллельно-последовательных; 1—7 — производства, включенные в сложные параллельно-последовательные схемы.

где Ц — отпускная цена продукта, руб/т; $З_э$ — суммарные эксплуатационные затраты, руб/год.

При распределении заданий варьируемыми параметрами являются плановые значения производительности $\{A_s\}$, $s=1, 2, \ldots, S$.

Условием оптимума для каждого из производств будет:

$$\frac{d\Pi_s}{dA_s}=Ц-\frac{d(З_э)_s}{dA_s}=0 \tag{4.25}$$

С учетом обозначения (4.18), принятого для дифференциальной себестоимости $c_{диф}$, условие (4.25) может быть записано равенством

$$(c_{диф})_s = Ц \tag{4.26}$$

Очевидно, что общая прибыль группы производств как сумма прибылей будет наибольшей, когда каждое слагаемое, т. е. прибыль каждого производства, получит наибольшее возможное значение. Кроме того, следует учитывать, что все производства выпускают один и тот же продукт по одинаковой отпускной цене Ц. Таким образом, оптимальное распределение заданий выбирается на основании условия

$$(c_{диф})_1 = (c_{диф})_2 = \ldots = (c_{диф})_S = Ц \tag{4.27}$$

Легко показать, что оптимальное распределение любого i-го ресурса будет удовлетворять аналогичному равенству дифференциальных показателей эффективности переработки этого ресурса $(э^и_{диф})_i$:

$$(э^и_{диф})_{i1} = (э^и_{диф})_{i2} = \ldots = (э^и_{диф})_{is} = Ц_i \tag{4.28}$$

Для частного случая, когда переменные эксплуатационные затраты определяются в основном стоимостью сырья одного вида или структура затрат остается неизменной, режимы, удовлетворяющие условиям (4.27) и (4.28), практически совпадают.

Для производств, в которых с изменением режимов изменяются соотношения затрат на разные виды сырья и энергии, условие (4.27) является более общим для выбора оптимального плана,

а распределение ресурсов следует осуществлять на основании оптимальных заданий $\{A_s\}$ и соответствующих им значений норм расхода $\{N_{is}\}$.

Наконец, в тех случаях, когда объем выпуска продукции ограничен дефицитностью сырья основного вида, оптимальное распределение фондов на это сырье следует осуществлять по условию (4.28). В этом случае плановые задания $\{A_s\}$ будут определяться найденными оптимальными нагрузками по сырью $\{G_{is}\}$ и соответствующими им нормами расхода $\{N_{is}\}$.

Степень дефицитности сырья влияет на его распределение постольку, поскольку условием оптимума становится равенство

$$(э^{и}_{диф})_{is} = l^{A}_{i} Ц_{i}, \qquad (4.29)$$

Легко убедиться, что сочетание рассмотренных задач оптимизации взаимодействия последовательно и параллельно действующих производств позволяет осуществить выбор режимов для производств, включенных в более сложные параллельно-последовательные схемы (рис. 23, *б*).

Выбор решений может осуществляться численными методами на ЭВМ, а в некоторых более простых случаях — с помощью специальных графиков-номограмм, построенных на основании входных и выходных дифференциальных характеристик производств. Задачи этого типа актуальны как для текущего планирования производства, так и при оперативном управлении.

4.3.3. Три задачи исследования операций

Рассматривая в гл. 1 сущность исследования операций как методологии выбора оптимальных решений, мы называли характерные для применения этой методологии виды задач. Общая типовая постановка большинства из них достаточно подробно описана в литературе [24—28].

В предыдущих разделах определенное внимание было уделено задачам оптимизации режима производств химической технологии и их взаимодействия. Это определяется их отраслевой спецификой и недостаточным освещением в литературе вопросов учета экономических последствий дефицитности продукции и ресурсов.

По остальным видам задач ограничимся лишь кратким обзором трех примеров, иллюстрирующих разнообразие постановок задач и методов их решения. В качестве таких примеров представлены линейные задачи планирования производства, транспортные задачи и задачи формирования оптимальных наборов (на примере плана мероприятий).

Линейные задачи планирования производства. В разд. 4.3.1 и 4.3.2 мы рассмотрели задачи выбора режимов для одного производства и групп нескольких взаимосвязанных производств с учетом нелинейности характеристик. Благодаря сравнительно невысокой размерности этих задач их нелинейность не создавала значительных трудностей в ходе решения.

Иначе обстоит дело при формировании плана сложной промышленной системы, например предприятия с широким ассортиментом продукции и совмещенными технологическими схемами, на каждой из которых ежегодно нарабатывается несколько продуктов. Общее число варьируемых переменных и ограничений в таких задачах может достигать нескольких сот, а в отдельных случаях — и несколько тысяч. Еще большую размерность могут иметь задачи формирования плана на уровне подотраслей и отрасли в целом.

Решение задач такой размерности с учетом нелинейных зависимостей создает очень большие вычислительные трудности. Поэтому, как правило, задачи большой размерности стараются свести к линейным.

Это не исключает реальности использования рассмотренных выше методов оптимизации режимов с учетом нелинейности характеристик производств в рабочем диапазоне режимов. Речь идет лишь о том, что формирование варианта плана сложной производственной системы должно осуществляться в результате последовательного решения оптимизационных задач двух видов.

На первом этапе устанавливают оптимальные режимы для отдельных производств (или групп взаимосвязанных производств). Результаты решения этих задач позволяют установить номинальные (для данного планового периода) значения производственных мощностей $\{M_{js}\}$ и норм расхода $\{N_{ijs}\}$ соответственно для каждого s-го производства j-го продукта. На втором этапе проводят формирование и балансовую увязку плана всей производственной системы, исходя из принятых значений M_{js} и N_{ijs}. Рассмотрим эту задачу, введя некоторые упрощения, и покажем, что она оказывается линейной.

В качестве целевой функции может быть принят показатель приведенного дохода $Д_{пр}$, а при учете дефицитности и качества отдельных видов продукции и ресурсов — показатель народнохозяйственного дохода $Д_{нх}$. При текущем или оперативном планировании, когда основные производственные фонды считаются неизменными, можно использовать соответствующий показатель прибыли $П$, как частный случай приведенного дохода, или соответствующий частный случай народнохозяйственного дохода:

$$П_{нх}=\sum_s \sum_j (I_j^{\text{в}} I_j^{\text{к}} Ц_j - \sum_i I_i^{\text{в}} I_i^{\text{к}} Ц_i N_{ijs}) A_{js} - З^{\text{у.п}} \to \max \qquad (4.30)$$

Основные ограничения для этой задачи были рассмотрены и обоснованы выше в разд. 2.3.2. Так, в частности, планируемые объемы производства A_{js} не должны превышать соответствующей производственной мощности с учетом установленного норматива ее использования $\Psi^{\text{м}}$:

$$A_{js} \leqslant \Psi_{js}^{\text{м}} M_{js} \qquad (4.31)$$

Для совмещенных технологических схем увязку плана по производственным мощностям удобнее осуществлять по балансу

эффективного фонда времени работы каждой s-й установки $T_s^э$, ч/год:

$$\sum_j \frac{A_{js}}{b_{js}} \leqslant \Psi_s^м T_s^э \tag{4.32}$$

где b_{js} — норма производительности s-й установки при наработке j-го продукта, т/ч.

Суммарное потребление фондируемого вышестоящими организациями сырья любого вида не должно превышать выделенных фондов:

$$\sum_s \sum_j A_{js} N_{ijs} \leqslant G_i \tag{4.33}$$

Необходимо также установить определенные ограничения на величину планируемых объемов производства. Выше был обоснован вид этих ограничений, обеспечивающих определенную минимально допустимую степень α_j удовлетворения потребности P_j на каждый продукт:

$$\alpha_j P_j \leqslant \sum_s A_{js} \leqslant P_j \tag{4.34}$$

Наконец, для балансовой увязки плана по внутрисистемным промежуточным продуктам или продуктам, имеющим как внутреннее потребление, так и внешнюю потребность P_i, вводится дополнительно ограничение вида

$$\sum_s \sum_j A_{js} N_{ijs} + \alpha_i P_i \leqslant \sum_s A_{is} \tag{4.35}$$

Как подчеркивалось в разд. 2.3.2, система ограничений нуждается в проверке непротиворечивости.

Целевая функция (4.30) и совокупность всех ограничений составляют математическую постановку задачи, или ее экономико-математическую модель. Как легко убедиться, модель является линейной.

Для решения подобных задач используются методы линейного программирования, доступное изложение которых можно найти, в частности, в работе [95]. Отметим одну особенность этих методов, важную для понимания некоторых вопросов, которые будут рассмотрены в гл. 5. Речь идет о том, что решение задач позволяет найти не только искомые варьируемые переменные $\{A_j\}$, но и так называемые *двойственные оценки,* представляющие собой частные производные целевой функции по ограничениям. По своему экономическому смыслу они представляют предельный эффект (или соответственно предельный ущерб) от единичного изменения ограничения. Для рассмотренной задачи могут быть получены двойственные оценки по производственным мощностям, по сырьевым ресурсам, заявленной потребности в продукции, и др.

$$\lambda_{js}^м = \frac{\partial \Phi_ц}{\partial M_{js}} \qquad \lambda_i^G = \frac{\partial \Phi_ц}{\partial G_i} \qquad \lambda_j^P = \frac{\partial \Phi_ц}{\partial P_j} \tag{4.36}$$

Применительно к экономическим задачам двойственные оценки нередко именуются *объективно обусловленными оценками* (0.0.0.) [30, 32]. Этот термин введен Л. В. Канторовичем и подчеркивает, что полезность ресурса обусловлена конкретной ситуацией.

Необходимо отметить, что разрешающие множители, аналогичные двойственным оценкам, могут быть получены и при решении задач нелинейного программирования.

Если по «замыкающему» мероприятию мы получали значения среднего эффекта (ущерба) и соответственно значения средних (по данному мероприятию) индексов дефицитности, то двойственные оценки (разрешающие множители) позволяют установить предельные значения индексов дефицитности $I^{\text{п}}_{\text{диф}}$, с которыми мы встретились в предыдущем разделе.

Задача прикрепления потребителей к поставщикам относится к так называемым транспортным задачам, ставящим целью рационализацию перевозок.

Суть однопродуктового варианта задачи состоит в том, чтобы каждого j-го потребителя продукта ($j=1, 2, \ldots, n$) прикрепить к соответствующему i-му предприятию, производящему этот же продукт ($i=1, 2, \ldots, m$). В качестве исходных данных заданы: стоимость перевозки одной тонны продукта от i-го поставщика до j-го потребителя ($Ц_{ij}$), зависящая от вида транспорта, тарифа и расстояния перевозки; плановые объемы производства продукта каждым поставщиком $\{A_i\}$; фонды, выделенные каждому потребителю $\{G_j\}$. При этом

$$\sum_j G_j = \sum_i A_i$$

Оптимальным считается такой план поставок $\{x_{ij}\}$ от i-го поставщика к j-му потребителю, который обеспечивает минимальные суммарные затраты на перевозки.

Это условие оптимальности может быть формализовано следующим выражением целевой функции:

$$\Phi_{\text{ц}} = \sum_i \sum_j Ц_{ij} x_{ij} \to \min \tag{4.37}$$

Заданные планы производства и выделенные фонды позволяют формализовать балансовые условия как ограничения вида равенства. Для каждого предприятия-поставщика это условие означает, что сумма поставок равна плану производства:

$$\sum_j x_{ij} = A_i \tag{4.38}$$

Для каждого потребителя балансовое условие устанавливает, что сумма поставок от разных предприятий должна соответствовать фондам, выделенным этому потребителю:

$$\sum_i x_{ij} = G_j \tag{4.39}$$

Наконец, необходима совокупность ограничений вида неравенства, устанавливающая, что объемы перевозок не могут иметь отрицательных значений:

$$x_{ij} \geqslant 0 \qquad (4.40)$$

Целевая функция (4.37) и ограничения вида (4.38), (4.39) и (4.40) в совокупности составляют математическую постановку задачи прикрепления потребителей к поставщикам одного многотоннажного продукта.

Так как целевая функция и ограничения линейно зависят от варьируемых параметров, в данном случае размеров поставок $\{x_{ij}\}$, задачу можно решать методами линейного программирования.

Результаты решения подлежат округлению, с тем, чтобы каждое значение варьируемых переменных было кратно стандартной вместимости транспортных средств (вагоны, цистерны и др.)

Для малотоннажных продуктов задача прикрепления потребителей к поставщикам дополнительно усложняется учетом условий комплектования транспортной партии отгрузки нескольких продуктов от i-го поставщика j-му потребителю. Но эта задача относится уже к классу задач формирования наборов.

Задача формирования оптимальных наборов. В отличие от рассмотренного выбора оптимальных значений тех или иных параметров данная задача относится к классу оптимизационных задач, суть которых состоит в формировании некоторого набора (комплекта), обеспечивающего наибольшую степень достижения поставленной цели по сравнению с любым другим возможным вариантом.

Особенности постановки и решения задач рассмотрим на примере формирования оптимального плана мероприятий. По сравнению с упомянутой задачей комплектования транспортных партий отгрузки малотоннажных продуктов эта задача представляет интерес для более широкого круга читателей.

Планирование мероприятий становится объектом оптимизации, если для своей реализации подготовленные предприятиями и организациями предложения требуют больше лимитированных ресурсов, чем выделено целевым назначением по каждому s-му виду ресурсов (оборудование, кабельные изделия, услуги строительно-монтажных организаций и др.).

Исходными данными для формирования плана являются предложения предприятий и организаций, содержащие n вариантов мероприятий, причем по каждому i-му из них определен эффект $Э_i$ и потребности в соответствующих ресурсах $\{K_{is}\}$.

В несколько упрощенном виде суть задачи состоит в том, чтобы из всей совокупности n предложенных мероприятий отобрать в план реализации m таких, которые в пределах выделенных ресурсов $\{K_s\}$ обеспечили бы наибольшую совокупную эффективность.

Обозначим через d_i специфический диаметр (см. с. 96), который может принимать только одно из двух значений: $d_i = 1$,

если i-тое мероприятие включается в план ($i \in m$); $d_i = 0$ — в противном случае.

С помощью этого параметра целевая функция может быть записана в следующем виде:

$$\Phi_{\text{ц}} = \sum_i \Theta_i d_i \longrightarrow \max \tag{4.41}$$

Установленные лимиты на ресурсы позволяют по каждому s-му ресурсу ($s = 1, 2, \ldots, S$) составить следующие ограничения вида неравенства:

$$\sum_i K_{is} d_i \leqslant K_s \tag{4.42}$$

Наконец, тот факт, что d_i является параметром, который может принимать только одно из двух возможных значений, записывается в следующем виде:

$$d_i = \{0;\ 1\} \tag{4.43}$$

Целевая функция (4.41), ограничения (4.42) и условие (4.43) представляют собой математическую постановку задачи. (Более полную постановку этой задачи читатель найдет в работе [96].)

Рассмотренная задача формирования плана мероприятий и аналогичные ей, содержащие условия (4.43), решаются методом целочисленного программирования. В отличие от линейного и нелинейного программирования этот метод не дает двойственных оценок или разрешающих множителей, но экономические последствия дефицитности ресурсов могут быть определены так же, как в случае применения рассмотренного выше метода «замыкающих» мероприятий.

Краткие выводы

1. Этап выбора оптимальных решений предусматривает выполнение двух основных процедур:

математической постановки задачи;

собственно решения задачи методами математического программирования.

2. Математической постановкой задачи или экономико-математической моделью (ЭММ) называется совокупность целевой функции и системы ограничений, содержащая только варьируемые параметры и заданные (известные) величины.

3. Для правильной постановки задачи необходимо четко формулировать ее сущность, уточнить объект оптимизации и его границы, выбрать совокупность искомых варьируемых параметров (переменных), выбрать целевую функцию, определить и конкретизировать систему ограничений. Кроме того, необходимо располагать математическим описанием (моделью) объекта, которое позволило бы исключить из выражений целевой функции и ограничений все неварьируемые переменные, выразив их через варьируемые параметры и известные (заданные) величины.

4. Метод решения оптимизационных задач выбирается с учетом их размерности и особенностей математической постановки (линейность или нелинейность зависимостей, непрерывный или дискретный характер изменения варьируемых переменных и др.).

5. После решения оптимизационной задачи необходимо провести анализ результатов, в том числе проверить чувствительность оптимума, оценить влияние ряда факторов на изменение варьируемых параметров, обеспечивающих экстремум целевой функции, рассмотреть некоторые другие аспекты, важные для выбора конкретного решения.

6. Решение многих оптимизационных задач позволяет получить не только искомые значения варьируемых параметров, но и частные производные целевой функции по ограничениям, характеризующим предельные значения прироста эффективности (или ущерба) на единицу соответствующего ресурса — так называемые двойственные оценки.

Глава 5

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ НОРМ И НОРМАТИВОВ

В предыдущих главах отдельные положения методологии системного анализа иллюстрировались частными примерами. Полученные навыки полезно закрепить на обобщенном примере, выбрав определенную систему, с тем, чтобы в ходе анализа выявить основные направления ее совершенствования.

Избранный объект исследования должен представлять интерес для широкого круга читателей, дать пищу для размышлений, способствовать развитию творческой инициативы. Этим условиям удовлетворяет, по-видимому, система технико-экономических норм и нормативов.

Термин «система» применительно к нормам и нормативам введен сравнительно недавно, в июле 1979 г. постановлением ЦК КПСС и СМ СССР «Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы» [98, с. 5—35]. Внедрение системы научно обоснованных технико-экономических норм и нормативов рассматривается этим постановлением как одно из основных направлений совершенствования планирования. В соответствии с этим Госпланом СССР были подготовлены и одобрены методические материалы, кратко именуемые «Системы норм и нормативов» [98, с. 105].

К чему обязывает термин «система» в данном случае? В чем сказываются здесь требования системности? Выполняются ли они в должной степени в настоящее время, а если нет, то что следует предпринять для более полного их удовлетворения? На эти вопросы и должен ответить анализ. Вначале попробуйте рассмотреть их самостоятельно.

5.1. СТРУКТУРА СИСТЕМЫ

5.1.1. Состав подсистем

Уточнение структуры системы является исходной процедурой для выявления путей решения проблемы ее совершенствования и, в свою очередь, предусматривает анализ состава подсистем, внутренних и внешних связей системы.

Применительно к рассматриваемой системе состав подсистем — это состав групп норм и нормативов. Упомянутыми выше методическими материалами Госплана СССР [98, с. 105] определены в рамках 1-ой очереди Единой системы технико-экономических норм и нормативов 10 основных групп, которые следует рассматривать, как ее подсистемы старшего ранга:

1) нормативы эффективности общественного производства;
2) нормы и нормативы затрат труда и заработной платы;
3) нормы и нормативы расхода и запасов сырья, материалов, топлива и энергии;
4) нормы и нормативы использования производственных мощностей и нормы продолжительности освоения проектных мощностей;
5) нормы капитальных вложений и капитального строительства;
6) нормы и нормативы потребности и запасов оборудования, кабельных изделий и показателей использования оборудования;
7) финансовые нормы и нормативы;
8) нормы денежных (комплексных) затрат на производство (обслуживание, отчисление на целевые мероприятия и т. п.);
9) социально-экономические нормы и нормативы;
10) нормы и нормативы охраны окружающей среды.

Целесообразно ли в ходе анализа путей совершенствования норм и нормативов на уровне предприятия принимать строго ту же структуру системы?

Для обоснованного ответа на этот вопрос вспомним вывод о том, что построение структуры системы неоднозначно, что оно должно быть подчинено решению конкретной проблемы и определяется важнейшими для этой проблемы внутренними связями (см. с. 121—123).

Представленный состав основных групп норм и нормативов вытекает из конкретных задач распределения ресурсов и балансовой увязки планов на верхнем уровне планирования, т. е. на уровне Госплана СССР. Важнейшие для решения этих задач связи между элементами системы (отдельными нормами и нормативами) определяются их принадлежностью к конкретным видам ресурсов. При этом не столь принципиально использу-

ется ли, к примеру, серная кислота как сырье в производстве суперфосфата или для заправки аккумуляторов автомашин и тракторов; в первую очередь необходимо объединить в общую группу всю потребность в материалах. Направления использования ресурсов (на технологические нужды, на ремонт, на строительство и т. п.) здесь также учитываются, но уже подсистемами младших рангов.

Иные задачи решаются на предприятии, а следовательно, важнейшими здесь являются другие внутренние связи норм и нормативов. На предприятии осуществляются нормирование (т. е. формирование норм), распределение ресурсов по отдельным производствам и службам в ходе планирования и контроль деятельности цехов и служб на основе норм и нормативов. В решении этих задач важнейшими являются производственно-технические связи между отдельными нормами и нормативами, а следовательно, они определяют структуру системы норм и нормативов на уровне предприятия.

Состав подсистем на уровне предприятия. Всю совокупность технико-экономических норм и нормативов, используемых на промышленном предприятии, целесообразно разделить на три крупные группы (подсистемы 1-го ранга) по целевому признаку, т. е. в зависимости от того регламентируют ли они: 1) основную деятельность по производству продукции и услуг; 2) развитие и совершенствование предприятия; 3) решение социальных задач.

Дальнейшее уточнение структуры системы следует вести, выделяя подсистемы младших рангов методом последовательной декомпозиции (ветвления). На каждом этапе ветвления необходимо четко представлять себе соответствующий производственный объект как систему и учитывать сущность процессов его функционирования. Так, в частности, декомпозицию подсистемы норм и нормативов, регламентирующих производство продукции и услуг, целесообразно осуществлять, исходя из сущности процесса производства, как целенаправленного процесса воздействия человека (живой труд) на предметы труда с помощью средств труда. Кроме того, нормированию подлежит также использование финансовых ресурсов и их формирование (в том числе формирование фондов стимулирования). Наконец, необходимо регламентировать некоторые показатели организации производственного процесса (например, размеров партий наработки продукции на совмещенных технологических схемах; в переработке пластмасс и в машиностроении этому соответствуют размеры партий запуска — выпуска деталей, такт поточной линии и т. п.).

Аналогичный подход, учитывающий сущность процессов функционирования объекта, рекомендуется и при декомпозиции двух остальных подсистем 1-го ранга. Так, в гл. 1 процессы развития и совершенствования производства мы классифицировали с учетом масштабов этих процессов. Соответственно решение

социальных задач связано с охраной окружающей среды, развитием, строительством и использованием объектов непроизводственного назначения, а также с реализацией остальных мероприятий по основным направлениям социального развития коллектива.

На той же основе анализа взаимосвязей в процессах функционирования производственного объекта и социального развития коллектива, а также с учетом структуры управления должна осуществляться дальнейшая последовательная детализация перечисленных выше групп норм и нормативов (подсистем 2-го ранга). Самостоятельное, но взаимосвязанное рассмотрение основных и вспомогательных производств, продолжение декомпозиции подсистем младших рангов до отдельных стадий, аппаратов, рабочих мест приведет нас к конкретным нормам и нормативам, которые являются элементами системы. Такой подход обусловит определенные особенности структуры системы норм и нормативов для каждого предприятия, вытекающие из специфики организации производства, материально-технического снабжения, сбыта продукции, ремонтных работ и ряда других факторов. Детальная проработка структуры системы норм и нормативов на каждом предприятии является важной предпосылкой достаточно полного выявления их связей и совершенствования нормирования.

Несмотря на специфичность структуры норм и нормативов на отдельных предприятиях, укрупнение и агрегирование их нормативной базы при переходе на более высокие уровни управления приведет к указанным выше десяти основным группам единой системы технико-экономических норм и нормативов.

На каждом уровне иерархии управления структура системы норм и нормативов должна соответствовать структуре системы управления. Это означает, что функции нормирования, совершенствования нормативной базы, использования норм и нормативов в процессе планирования и в ходе управления реализацией планов должны быть закреплены по каждой группе за определенными службами и подразделениями соответствующего органа управления.

Нормы и нормативы. Системный подход к проблеме требует уточнения используемых терминов и понятий. В первую очередь это относится к нормам и нормативам, как элементам рассматриваемой системы, а также к понятию нормирования, как к процессу обоснованного их формирования.

Состояние любой промышленной системы и процессы ее функционирования характеризуются совокупностью параметров и их соотношениями. Значения этих показателей при нормальном течении процессов будем именовать *нормативными*.

Используя метод аналогий, отметим, что понятие нормы существует не только для социально-экономических систем, но и для систем других классов. Так, например, медики и биологи широко пользуются понятием физиологической нормы, к которой относятся такие параметры здорового организма, как температура

тела, артериальное давление, состав крови и сотни других показателей.

Совокупность нормативных показателей промышленной системы, необходимых для планирования производства и управления, будем именовать *технико-экономическими нормами и нормативами.*

Различие терминов «норма» и «норматив» в значительной мере условно и не всегда трактуется однозначно. Наиболее признанными можно считать следующие варианты понимания этих терминов [56, 76]. *Нормами* чаще всего именуют абсолютные, или удельные, значения нормируемых показателей, в том числе затрат всех видов ресурсов, времени, уровней запасов, объемов незавершенного производства и т. п. *Нормативами,* как правило, называют нормируемые показатели, характеризующие в относительных единицах (или в процентах) степень или долю использования средств производства и ресурсов, долю отдельных видов затрат в структуре себестоимости, долю различного вида отчислений и т. п.

Перейдем теперь к уточнению понятий, касающихся обоснованности нормативных показателей, их прогрессивности, а также выбора плановых значений норм и нормативов.

Система функционирует целенаправленно, а потому нормальными параметрами можно считать те, которые в конкретных условиях обеспечивают наибольшую ее эффективность. Вопрос состоит в том, как установить значения нормативных показателей, которые были бы реальными и в то же время экономически эффективными.

Важно учитывать, что в большинстве случаев изменение нормируемых показателей влечет за собой как позитивные, так и негативные последствия непосредственно или в результате изменения степени риска более существенного ущерба. Анализ этих последствий очень важен и может служить основанием для оценки перспектив использования методов оптимизации при формировании соответствующих норм и нормативов.

В гл. 4 мы установили, что способы выбора решений зависят от того, располагаем ли мы достаточной исходной информацией. В тех случаях, когда имеется информация, необходимая для построения формализованных экономико-математических моделей, нормирование следует сводить к решению оптимизационных задач, а результаты их решения рассматривать как научно-обоснованные нормы и нормативы. В остальных случаях приходится использовать так называемые опытные и опытно-статистические нормы и нормативы, накапливая в то же время информацию, обеспечивающую повышение их научной обоснованности. К сожалению, термин «опытно-статистические нормы» иногда присваивается опытным нормам без должного основания. Нельзя забывать, что статистические методы предъявляют определенные требования к исходным данным, их объему, способам отбора и обработки [77—79; 83, 84].

Требует уточнения также понятие прогрессивных норм и нормативов. Нам представляется, что этот термин следует связывать с признаком развиваемости систем, рассмотренным в гл. 1. Исходя из этого, условимся, что *прогрессивными нормами и нормативами* на плановый период следует считать такие нормативные показатели, при определении которых учитывался прогресс системы (ее дальнейшее совершенствование и развитие) в рассматриваемом периоде как за счет определенных технических мероприятий, так и на основании использования передового опыта.

Уточнив, таким образом, понятия обоснованных и прогрессивных норм и нормативов, необходимо определить их связь с понятием плановых нормативных показателей. Напомним, что системный подход требует конкретного анализа конкретной ситуации! Это означает, что приближение плановых норм к научно обоснованным прогрессивным зависит от того, в какой мере реальные условия, ожидаемые в плановом периоде, совпадают с теми, для которых определялись эти обоснованные прогрессивные нормы. Необходимо помнить, что ужесточение нормативов — обоюдоострое оружие, повышающее степень риска дезорганизации работ сложного производственного механизма. Поэтому сопоставление фактически достигнутых показателей с научно обоснованными прогрессивными, анализ причин их расхождения, прогноз изменения этих причин и реализации новых мероприятий в предплановом и плановом периодах должны позволить правильно решить вопрос о выборе плановых норм и нормативов. К методологии решения этих вопросов мы вернемся в следующем разделе на примере нормативов использования производственных мощностей.

5.1.2. Внутренние и внешние связи системы

Внутренние связи системы. Совокупность норм и нормативов становится собственно системой лишь в том случае, когда существуют и используются взаимосвязи между отдельными их группами (подсистемами).

Осуществление критического анализа функционирования системы уже в ходе уточнения ее структуры (как это было рекомендовано в гл. 3) позволяет отметить, что вопросам взаимосвязей норм и нормативов разных групп уделяется недостаточное внимание.

В методических материалах Госплана СССР «Система норм и нормативов» выделены лишь вопросы взаимосвязи норм и нормативов с показателями эффективности общественного производства. Для обеспечения этой взаимосвязи системой предусмотрены показатели (задания) экономии ресурсов. Возможность и необходимость учета взаимосвязей между нормами и нормативами различных групп в этих методических материалах прак-

тически не рассматривается. Возможно, это обусловлено существенным влиянием отраслевой специфики на внутренние связи между группами нормативов. В этом случае тем выше ответственность отраслевых институтов за учет этих связей.

Полная проработка взаимозависимостей отдельных норм и нормативов — это большая исследовательская работа, точнее — совокупность работ, которые в значительной мере должны выполняться уже на стадии разработки и проектирования производств. Здесь мы вынуждены ограничиться лишь несколькими примерами, иллюстрирующими наличие и сущность взаимосвязей между отдельными группами норм и нормативов, важность их учета для повышения эффективности производства.

Взаимосвязь норм расхода материальных ресурсов и нормативов использования производственной мощности. При рассмотрении внешних характеристик производственных систем (см. с. 124) мы отмечали, что многие производства химической промышленности (как непрерывные, так и периодического действия) могут работать в некотором диапазоне нагрузок, причем удельные расходы материальных ресурсов изменяются с изменением режима.

Вместе с тем в проектной и нормативной документации нередко учитываются лишь номинальные значения производственной мощности и норм расхода. Если принимаемый плановый объем производства ниже его мощности, номинальная норма расхода может оказаться завышенной, и наоборот, форсированные режимы нередко являются одной из основных причин перерасхода сырья по сравнению с номинальной проектной нормой его расхода.

На этом основании заслуживает проработки целесообразность учета при текущем планировании норм расхода материальных ресурсов и их зависимости от планового использования производственных мощностей. Примером такой зависимости может служить функция $N_{\text{БВ}}=f_N(A)$, приведенная в ЭММ (4.11). В сравнительно узком диапазоне режимов может быть использована линейная связь вида

$$N_{\text{пл}}=N_{\text{м}}-\frac{N_{\max}-N_{\min}}{A_{\max}-A_{\min}}(1-\Psi^{\text{м}}_{\text{пл}})\,M \qquad (5.1)$$

где $N_{\text{пл}}$ — плановая норма расхода при $A=A_{\text{пл}}$; $N_{\text{м}}$ — номинальная норма расхода, соответствующая режиму полного использования производственной мощности: $A=M$; $N_{\max}$ — норма расхода при режиме максимальной производительности установки ($A=A_{\max}$); $N_{\min}$ — норма расхода при минимальном использовании производственной мощности ($A=A_{\min}$); $\Psi^{\text{м}}_{\text{пл}}=A_{\text{пл}}/M$ — показатель планового использования производственной мощности.

В тех случаях, когда производство имеет сравнительно широкий диапазон рабочих режимов, а зависимость удельных расходов сырья от нагрузки существенно нелинейна, функция

$N_{пл} = f(\psi^{*}_{пл})$ может быть аппроксимирована полиномом 2-й или 3-й степени.

Следует отметить, что в энергетике взаимосвязь норм расхода и нагрузки учитывалась практически всегда. Есть основания ввести такой учет и в химической промышленности, во всяком случае для некоторых производств. Это несколько осложнит балансовые расчеты в ходе планирования, но при использовании средств вычислительной техники подобные трудности вполне преодолимы.

Взаимосвязь нормативов использования производственной мощности и страховых запасов сырья. Страховые запасы сырья предназначены для того, чтобы не ставить под угрозу выполнение плана производства при отклонениях фактических сроков поставок сырья от графика. Экономически оправданный уровень страховых запасов можно найти в результате решения соответствующей оптимизационной задачи, если накоплены необходимые статистические данные, позволяющие оценить вероятностные характеристики отклонений сроков поставки от графика. Вместе с тем практически ту же роль «страховки» может играть резерв мощности, который позволил бы, форсируя режим, наверстать упущенное, если сырье поступило позднее сроков, предусмотренных графиком.

Таким образом, запасы сырья и резервы мощностей являются до некоторой степени взаимозаменяемыми средствами «страховки» от невыполнения плана. У каждого из этих средств есть свои преимущества и недостатки. Так, например, запас сырья «страхует» от невыполнения месячного плана независимо от того, когда нарушены сроки поставки сырья, в то время как резерв производственной мощности требует определенного времени для компенсации задержки форсированием режима. С другой стороны, резерв производственной мощности «страхует» не только при нарушении сроков поставки сырья, но и при многих других возмущениях, в том числе при временных выходах оборудования из строя, задержке ремонтных работ и др.

Наконец, экономическое сопоставление двух рассматриваемых возможностей «страховки» или их комбинации покажет, что оптимальное их соотношение будет изменяться в зависимости от ряда особенностей производств, в том числе таких, как стоимость сырья, затраты на его хранение, удельные капитальные вложения, соотношение дефицитности сырья и продукции и некоторые другие.

Таким образом, для каждого производства в конкретных условиях оптимальный уровень страховых запасов сырья должен быть установлен с учетом его взаимосвязи и взаимозаменяемости с резервом производственной мощности.

Другие внутренние связи системы. Рассмотренные выше связи мы привели лишь в качестве наиболее наглядной иллюстрации внутренних связей системы норм и нормативов, как примеры подхода к анализу системы с целью выявления этих

связей. Покажем на отдельных примерах, что такой же подход может и должен быть реализован при анализе значительно более широкого перечня норм и нормативов.

Рассматривая фрагмент функционально-информационной структуры управления (см. рис. 15), относящийся к планированию повышения качества продукции, мы отмечали как один из недостатков отсутствие ресурсов, выделенных на реализацию плана организационно-технических мероприятий (ОТМ). Недостаток этот относится не только к планированию повышения качества продукции, но и ко всей подсистеме совершенствования производства на основе ОТМ (в том числе по экономии материальных ресурсов, расширению «узких мест» и т. д.), если эти мероприятия реализуются не по фондам капитального строительства. Таким образом, группа норм потребности в оборудовании и кабельных изделиях, не учитывающая пока реализацию ОТМ, должна быть дополнена еще одной подгруппой, с которой будет тесно связано нормирование заданий по экономии материальных ресурсов, повышению использования оборудования, росту качества продукции и др.

Плановые нормы и нормативы затрат труда и заработной платы тесно связаны с большинством других подсистем норм и нормативов. Связь эта обусловлена не только тем, что трудоемкость обслуживания основного производства определяется расходами всех видов ресурсов, затратами на ремонтно-эксплуатационные нужды и др. Зависимой оказывается и технологическая трудоемкость: для химической промышленности, где характер труда в основном производстве связан с обслуживанием аппаратов, нормативная технологическая трудоемкость продукции пропорциональна числу рабочих мест и обратно пропорциональна производственной мощности и нормативу ее использования.

Уточняя структуру системы, мы выделили в самостоятельную подсистему 2-го ранга нормы и нормативы, регламентирующие некоторые аспекты организации производства. Нетрудно показать, что и эта подсистема тесно связана со многими другими группами норм и нормативов. Так, в частности, оптимальное число партий наработки продукта на совмещенных технологических схемах определяется в едином комплексе задач с экономически окупаемыми запасами этого продукта, а следовательно, связано не только с мощностью, но и с нормативами оборотных средств, обусловленных запасами.

Приведенные примеры позволяют сделать важный вывод: учет внутренних связей системы норм и нормативов (т. е. взаимосвязей отдельных групп нормируемых показателей) является одним из важных направлений совершенствования нормирования, повышения научной обоснованности нормативов и эффективности системы в целом.

Внешние связи системы. Система технико-экономических норм и нормативов является информационной, поэтому ее внешние связи — это входная и выходная информация.

Входами системы служит исходная информация, необходимая для формирования обоснованных норм и нормативов. В первую очередь — это результаты учета, позволяющие установить фактические значения показателей, их отклонения от нормативных и, по возможности, причины этих отклонений. Для выявления и анализа причин отклонений фактических значений показателей от нормативных только учетная информация, как правило, оказывается недостаточной. Нередко здесь возникает необходимость в дополнительных исследованиях, в том числе и в социологических.

Выходами системы является собственно нормативная информация, которая используется как в планировании, так и для контроля за ходом выполнения планов.

В этом суть внешних связей системы технико-экономических норм и нормативов, но в некоторых случаях такой подход оказывается слишком упрощенным. В условиях эффективного использования ЭВМ для планирования его взаимосвязи с нормированием могут оказаться более сложными. К этому вопросу мы вернемся в разд. 5.3.

5.2. НОРМАТИВЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ

Среди представленных выше десяти основных групп единой системы технико-экономических норм и нормативов наибольший интерес для системного анализа представляют вторая и четвертая группы: нормативы эффективности общественного производства и нормативы использования производственных мощностей.

Методы оценки эффективности общественного производства являются ключевыми в совершенствовании всей системы хозяйственного механизма. Один из важных аспектов этой проблемы связан с перспективами практического использования показателя полезности (потребительной стоимости) продукции и ресурсов. Краткое ознакомление с этими перспективами поможет обобщить представление о целевой функции, данное в разд. 2.4.

Заслуживают особого внимания и нормативы использования производственных мощностей. В первую очередь это обусловлено их непосредственной связью с напряженностью планов, а следовательно — существенным влиянием на эффективность производства. Кроме того, актуальность анализа этих нормативов связана также с тем, что по их формированию и применению еще не накоплен практический опыт.

5.2.1. Перспективы использования показателя полезности продукции и ресурсов

Как было отмечено в гл. 2, цель общества определяется основным экономическим законом, а конечные результаты

функционирования социалистической экономики — это создание потребительных стоимостей, полезность которых направлена на удовлетворение потребностей общества, в том числе потребностей в безопасности страны, в свободном времени для отдыха и духовного развития [52, т. 1, с. 3—23]. Поэтому оценка эффективности общественного производства с учетом полезности продукции и ресурсов в наибольшей мере соответствовала бы основному экономическому закону.

Дискуссии об использовании показателей полезности в народнохозяйственном планировании и о методах их оценки ведутся давно [15, с. 486—489; 32; 99; 100; 51]. В этих методах существенная роль отводится «двойственным оценкам», получаемым в ходе формирования оптимального народнохозяйственного плана. Сущность этих оценок была рассмотрена выше, в разд. 4.3.3 при описании линейной задачи планирования производства. Одно из важных мест в дискуссиях занимал вопрос о соизмерении полезности продукции и ресурсов.

«О возможности и необходимости соизмерения полезности различных материальных благ идут споры,— докладывал академик Федоренко на дискуссии об оптимальном планировании.— Одни экономисты целиком отрицают такую возможность и не видят в этом соизмерении никакой необходимости. Другие полагают, что, хотя потребительные стоимости товаров внутренне несоизмеримы, все же их соизмерение на практике осуществляется... Третьи (к ним относятся сторонники теории оптимального планирования) считают, что материальные блага соизмеримы по полезности.

Практически в определении индивидуальных потребностей и оценке их предпочтительности принимает участие все население в форме потребительского выбора. Для научного обоснования критерия оптимальности и сокращения области волюнтаристских решений... большое значение имеет изучение и использование этого коллективного опыта, проявляющегося в форме спроса» [99, с. 9—10].

Главным в этой дискуссии об оптимальном планировании был вопрос о принципах ценообразования. Сторонники «цен оптимального плана» считали, что в основе цены должна лежать полезность продукции. Их оппоненты утверждали, что цены должны характеризовать общественно необходимые затраты труда на производство продукции *.

Не вступая в дискуссию о ценах, хотелось бы подчеркнуть, что независимо от того, как будет решен вопрос о ценообразовании, для совершенствования хозяйственного механизма необходимо учитывать и использовать в ходе планирования социалистического производства и управления им и оценки затрат

* Отметим, что при действующей системе ценообразования цены зачастую занимают промежуточное положение между стоимостью и полезностью, так как надбавка к цене на более эффективный продукт включает значительную долю этого эффекта [98, с. 285—289].

труда на производство продукции (стоимость), и их полезность (потребительную стоимость). Более того, важно не только учитывать оба эти показателя, но и соизмерять их: определять и использовать их отношение.

Уместно напомнить известное положение Ф. Энгельса, изложенное им в разделе «Социализм» работы «Анти-Дюринг» [101]: «...общество,— пишет он,— должно будет знать, сколько труда требуется для производства каждого предмета потребления. Оно должно будет сообразовать свой производственный план со средствами производства, к которым в особенности принадлежат также и рабочие силы. Этот план будет определяться в конечном счете взвешиванием и сопоставлением полезных эффектов различных предметов потребления друг с другом и с необходимыми для их производства количествами труда». Это положение Энгельса позволяет считать, что он не только положительно решал вопрос о соизмерении полезностей (полезных эффектов), но и считал необходимым сопоставлять их с трудоемкостью продукции.

Отношение полезности продукта к количеству общественно необходимого труда, затраченного на его производство, можно рассматривать как меру контроля отклонений пропорций общественного производства от оптимальных.

Общеизвестно, что для поддержания на заданном уровне температуры, давления или любого другого технического параметра необходимо систематически контролировать его отклонения от заданного значения. Точно так же для обеспечения оптимальных пропорций необходим систематический контроль «параметра», характеризующего отклонения пропорций от оптимума. Степень удовлетворения потребности (в натуральных показателях) не может в полной мере служить таким показателем, так как недостаточное удовлетворение потребности в разных продуктах влечет за собой разные экономические и социальные последствия для общества. Кроме того, при оптимальном планировании речь должна идти об удовлетворении не просто заявленной потребности, а об общественной потребности, которая, в свою очередь, подлежит определению в ходе формирования оптимального плана.

В отличие от натуральных показателей отношение полезности к стоимости может служить необходимой для планирования и управления мерой отклонений пропорций от оптимальных. При оптимальных пропорциях эти отношения для разной продукции должны быть одинаковыми, близкими к единице. Рост этого отношения для того или иного продукта указывает на сравнительно высокую эффективность увеличения его производства.

Если в основе цен лежат общественно необходимые затраты труда на производство продукции, то рассмотренный нами выше (в гл. 2 и 4) индекс дефицитности $I^{\text{д}}$ можно рассматривать как показатель, приближенно характеризующий отношение полезности продукции и ресурсов к их стоимости.

В связи с этим необходимо уточнить содержание понятия дефицитности, во всяком случае, то, как понимался этот термин выше.

Во-первых, важно подчеркнуть, что дефицитность того или иного продукта далеко не всегда является следствием только ошибок в планировании. В условиях научно-технического прогресса происходит систематическое обновление ассортимента продукции. На смену устаревшей появляется новая продукция, удовлетворяющая те же потребности, но более эффективная. Для развития производства новой продукции в должном объеме, для полного вытеснения ею старой необходимо определенное время, иногда достаточно длительное. В этот период новую продукцию правомерно рассматривать как дефицитную, т. е. такую, объем производства которой ниже общественной потребности.

Во-вторых, необходимо учитывать и дефицитность другого характера: кратковременную, возникающую в результате каких-то сбоев в производстве или других факторов, обусловивших нарушение пропорций. Такая кратковременная дефицитность может быть устранена сравнительно быстро, если за потребительским спросом и соблюдением пропорций ведется систематический контроль. Лучше всего, если контроль позволяет принимать необходимые меры уже на стадии возникновения тенденций к нарушению пропорций.

Рассматривая перспективы практического использования показателя полезности продукции и ресурсов в народнохозяйственном планировании, необходимо учитывать не только актуальность этой проблемы, но и сложность ее решения. Вместе с тем есть все основания считать, что широкое использование средств вычислительной техники на всех уровнях планирования, их итеративное взаимодействие в ходе формирования и балансовой увязки плана, тщательное изучение потребительского спроса населения и предпочтительности выбора различных материальных и социальных благ создают необходимые предпосылки для успешного решения рассматриваемой проблемы.

Каковы пути реализации этих предпосылок? Необходимо ли ожидать соответствующих решений о совершенствовании хозяйственного механизма в общегосударственном масштабе или же возможно частичное локальное использование количественных оценок дефицитности продукции и ресурсов в рамках отдельных отраслей?

Конечно, наибольший эффект даст совершенствование планирования с учетом полезности продукции и ее отношения к стоимости при использовании этих показателей на всех уровнях планирования и управления. Вместе с тем нельзя забывать, что изменения механизма планирования и управления в народнохозяйственных масштабах требуют значительного времени на подготовку и реализацию, а также предварительную проверку

в порядке экономических экспериментов в локальных масштабах.

По-видимому, реализация таких локальных экспериментов по применению показателя полезности вполне возможна при одном важнейшем условии: использование индексов дефицитности должно быть реализовано как в процессе планирования и управления локальным промышленным объектом, так и в системе стимулирования его персонала.

Применительно к одной из отраслей химической индустрии такой локальный эксперимент означал бы, что в ходе формирования плана индексы дефицитности устанавливаются на все внутриотраслевые полупродукты и лишь на некоторые конечные продукты, народнохозяйственная эффективность которых может быть расчетно определена. В первую очередь это относится к продукции, которая используется в качестве средств производства. Полезность такой продукции чаще всего сводится к экономии общественного труда. Так, переход от металлических труб к трубам из полимерных материалов зачастую дает существенную экономию общественно необходимого труда как в производстве этих труб, так и в их потреблении. Можно привести и многие другие примеры эффективности химической продукции [69].

Даже в тех случаях, когда количественные оценки дефицитности используются локально, например в рамках одной отрасли или нескольких взаимосвязанных отраслей, их использование должно предусматривать взаимодействие нескольких уровней управления и планирования (например, отдел химии Госплана СССР, отрасль, подотрасль, предприятие). Оценки дефицитности, установленные на верхних уровнях в ходе многопродуктовых балансовых расчетов, должны использоваться на всех последующих нижних уровнях как в соответствующих целевых функциях, так и в системах стимулирования. Такая взаимосвязь должна способствовать сближению целей разных уровней управления. На каждом уровне индексы дефицитности должны присваиваться и корректироваться по той продукции, которая принадлежит к номенклатуре этого уровня и по тем ресурсам, которые орган управления данной системой (в пределах выделенных ему лимитов) распределяет между своими подсистемами.

Можно считать, что даже такое локальное использование индексов дефицитности (в ходе формирования планов, оперативного управления и стимулирования) обеспечит существенное повышение эффективности функционирования системы.

5.2.2. Нормативы использования производственных мощностей

Анализ начнем с уточнения терминов и понятий, с выявления сущности рассматриваемых нормативов. Дискуссионный

характер, излагаемого в этой главе материала позволяет высказать мнение о необходимости различать в химической промышленности по крайней мере два вида нормативов использования производственной мощности. Один из них необходим в ходе текущего планирования производства, а другой важен при перспективном планировании. Чтобы избежать путаницы, будем называть этот второй вид *нормативом резерва производственных мощностей* при проектировании.

Норматив использования производственной мощности $\psi_s^м$, который применяется в текущем планировании, мы уже использовали при рассмотрении линейной задачи планирования производства. Из ограничения (4.31) вытекает, что под *нормативом использования производственной мощности* следует понимать отношение такого планового задания $(A_s)_{пл}$ к производственной мощности s-й установки (M_s), которое будет выполнено с достаточной надежностью в конкретных условиях планируемого года. При этом предполагается, что принятое плановое задание полностью обеспечено фондами на материальные ресурсы и не превышает потребности в продукте, так как эти условия формирования плана учитываются в модели другими ограничениями.

Из такого определения сущности норматива использования производственной мощности вытекает его тесная связь с уровнем (коэффициентом) напряженности планов. В «Методических указаниях о порядке определения напряженности планов» [98, с. 57] этот коэффициент рассматривается как отношение планового значения ведущего показателя к его нормативному значению. Там же отмечено, что напряженность плана оценивается преимущественно по одному ведущему показателю, а расчетный пример выполнен для случая, когда в качестве ведущего показателя принято использование производственной мощности:

$$K_н = A_{пл}/M \tag{5.2}$$

Нетрудно убедиться, что для химической промышленности такой выбор ведущего показателя наиболее полно характеризует напряженность плана производства.

Если исходить из принятого выше понимания научно обоснованного значения нормы или норматива как его оптимального значения, то, сопоставляя выражение (5.2) с сущностью норматива использования производственной мощности, можно заключить, что этот норматив должен совпадать с оптимальной напряженностью плана. С этой точки зрения следует признать важным уточнение, внесенное в упомянутые выше «Методические указания о порядке определения напряженности планов». Первая их редакция, одобренная в январе 1980 г., содержала утверждение, что оптимальное значение коэффициента напряженности плана равняется единице [97]. В новой редакции (с дополнениями и уточнениями по состоянию на 1.05.81) термин

«оптимальное» заменен на «максимальное» [98]. Какова же на самом деле оптимальная напряженность планов?

Проблема повышения напряженности планов широко обсуждается на страницах печати, но чаще всего эти обсуждения сосредоточиваются на вопросе о том, как заинтересовать предприятие в напряженных планах. Спору нет — заинтересованность предприятий очень важна. Вспомните в связи с этим формулу академика Трапезникова (см. выше, с. 140). Вопрос заинтересованности входит в нее в качестве условия «хотят». Однако оно не является единственным условием успешного управления. Кроме него, следует уточнить по крайней мере еще три: «знают», «могут» и «успевают». Но, к сожалению, эти остальные аспекты не нашли должного отражения в дискуссии, в том числе недостаточно четко ставился и рассматривался вопрос о том, какая же напряженность плана экономически целесообразна с позиций народнохозяйственных интересов?

В гл. 4 мы условились выбирать оптимальное значение варьируемой переменной, соизмеряя позитивные и негативные последствия ее изменений. Позитивные последствия роста напряженности планов очевидны. Что касается негативных, то, к сожалению, в ходе обсуждений им было уделено меньше внимания. Именно поэтому их следует тщательно рассмотреть с системных позиций.

Ранее мы отмечали, что производство является системой, на функционирование которой влияет множество внешних и внутренних стохастических (случайных) возмущений. Характерными их примерами могут служить нарушения сроков поставки сырья или окончания ремонта, аварийный (внеплановый) вывод оборудования в ремонт, технологические сбои и многие другие нарушения нормального обеспечения производства ресурсами.

Коль скоро многие из этих возмущений — результат безответственности, нарушений трудовой, производственной и технологической дисциплины, может сложиться мнение, что за них следует наказывать, но их неправомерно учитывать при формировании плана. Такая точка зрения справедлива лишь частично. Действительно, необходимо принимать решительные и достаточно строгие меры, чтобы устранять эти возмущения, а точнее, резко сокращать их вероятность. Но пока они не изжиты, их реальную вероятность необходимо учитывать, так как никакое наказание виновных не в состоянии возместить громадный ущерб от недовыполнения плана. Особенно это важно учитывать в химической промышленности, для которой характерно наличие сложных цепей промежуточных продуктов. Нередко недовыполнение плана по какому-нибудь полупродукту на 10—15 тыс. рублей может обусловить дезорганизацию работы целой группы производств на последующих стадиях переработки и нанести ущерб народному хозяйству в несколько сот тысяч, а иногда и миллионов рублей.

В дальнейшем такое явление, характерное для сложного комплекса многих взаимосвязанных производств, будем именовать *эскалацией ущерба.*

Наглядным примером правомерности и необходимости учитывать отклонения от нормального функционирования процесса может служить давно введенный норматив страховых запасов материальных ресурсов. Назначение этих запасов состоит в том, чтобы обеспечить бесперебойную работу предприятия при нарушениях сроков поставки сырья, материалов и топлива. А если сделан вывод о необходимости считаться с определенной вероятностью возмущений, то непосредственным его следствием будет утверждение, что с ростом планового задания возрастает вероятность его недовыполнения и обусловленный этим народнохозяйственный ущерб. В этом и состоят главные негативные последствия повышения напряженности планов.

Наличие этих негативных последствий подтверждает правильность подхода к выбору целесообразной напряженности плана, как к оптимизационной задаче. Если изменения норматива использования производственной мощности $K_н$ приводят как к позитивным, так и к негативным последствиям, то оптимальное значение этого норматива должно соответствовать наивыгоднейшему компромиссу между потерями от сокращения запланированного выпуска продукции и риском недовыполнения плана производства.

В каждом конкретном случае строгое количественное определение оптимальной напряженности плана потребует от нас решения достаточно сложной задачи и значительного объема исходной информации, в первую очередь статистических данных о действовавших возмущениях, оценки экономических последствий недопоставки продукции.

Качественно достоверное представление о постановке этой задачи дает график, изображенный на рис. 24. Для каждой степени напряженности плана существует свое распределение вероятностей выпуска продукции и соответствующее математическое ожидание (средневероятный выпуск продукции $\bar{A}_{вып}$).

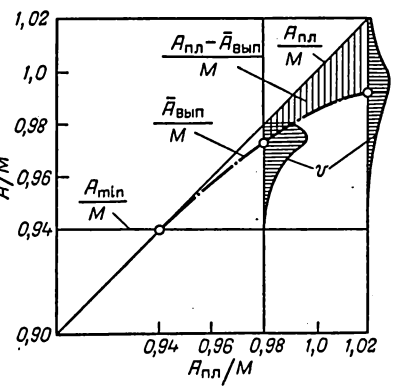


Рис. 24. Вероятность выполнения плана в зависимости от его напряженности: A/M — выпуск продукции в долях производственной мощности; $A_{пл}/M$ — показатель напряженности плана по использованию производственной мощности; v — плотность распределения вероятности выпуска продукции; $\bar{A}_{вып}$ — средневероятный выпуск продукции в зависимости от принятого плана $A_{пл}$; $A_{пл}-\bar{A}_{вып}$ — средневероятное недовыполнение плана выпуска продукции в зависимости от принятого плана $A_{пл}$; A_{min}/M — напряженность плана, при которой вероятность выполнения p — 100 %.

Как видно из графика, с ростом напряженности плана вероятный выпуск продолжает расти, хотя и сравнительно полого. Но одновременно резко возрастает математическое ожидание той доли продукции $A_{пл} - \bar{A}_{вып}$, которая окажется недопоставленной потребителю вследствие невыполнения плана.

Пример 5.1. Чтобы более четко представить себе экономические последствия чрезмерной напряженности плана, рассмотрим два конкретных варианта выбора и выполнения плана производства.

Вариант 1. При плане производства продукта 5000 т предприятие фактически выпустило 4700 т.

Вариант 2. План составлял лишь 4600 т и был полностью выполнен.

Какой из этих вариантов более соответствует народнохозяйственным интересам, какую из альтернатив следует предпочесть? Попытайтесь ответить на этот вопрос самостоятельно; затем мы рассмотрим его совместно.

* *
*

Выбор любого из вариантов, если он сделан безоговорочно, можно считать ошибочным. Уместно напомнить, что при ознакомлении с приемами выбора альтернатив мы условились рассматривать плюсы и минусы каждой с учетом конкретной ситуации. Воспользуемся этой рекомендацией и сейчас.

Первый вариант фактически дал народному хозяйству на 100 т больше продукта. Это существенный аргумент в его пользу. В то же время ему свойственны и существенные недостатки, выявить которые поможет анализ внешних связей предприятия.

Во-первых, на «входе» предприятие получило ресурсы под план 5000 т, а фактически использовало (точнее, должно было использовать) лишь 94 % выделенных фондов. Если ресурсы дефицитны, то их недоиспользование не только привело к ухудшению оборачиваемости оборотных средств на данном предприятии, но и нанесло ущерб за счет того, что какому-то «замыкающему» потребителю были недоданы эти фонды, оставшиеся неиспользованными.

Во-вторых, на «выходе» предприятие недодало 300 т продукции, которая по плану была распределена между потребителями. Ее недопоставка может сорвать план производства этих потребителей, обусловит «замораживание» части другого сырья, выделенного им и используемого при переработке, а главное, может привести к той «эскалации ущерба», о которой говорилось выше.

Нельзя забывать и об интересах коллектива предприятия. При невыполнении плана он будет материально и морально наказан, хотя нередко вину за невыполнение следует делить со многими другими предприятиями и организациями более высокого уровня управления.

Второй вариант также имеет свои плюсы и минусы. На входе здесь все обстоит благополучно: предприятие полностью использовало все выделенные ему фонды. В то же время по выходным связям потребители получат на 100 т продукта меньше. Следует ли считать, что в таком случае ущерб будет еще большим? Это не всегда так. Не следует забывать, что уменьшение поставки было учтено в ходе балансовой увязки плана. Соответствующие фонды урезаны у «замыкающего» потребителя, что обусловило минимальные потери по сравнению с возможными потерями у всех остальных потребителей. Но самое главное преимущество второго варианта состоит в том, что он не приведет к дезорганизации производства, так как снижение объема выпуска было учтено в плане.

В то же время можно привести примеры, когда с точки зрения народнохозяйственных интересов первый вариант окажется явно более предпочтительным. Таким примером может служить, в частности, производство азотных удобрений. В самом деле, сырьем для его производства является природный газ, поступающий по трубопроводу. Недоиспользование газа на данном предприятии не ведет к образованию излишков на складе сырья и не лишает руководство отрасли возможности оперативно перераспределять фонды на газ. Таким образом, потери на входе практически отпадают.

На выходе производство удобрений имеет очень емкого потребителя, спрос которого удовлетворяется еще не полностью. Недопоставка нескольких сот тонн удобрений не приведет к дезорганизации производства и «эскалации ущерба», характерным для комплекса взаимосвязанных производства со сложными цепями полупродуктового обеспечения. В то же время по первому варианту сельское хозяйство получит на 100 т удобрений больше. В данном случае это решающий аргумент в его пользу.

Какие же выводы о выборе целесообразной с народнохозяйственных позиций напряженности планов производства могут быть сделаны на основании рассмотренного примера. Выводы эти неоднозначны и зависят от особенностей производства, условий сбыта, дефицитности продукции и материальных ресурсов.

Для определенной категории производств предпочтение следует отдать высокой напряженности планов, несмотря на значительный риск их недовыполнения. К этой категории относятся производства, потребляющие сырье сравнительно недефицитное или легко позволяющее осуществить оперативное перераспределение фондов. Продукция этих производств должна иметь емкого потребителя, для которого ущерб от недопоставки будет мало превышать ущерб от сокращения степени удовлетворения потребности, предусмотренной планом.

Естественно, что отдавая предпочтение высоконапряженному плану, необходимо решить и вопрос о заинтересованности предприятия, который мы отмечали выше как важный, но не единственный. По-видимому, речь идет о такой системе стимулирования, при которой экономически оправданный объективный риск невыполнения плана не обернется для предприятия таким же высоким риском потери премии.

Другую категорию представляют собой производства промежуточных и конечных продуктов, недопоставка которых может вызвать значительную «эскалацию ущерба». Для них экономически оправдано принятие менее напряженного плана, при высокой надежности (вероятности) его выполнения.

Таким образом, выбор норматива использования производственной мощности требует индивидуального подхода к каждой технологической установке, не только учета состояния оборудования, квалификации кадров, жесткости требований к качеству сырья и других факторов, влияющих на надежность функционирования производства, но и тщательного анализа продуктовых связей предприятия, экономических последствий недопоставки продукции.

В методических материалах Госплана СССР «Система норм и нормативов», упомянутых выше, для нормативов использования производственных мощностей предусмотрен пятилетний срок действия. Это положение, по нашему мнению, спорно. Здесь также нужен индивидуальный подход: если некоторые факторы, снижающие надежность выполнения напряженного плана, могут быть устранены или ослаблены за счет проведения соответствующих мероприятий, то несколько сниженный норматив

использования производственных мощностей может быть утвержден как временный, действующий в период реализации мероприятий.

Необходимость индивидуального подхода к выбору и обоснованию норматива использования производственных мощностей подтверждается еще и тем, что повышение надежности выполнения плана обусловлено не только снижением его напряженности, но и возможностью длительно или кратковременно форсировать режим выше номинальной мощности. К сожалению, действующие методики недостаточно однозначно определяют понятие номинальной мощности производства и методы ее выбора. На основании соображений, рассмотренных в гл. 2 и 4, правомерно считать, что *номинальная мощность установки* — это ее производительность при оптимальном режиме, выбранном исходя из условий максимальной народнохозяйственной эффективности.

Вместе с тем некоторые производства допускают возможность кратковременной, а иногда и длительной работы при режимах более производительных, чем оптимальные, хотя и менее экономичных. Это создает возможности для маневра при тех или иных нарушениях нормальных условий функционирования производства, а следовательно, повышает надежность выполнения плана даже при сравнительно высоком использовании номинальной производственной мощности.

Норматив резерва мощности при перспективном планировании должен быть предназначен для обоснованного выбора производственной мощности проектируемой установки. Уяснить сущность этого норматива поможет конкретный пример.

Пример 5.2. Допустим, что для удовлетворения потребности в некотором продукте основными направлениями развития отрасли в 12-й пятилетке предусмотрен ввод и освоение в 1988 г. нового цеха завода. Оценка потребности в продукте по годам пятилетки показывает, что в 1989 г. новый цех должен будет поставить народному хозяйству 10 тыс. т продукта. Возникает вопрос, какую производственную мощность цеха следует предусмотреть при разработке проекта.

Если принять для цеха норматив использования производственной мощности $\psi_м = 97\,\%$, то для удовлетворения потребности в продукте на 1989 г. достаточно предусмотреть мощность цеха, равную 10,3 тыс. т в год. Правильным ли будет такое решение? Если потребность народного хозяйства растет, то уже в следующем году возникнет дефицит и встанет вопрос о расширении цеха или вводе новых мощностей. Кроме того, для некоторых продуктов (особенно для тех, которые являются товарами народного потребления или используются в их производстве) характерны значительные колебания спроса. Поэтому в тот или иной год фактическая потребность в продукте может отличаться от ожидаемой (усредненной), которая учитывалась при разработке основных направлений развития отрасли. Это также может обусловить дефицит уже в первый год после ввода нового цеха в эксплуатацию.

С другой стороны, если запроектировать цех не на 10,3, а на 15 тыс. т, это обусловит сравнительно низкий показатель фактического использования мощности на протяжении нескольких лет.

Из приведенного примера можно заключить, что выбор норматива резерва производственной мощности при проектиро-

вании также представляет собой оптимизационную задачу. Постановка этой задачи рассмотрена в работе [102]. Норматив резерва будет тем больше, чем выше темпы роста потребности в продукции и амплитуда колебаний спроса. Кроме того, на величине норматива сказывается разность удельных капитальных вложений при создании цеха и при его развитии.

5.3. ПЕРСПЕКТИВЫ ВЗАИМОСВЯЗИ ПЛАНИРОВАНИЯ И НОРМИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АСУ

Рассматривая состав внешних выходных связей системы технико-экономических норм и нормативов, мы подчеркивали, что одно из основных назначений этой системы состоит в обеспечении функции планирования необходимой нормативной информацией. Казалось бы, что из этого вытекает определенная последовательность процедур: в первую очередь определяют (планируют) нормы и нормативы, а затем их используют при формировании всех остальных разделов плана.

Действительно, такая последовательность складывалась при традиционных методах нормирования и планирования, когда основным видом норм и нормативов были опытно-статистические показатели, а в планировании был распространен подход к установлению плановых заданий «от достигнутого», т. е. на основе сложившейся динамики соответствующих показателей.

Иные требования предъявляются к планированию и нормированию в настоящее время. Разработка пятилетних и годовых планов должна основываться на экономических и инженерных расчетах с использованием научно обоснованных норм и нормативов. Дальнейшее совершенствование планирования предусматривает проработку нескольких вариантов плана и оптимизацию плановых решений в условиях взаимодействия АСУ разных уровней и работы ЭВМ на каждом уровне в режиме диалога с работниками аппарата.

С учетом этих требований строгую последовательность процедур нормирования и планирования уже нельзя считать единственно правильной. Правомерно ставить вопрос о диалектической взаимосвязи этих процедур, т. е. об обратном влиянии планирования на выбор обоснованных (оптимальных) нормативных показателей.

Такое обратное влияние обусловлено в первую очередь учетом конъюнктурных факторов. В самом деле, назначение текущего планирования состоит в том, чтобы уточнить распределение ресурсов и заданий с учетом изменения условий по сравнению с теми, которые были положены в основу составления плана на соответствующий год в ходе формирования пятилетнего плана. Такими изменениями условий являются уточнение потребности, отклонения сроков ввода и освоения мощностей от предусмотренных пятилетним планом и ряд других факторов.

Все это приводит к тому, что в новых условиях сбалансированный ранее план оказывается не вполне сбалансированным, выявляются его «узкие места», возникает (или изменяется) дефицитность некоторых ресурсов.

Выше мы постарались убедить читателя в актуальности учета дефицитности продукции и ресурсов в составе целевой функции. Кроме того, мы пришли к выводу о том, что наиболее обоснованные и эффективные значения нормативных показателей следует находить в результате решения соответствующей оптимизационной задачи.

Таким образом, обратная связь (обратное влияние) процедуры планирования на процедуру нормирования определяется тем, что в ходе балансовой увязки плана выявляется текущая конъюнктура, которая подлежит учету в целевой функции, используемой при установлении оптимальных значений нормируемых показателей.

Реализовать такое обратное влияние представляется возможным, лишь когда план и нормативы уточняются в ходе итеративного решения на ЭВМ (в диалоговом режиме) единого взаимосвязанного комплекса задач.

Это направление совершенствования планирования уже выходит за рамки локальной подпроблемы совершенствования собственно системы технико-экономических норм и нормативов и может служить самостоятельной иллюстрацией важного положения, которое мы неоднократно подчеркивали на протяжении всех глав этой книги и суть которого состоит в том, что решение сложной проблемы сводится к решению совокупности ее взаимосвязанных подпроблем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы завершили, уважаемый читатель, первое ознакомление с методологией системных исследований. Утверждать, что пройден курс системного анализа,— было бы преувеличением. Правильнее считать, что мы совместно рассмотрели введение в системный анализ.

Если книга убедила Вас в полезности приемов и процедур системной методологии, то автор считает выполненной свою основную задачу. Остается обсудить последнюю группу вопросов: как использовать приобретенные знания на практике, как организовать системный анализ тех конкретных проблем, необходимость продуманного решения которых выдвигает повседневная деятельность.

В первую очередь следует подчеркнуть важность дальнейшего *самообразования* в области методологии системных исследований. Многие важные ее разделы были лишь упомянуты на том основании, что они достаточно полно освещены в литературе. Это относится, в частности, к исследованию операций,

методам прогнозирования, приемам организации экспертиз. Самообразование окажется более продуктивным, если работа с книгами не будет самоцелью, а станет одной из составляющих практической деятельности по конкретным проблемам. На первых этапах самообразования Вы сможете воспользоваться прилагаемым перечнем литературы.

Другой, более сложный вопрос связан с *организацией системного анализа* важнейших проблем как коллективной деятельности группы специалистов. Даже из кратких сведений, представленных в этой книге, читатель усвоил, очевидно, что системный анализ сравнительно крупной проблемы — это достаточно трудоемкая работа. Основная трудность состоит обычно в том, что, с одной стороны, в этой работе должно непосредственно участвовать лицо, принимающее решение (чаще всего это первый руководитель предприятия, организации или достаточно самостоятельного подразделения), а с другой стороны, по характеру деятельности этого руководителя режим его работы весьма напряжен, и участию в системном анализе проблемы он может уделить лишь сравнительно ограниченное время. Возникает необходимость в организации специальной группы специалистов, которой будет поручен основной объем работ по предварительной подготовке решения проблемы при условии ее эффективного взаимодействия с первым руководителем.

В ходе организации такой группы появляется множество вопросов: как подобрать ее, кто может ее возглавить, должна ли она действовать как временная комиссия или как постоянное подразделение?

Попытаемся рассмотреть эти вопросы с системных позиций.

Ставить задачу создания самостоятельного подразделения системного анализа (группы из 3—4 высококвалифицированных специалистов) правомерно лишь тогда, когда использование системной методологии получит в организации определенное признание, будет накоплен необходимый опыт и появится уверенность в том, что группа имеет четкую программу работ, обеспечивающую полную ее загрузку, и в подобранном составе успешно справится с поставленными перед ней задачами.

Вопрос о создании такого подразделения целесообразно решать в общих рамках развития работ по совершенствованию управления на данном предприятии или в данной организации. Не секрет, что в настоящее время, несмотря на общепризнанную важность и эффективность этих работ, их организация и координация страдают многими недостатками. На всех уровнях управления наметилось по крайней мере четыре недостаточно увязанных между собой направления.

Первое направление — это проблемы совершенствования организационных структур, организационное проектирование, унификация документооборота и другие. исследования группы, лаборатории и центры научной организации труда и управления (НОТиУ).

Второе направление — это внедрение организационных стандартов на основе комплекса ГОСТов «Управление производственным объединением и промышленным предприятием» [74]. Как правило, эти работы курируются подразделениями стандартизации.

Третье направление — это совершенствование экономического анализа, нормирования и планирования. Его возглавляют экономические лаборатории, отделы технико-экономических исследований НИИ и общеотраслевые экономические институты.

Наконец, четвертое направление — это работы по автоматизации управления, по созданию, развитию и эксплуатации АСУ на многих предприятиях и на всех более высоких уровнях управления. Если учесть, что автоматизировать существующую систему управления без ее одновременного совершенствования малоэффективно, то подразделения и организации, выполняющие эти работы, также участвуют (или, во всяком случае, должны участвовать) в решении проблем совершенствования действующей системы управления, ее информационного обеспечения, добиваясь изменения характера и содержания работ управленческого персонала.

К сожалению, до настоящего времени все перечисленные направления работ слабо скоординированы, а подразделения (организации), их реализующие, недостаточно четко взаимодействуют на всех уровнях управления. Поэтому если говорить о создании самостоятельного подразделения системного анализа на предприятии или в отраслевом институте, то основной его задачей должна стать координация всего комплекса работ по совершенствованию планирования и управления на основе системного анализа этих проблем с привлечением всех участвующих в этих работах коллективов и при непосредственном контакте с первым руководителем предприятия, с аппаратом управления ВПО и министерства.

Однако, как было отмечено, для создания такого подразделения должны сложиться соответствующие условия, должен быть подобран коллектив, который проявит себя надлежащим образом, завоюет необходимый авторитет. В этом подготовительном периоде правомерна организация системного анализа отдельных важнейших проблем силами временно создаваемых комиссий (бригад).

Подбор руководителя такой бригады — непростая и ответственная задача. По личным качествам он должен иметь: логический склад мышления, способности к анализу, высокую коммуникабельность, достаточно высокий авторитет у членов комиссии и ведущих специалистов предприятия (организации), так как в ходе работы бригада должна привлекать для экспертизы сравнительно широкий круг специалистов. Важно, чтобы руководитель бригады имел значительный жизненный и производственный опыт, сочетающийся с широким кругозором. Вспомните, читатель, термин «дженералист», который был упо-

мянут нами в самом начале. Наконец, важное требование к руководителю бригады системного анализа состоит в том, чтобы он, с одной стороны, не подавлял инициативу членов бригады, а с другой — умел тактично направить ее в нужное русло, обеспечить системный подход к рассмотрению проблемы.

Несколько слов о составе бригады и характере ее работы. Опыт показывает, что ее численность должна составлять не более 6—10 человек. Лучше предоставить ей право привлекать других специалистов в качестве экспертов по отдельным вопросам, но ограничить число непосредственных участников дискуссий.

Этот узкий состав должен быть если не полностью освобожден на период работы бригады от непосредственных производственных обязанностей, то, во всяком случае, отдавать работе в бригаде около половины рабочего времени (2—3 дня в неделю или по полдня ежедневно).

Важно, чтобы в составе бригады были представлены квалифицированные технологи, экономисты, организаторы производства (или организаторы НИР и ОКР), специалисты по применению математических методов и средств вычислительной техники. Желательно также участие социолога (или психолога). Следует учесть и личные качества, особенности характера членов бригады. Хороших результатов удается достигнуть, если в составе бригады взаимодействуют люди с разными характерами, но уважающие друг друга. Желательно, чтобы были представлены молодые, увлекающиеся специалисты, с «раскованной» фантазией, генерирующие смелые, хотя и не всегда продуманные идеи. В противовес им в дискуссии должны участвовать также умудренные жизнью и более осторожные работники, которые быстрее остальных обнаружат слабые места слишком «смелых» идей.

Само собой разумеется, что члены бригады, а тем более ее руководитель, должны быть квалифицированными в вопросах методологии системных исследований. Хотелось бы подчеркнуть, что для приобретения квалификации здесь важно не только изучить необходимую литературу и пройти подготовку на соответствующих курсах, но и обязательно сочетать такое обучение с *практикой анализа* реальных, конкретных проблем. При освоении методологии системных исследований нельзя забывать меткое замечание В. И. Ленина: «Чтобы понять, нужно эмпирически начать понимание, изучение, от эмпирии подниматься к общему. Чтобы научиться плавать, надо лезть в воду» [7, с. 187].

На этом основании, уважаемый читатель, позвольте дать Вам последнюю в этой книге рекомендацию.

Не откладывайте пробу своих сил в системном анализе! Пока еще свежи в памяти наши совместные обсуждения методов, процедур и приемов подготовки и выбора решений, выбирайте реальную проблему, близкую Вам, и принимайтесь за нее. Выполняйте совет Владимира Ильича.

Успеха Вам в освоении методов системного анализа!

ЛИТЕРАТУРА

1. Системный анализ и структура управления/Под ред. В. Г. Шорина. М., Знание, 1975, 303 с.
2. *Оптнер С. Л.* Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. Пер. с англ. М., Советское радио, 1969. 216 с.
3. Исследования по общей теории систем. Сб. переводов. М., Прогресс, 1969. 520 с.
4. *Джонсон Р., Каст Ф., Розенцвейг Д.* Системы и руководство. Пер. с англ. Советское радио, 1971. 647 с.
5. Математика и кибернетика в экономике. Словарь-справочник. 2-е изд. М., Экономика, 1975. 700 с.
6. *Маркс К.* Капитал, т. 1, К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 23. 907 с.
7. *Ленин В. И.* Философские тетради.— Полн. собр. соч., т. 29. 644 с.
8. *Блауберг И. Б., Юдин Э. Г.* Становление и сущность системного подхода. М., Наука, 1973. 270 с.
9. *Афанасьев В. Г.* Общество: системность, познание и управление. М., Политиздат, 1981. 432 с.
10. *Гвишиани Д. М.*— Материалистическая диалектика — философские основы системных исследований.— В кн.: Системные исследования. Методические проблемы. М., Наука, 1980.
11. Проблемы программно-целевого планирования и управления/Под ред. Г. С. Поспелова. М., Наука, 1981. 460 с.
12. Экономическая энциклопедия. Политическая экономия. Т. 1, 559 с. М., Советская энциклопедия, 1972.
13. То же, т. 2, 1975. 560 с.
14. То же, т. 3, 1979. 623 с.
15. То же, т. 4, 1980. 672 с.
16. *Кунц Г., О'Доннел С.* Управление: системный и ситуационный анализ управленческих функций. Пер. с англ. Т. 1, 495 с.; т. 2. 512 с. М., Прогресс, 1981.
17. Теория управления социалистическим производством/Под ред. О. В. Козловой, М., Экономика, 1979. 368 с.
18. *Канторович Л. В.* Математические методы организации и планирования производства. Л., ОНТИ, 1939.
19. *Моисеев Н. Н.* Математик задает вопросы. М., Знание, 1974. 191 с.
20. *Садовский В. Н.* Основания общей теории систем. М. Наука, 1974. 279 с.
21. *Винер Н.* Кибернетика или управление и связь в животном и машине. Пер. с англ. 2-е изд. М., Наука, 1983. 340 с.
22. *Винер Н.* Кибернетика и общество. Пер. с англ. М., Иностранная лит., 1958. 200 с.
23. *Яглом А. М.; Яглом И. М.* Вероятность и информация. М., Советское радио, 1976.
24. *Акоф Р., Сасиени М.* Основы исследования операций, М., Мир, 1971. 354 с.
25. *Вентцель Е. С.* Исследование операций. М., Советское радио, 1972. 551 с.
26. *Гермейер Ю. Б.* Введение в теорию исследования операций. М., Наука, 1971. 383 с.
27 *Алдохин И. П.* Теория массового обслуживания в промышленности. М., Экономика, 1970.
28. *Лагуткин В. М., Соколов Р. Г.* Оптимизация запасов средств производства. М., Мысль, 1977. 245 с.
29. *Немчинов В. С.* Экономико-математические методы и модели. М., Изд. соц.-эконом. лит., 1962. 410 с.
30. *Канторович Л. В.* Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. М., Изд. АН СССР, 1960. 348 с.

31. *Новожилов В. В.* Измерение затрат и их результатов в социалистическом хозяйстве.— В кн.: Применение математики в экономических исследованиях. Т. 1. М., Изд. АН СССР, 1959.
32. Экономисты и математики за круглым столом. М., Экономика, 1965. 207 с.
33. *Флейшман Б. С.* Основы системологии. М. Радио и связь, 1982. 368 с.
34. *Гуд Г. Х. и Макол Р. Э.* Системотехника. М., Советское радио. 1962. 383 с.
35. *Горохов В. Г.* Методический анализ системотехники. М., Радио и связь, 1982. 286 с.
36. США: современные методы управления. М., Наука, 1971. 334 с.
37. *Гвишиани Д. М.* Организация и управление. М., Наука, 1972. 536 с.
38. *Шейдина И. Л.* США: «Фабрики мысли» на службе стратегии. М., Наука, 1973. 191 с.
39. *Лузин А. Е., Озира В. Ю.* Консультационные фирмы капиталистических стран по управлению. М., Экономика, 1975. 127 с.
40. *Моисеев Н. Н.* Математические задачи системного анализа. М., Наука, 1981. 487 с.

41. *Моисеев Н. Н.* Будущее планеты и системный анализ.— Наука и жизнь, 1974, № 4, с. 39.
42. *Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г.* Экспертные оценки в принятии плановых решений. М., Экономика, 1976. 79 с.
43. *Евланов Л. Г., Кутузов В. А.* Экспертные оценки в управлении. М., Экономика, 1978. 133 с.
44. Методика применения экспертных методов для оценки качества продукции. Госстандарт, М., Изд-во стандартов, 1977. 55 с.
45. *Венделин А. Г.* Процесс принятия решения. Таллин, Валгус, 1973. 216 с.
46. Программно-целевое управление социалистическим производством. Вопросы теории и практики. М., Экономика, 1980. 208 с.
47. *Квейд Э.* Методы системного анализа.— В кн.: Новое в теории и практике управления производством в США. Пер. с англ./Под ред. Б. З. Мильнера. М., Прогресс, 1971, с. 78—98.
48. *Янг С.* Системное управление организацией. М., Советское радио, 1982. 455 с.
49. *Акофф Р. Л.* Планирование в больших экономических системах. Пер. с англ., М., Советское радио, 1972. 223 с.
50. Материалы XXVI съезда КПСС. М., Политиздат, 1981, с. 176.

51. Проблемы народнохозяйственного критерия оптимальности. Материалы дискуссии. М., Наука, 1982. 166 с.
52. Системный анализ социально-экономической эффективности хозяйственных мероприятий. Доклады и тезисы сообщений школы-семинара ВНИИСИ АН СССР и Госплана Латв. СССР, Рига, 1981. т. 1, 100 с.; т. 2, 169 с.
53. Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. Экономич. газета, 1977, № 10.
54. Временная методика определения эффективности затрат в непроизводственную сферу. Экономич. газета, 1981, № 27.
55. Методические указания по разработке, согласованию и утверждению программ комплексной стандартизации продукции. Основные положения. РД-50-158—79. М., Изд-во стандартов, 1979. 24 с.
56. Справочник экономиста промышленного предприятия/Под ред. С. В. Каменицера. М., Экономика, 1974. с. 507—508.
57. Методические указания к разработке государственных планов экономического и социального развития СССР. М., Экономика, 1980. 776 с.
58. *Максименко В. И., Эртель Д.* Прогнозирование в науке и технике. М., Финансы и статистика, 1982. 238 с.
59. II Международный симпозиум стран — членов СЭВ по проблемам научно-технического прогнозирования. Сб. докладов. НРБ. София, ГКНТП, 1980.
60. *Добров Г. М.* Прогнозирование науки и техники. М., Наука, 1977.
61. *Абрамов И. Н.* Прогноз на предприятии. М., Знание, 1976.

62. Методические указания по расчету производственных мощностей предприятий химической промышленности. М., Минхимпром, 1976. 75 с.
63. *Загоруйко М. К.* Какими решающими функциями пользуется человек?— В кн.: Вычислительные системы. Труды Ин-та математики СО АН СССР, Новосибирск, Наука, вып. 28.
64. *Рубекин Н. В.*— Химия и технол. топлив и масел, 1966, № 5, с. 40.
65. *Островский Г. М., Волин Ю. М.* Методы оптимизации сложных химико-технологических схем. М., Химия, 1970. 328 с.
66. *Добкин В. М.*— Выбор экономических критериев оптимизации режимных и конструктивных параметров реакторов.— Хим. пром., 1968. № 3, с. 168.
67. *Добкин В. М.* Автоматический выбор и поддержание наивыгоднейших режимов химических производств. Автоматизация химических производств. М., ОКБА, вып. 3, 1959, с. 31—37.
68. Временная методика определения экономического эффекта от повышения качества химической продукции. Черкассы, НИИТЭХИМ, 1979.
69. Эффективность химизации народного хозяйства/Под ред. Э. С. Савинского. М., Химия, 1977. 220 с.
70. *Чередниченко К. К.* Совершенствование организации труда и управления в химической промышленности. М., Химия, 1982. 208 с.

71. *Добкин В. М., Гейман В. Н.* Оптимизация процессов окисления некоторых органических соединений. Труды II совещания стран — членов СЭВ по автоматизации химических производств. Прага, 1964.
72. Комплексная система управления качеством продукции. Сб. нормативно-методических материалов. Госстандарт. Изд. 3-е, М., Изд-во стандартов, 1979. 119 с.
73. Отраслевая система управления качеством продукции. Рекомендации по разработке и внедрению. Госстандарт. Изд. 2-е, М., Изд-во стандартов, 1981. 100 с.
74. ГОСТ 24525. 0—80. Управление производственным объединением и промышленным предприятием. Основные положения.
75. ГОСТ 24525. 2—80. Управление качеством продукции. Основные положения.
76. Организация, планирование и управление промышленным предприятием/Под ред. Д. М. Крука. М., Экономика, 1982. 376 с.
76а. Организация управления промышленным производством/Под ред. О. В. Козловой и С. Е. Каменицера. М., Высшая школа, 1980. 339 с.
77. *Байер Х., Вальтер Э.* Экономический анализ на социалистическом предприятии (с применением математико-статистических методов)/Пер. с нем., М., Экономика, 1979.
78. Экономико-математические методы в анализе хозяйственной деятельности предприятий и объединений. М., Финансы и статистика, 1982. 200 с.
79. Математико-статистические методы исследования взаимосвязей в экономике. М., Статистика, 1977.
80. Математика в социологии. Моделирование и обработка информации. М., Мир, 1977. 551 с.

81. *Трапезников В. А.* Вопросы управления экономическими системами.— Наука и жизнь, 1969, № 1, с. 10—19.
82. *Глушков В. М., Добров Г. М., Терещенко В. И.* Беседы об управлении. М., Наука, 1974, с. 162—171.
83. *Хейс Д.* Причинный анализ в статистических исследованиях. Пер. с англ. М., Финансы и статистика, 1981.
84. *Длин А. М.* Факторный анализ в производстве. М., Статистика, 1975.
85. Статистические методы анализа экспертных данных. М., Наука, 1977.
86. *Райзберг Б. А. и др.* Системный подход в перспективном планировании. М., Экономика, 1975. 271 с.
87. Экономико-математические методы и модели в перспективном отраслевом планировании (вопросы методологии и методики), Новосибирск, Наука, 1982, 430 с.
88. Управление химической промышленностью. Совместное издание СССР и ГДР. Л., Химия, 1983. 248 с.

89. *Васильев М. Г.* Технико-экономический уровень и эффективность производства в химической промышленности. М., Химия, 1981.
90. Повышение эффективности производства в химической промышленности. М., Химия, 1980. 96 с.
91. *Волгин Б. Н.* Деловые совещания. М., Московский рабочий, 1981.
92. *Дюбин Г. Н., Суздаль В. Г.* Введение в прикладную теорию игр. М., Наука, 1981. 336 с.
93. *Юдин Д. Б.* Математические методы управления в условиях неполной информации. М., Советское радио, 1974.
94. *Добкин В. М.* Некоторые вопросы оптимального управления сложными производственными комплексами химической промышленности. Доклады 2-го Международного конгресса по химической инженерной технике, химическому оборудованию и автоматизации (ХИСА). ЧССР, Мариенбад, 1965.
95. *Канторович Л. В., Горстко А. Б.* Оптимальные решения в экономике. М., Наука, 1972.
96. *Гехман А. Ш.*— Формирование оптимального плана производства продукции высшей категории качества на перспективу в условиях функционирования АСУ. Тезисы докладов Всесоюзной конференции «Экономические проблемы перспективного развития химической и микробиологической промышленности», М., НИИТЭХИМ, 1980.
97. Совершенствование хозяйственного механизма. Сб. документов. М., Изд-во «Правда», 1980.
98. Совершенствование хозяйственного механизма. Сб. документов. 2-е изд. М., Изд-во «Правда», 1982. 351 с.
99. Дискуссия об оптимальном планировании. М., Экономика, 1968. 192 с.
100. Потребительная стоимость продукта труда при социализме. Материалы научной сессии. М., Экономика, 1970. 248 с.
101. *Энгельс Ф.* Анти-Дюринг, Маркс К. и Энгельс Ф., Полн. собр. Соч., т. 20, с. 321.
102. *Богомолов В. П., Добкин В. М.* Учет фактора колебания спроса в технико-экономическом обосновании норматива резерва производственной мощности.— В кн.: Экономика и научная организация труда в химической промышленности. Вып. 3. М., НИИТЭХИМ, 1981, с. 21—27.
103. *Дрекслер Л.* Измерение и планирование эффективности общественного производства/Сокр. пер. с венг. М.: Экономика, 1984. 176 с.
104. *Моисеев Н.* Люди и кибернетика. М., Молодая гвардия, 1984. 224 с.
105. *Пригожин А. И.* Организации: системы и люди. Эффективность трудовых организаций в социалистическом обществе. М.: Политиздат, 1983. 176 с.
106. *Украинский Д. В., Киперман Г. Я.* Планирование и оценка работы промышленного предприятия. Показатели и эффективность. М.: Экономика, 1984. 177 с.
107. Психологические аспекты управления/Под ред. Ф. М. Русинова, В. И. Антонюка.— М.: Экономика, 1984. 160 с.
108. *Брянский Г. А., Разу М. Л., Овсянников О. А.* Хозяйственные ситуации: практ. пособие/Под ред. О. В. Козловой. 2-е изд., доп. и перераб. М., Экономика, 1983. 128 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Автоматизированные системы управления /АСУ/ 7, 45, 162 сл., 211
Адаптация 16
Аддитивность 25
Альтернативы 51, 154 сл.
  выбор 162 сл.
  выявление 161 сл.
Анализ 17, 130, 139 сл.
  по «дереву целей» 139 сл.
  деятельности предприятия 139
  последствий отдаленных 85 сл.
  результатов решения 54, 173 сл.
  связей системы внешних 81 сл.
  системный 9 сл., 191 сл., 214
  системы управления 140 сл.
  функционирования системы 139 сл.
Аппроксимация 173
Ассортимент продукции 78, 99

Бригада системного анализа 214

Вальда критерий 168
Вариант/ы/ решения
  альтернативные 154 сл., 161 сл.
  выбор 54, 153 сл.
  выявление 117, 150, 153 сл.
  замыкающий 104 сл.
  квазиальтернативные 162
Варьируемые переменные 171 сл.
Вероятностные решения 97, 167, 207
Ветвления метод 71, 149
Взаимодействие подсистем 11, 176
Возмущающие воздействия 13 сл., 27
Входы и выходы системы 13 сл., 19 сл., 29
Вычислительная техника 7, 41 сл.

Границы
  проблемы /задачи/ 51, 152, 171
  системы 119
Гурвица критерий 168

Двойственные оценки 187
Дедуктивный метод 26, 32, 123
Декомпозиция
  проблем 29, 116 сл., 149 сл.
  систем 24, 31, 121 сл.
  функций управления 129 сл.
  целей 71 сл., 86
Дерево путей достижения целей 73, 149 сл.
Дерево целей 71 сл.
  и анализ функционирования системы 139 сл.
  методика построения 72 сл.
  промышленного предприятия 77 сл.
Дефицитность продукции и ресурсов 69, 82, 104 сл., 203
  виды 203
Дефицитность продукции и ресурсов
  индекс 107 сл., 175, 180, 183
  степень 107
  экономические последствия 82 сл. 104 сл., 175
Дженералисты 46, 214
Дизъюнкция 154 сл.
Дискретные решения 96, 189
Дифференциальная себестоимость единицы продукции 179 сл.
Дифференциальная эффективность использования ресурса 181 сл.
Доход
  народохозяйственный 112 сл., 175, 186
  приведенный 99 сл.
  чистый 102

Единовременные затраты см. Капитальные вложения

Жесткость ограничений 88

Задания 58
Задачи
  состязательные 43, 165
  транспортные 188
Замыкающие мероприятия 110 сл.
Замыкающий вариант 104 сл.
Запасы 42, 97, 198
Затраты
  приведенные 65, 101 сл.
  текущие 71, 79, 83, 99

Иерархичность
  проблем 29, 116 сл., 149 сл.
  систем 11, 24, 31, 121 сл., 192
  — управления 19, 126 сл.
  целей 58, 71 сл., 86
Изоморфизм 26, 32, 118
Имитационное моделирование 47, 159
Индексы
  дефицитности 107 сл., 175, 180, 183
  качества 103 сл.
  ограниченности трудовых ресурсов 109 сл.
Индуктивный метод 26, 32, 65, 98
Информационные связи 12, 18 сл., 83, 135 сл., 140 сл.
Информация
  достаточность 143, 158
  необходимость 143
  определенность 158 сл.
  полнота 158
Исследование
  операций 9, 37 сл., 42 сл., 153, 185 сл.
  социологическое 139

Капитальные вложения 66, 79 сл., 99
дисконтирование 80
сопряжение 83
структура 80
экономия 79 сл.
эффективность нормативная 66
Качество
продукции 78, 103 сл., 135 сл.
ресурсов материальных 103 сл.
Квазиальтернативы 162
Кибернетика 18, 40 сл.
Комплексный подход к решению 9, 30
Комплексы оптимальные 156, 189
Конечные результаты 59 сл., 13, 61, 129 сл.
Консультативные фирмы 45 сл.
Контроль 18, 130, 144 сл.
Контур управления 18, 23
Критерии
Вальда (максиминный) 168
Гурвица 168
качества решения 51, 53
оптимальности 61 сл., 67, 92 сл.
Сэвиджа (минимаксного риска) 168

Линейное программирование 43, 187

Математическая модель
детерминированная 15
динамическая 14
объекта оптимизации 172 сл.
статистическая 15
статическая 14, 173
Матрица
риска 166
эффекта и ущерба 166
«Менаджеризм научный» 33 сл.
Метод/ы/
аналогий 26, 36, 118, 194
ветвления 71, 128, 149
дедуктивный 26, 32, 123
декомпозиции 71, 128 сл., 149
диалектический 23 сл., 146, 162
индуктивный 26, 32, 65, 98
комбинированные 47, 113 сл.
программно-целевые 48 сл.
статистические 139
Щекинский 111
эвристические 47 сл., 113 сл.
Методическое обеспечение 127, 142
Методология системных исследований 6, 32 сл.
Модели
математические см. Математические модели
экономико-математические 173, 190, 195, 197
Моделирование имитационное 159
Мощности производственные см. Производственные мощности

Неопределенность 158, 164 сл.
условий и последствий 165
целей 164
Нормативы 186, 195, 205 сл.
Нормы 195

Обеспечение
методическое 127, 142
организационное 127, 142 сл.
Обратная связь 18, 54, 147, 212
Объект управления 17, 19, 119 сл.
Ограничения 53, 56, 61 сл., 87 сл.
жесткие 88
проверка непротиворечивости 90 сл.
уточняемые 88 сл.
целевые 89, 91, 104, 187
Операция 31
Оптимальные решения 28, 155, 169 сл.
анализ результатов 173 сл.
выбор 169 сл.
при планировании 157, 176 сл., 185 сл.
— проектировании 157
— управлении процессами 157
Оптимизация
взаимодействия производств
параллельно-последовательных 185
параллельных 183 сл.
последовательных 176 сл., 181
комплекса мероприятий 156, 189 сл.
параметров варьируемых 155
постановка задачи 176 сл.
режима технологического 65, 170 сл.
Оптимум
народохозяйственный 64
чувствительность 174
Орган управления 18 сл.
Организационное обеспечение 127, 142 сл.
Организационно-технические мероприятия /ОТМ/ 16, 109, 143 сл., 189
обеспечение ресурсами 143 сл., 199
планирование 156, 189 сл.
Организация 130
работ 130
системного анализа проблемы 213 сл.
труда 130, 111
Отдаленные последствия решения 85 сл.
Отрасль чистая 122
Оценки
двойственные 187
объективно обусловленные /0.0.0./ 188
тройственные 167
экспертные 7, 47, 113, 151 сл., 167 сл.

Переменные варьируемые 171 сл.
Планирование
временные горизонты 27, 30, 129 сл.
мероприятий 156, 189 сл.
оптимальное 157, 176 сл.
повышения качества 135 сл.

Планирование
программно-целевое 49
сетевое 43, 156
Плановые задания
выбор 65 сл., 90, 170 сл.
напряженность 205 сл.
Подотрасль 122
Подпроблемы 28 сл., 116 сл.
выявление 54, 118 сл.
оценка значимости 151 сл.
связи 152, 159 сл.
систематизация 54, 149 сл.
Подсистемы 10 сл., 121 сл., 176, 192 сл.
Подцели 58
выявление 58, 71 сл.
соизмерение 64 сл., 99 сл., 113 сл.
Прибыль 66 сл., 102, 172, 178, 183
Принцип единства целей 17, 25, 64
Проблемы 6, 26 сл., 49, 51
декомпозиция 29, 116 сл., 149 сл.
иерархические 6, 29, 116 сл., 149 сл.
неструктуризованные 117
постановка исходная 53
развития и совершенствования 27
решение см. Решение проблем
слабоструктуризованные 117
стабилизации 27, 29
структура 116 сл.
Прогнозирование 85
Программирование 43, 187, 190
Программно-целевые методы 48 сл.
Продукция 201
ассортимент 78
дефицитность 69, 82, 104 сл., 203
себестоимость дифференциальная 179 сл.
Проектирование 157
Производственные мощности 65 сл., 91, 170 сл., 186
норматив использования 186, 205 сл.
— резерва 205, 210 сл.
Процедуры 31
Процессы стохастические 15, 97, 167

Режимы технологические см. Технологические режимы
Ресурсы 201
дефицитность 69, 82, 104 сл., 203
материальные 103 сл.
обеспечение 143 сл., 199
трудовые см. Трудовые ресурсы
эффективность использования 181 сл.
Решение/я/ проблем
варианты 54, 150 сл., 117, 163 сл.
вероятностные 97, 167, 207
дискретные 96, 189
классификация 154 сл.
критерии качества 51, 53
методология 6, 26 сл., 48, 50 сл.
многовариантность 7, 26, 51
Решение проблем
оптимальные см. Оптимальные решения
отдаленные последствия 85 сл.
подготовка 6, 29, 213
подход системный и комплексный 9, 23 сл., 30
принятие 9, 17, 17, 29, 48 сл., 54
реализация 17, 31, 54 сл.
средства 28
условия 28
Риск 158, 166 сл.
Ритмичность поставок 78

Связи
внешние 12 сл., 25, 81 сл., 123 сл., 199
внутренние 12 сл., 24, 176 сл., 196 сл.
входные 12 сл., 19, 208
выходные 12 сл., 19, 211
информационные 12, 18 сл., 83, 135 сл., 140 сл.
обратные 18, 54, 147, 212
подпроблем 152, 159 сл.
причинно-следственные 145 сл.
системообразующие 24, 123
существенные 24 сл., 31
Себестоимость единицы продукции 179 сл.
Сетевое планирование 43, 156
Система/ы/ 10
анализ функционирования 139 сл.
биологические 11, 35
входы и выходы 13 сл., 19 сл., 29
границы 119
декомпозиция 24, 31, 121 сл.
динамические 12
иерархичность 11, 24, 31, 121 сл., 192
норм и нормативов 191 сл.
открытые 39
развитие 12, 15 сл., 27
сложные 10 сл., 24 сл.
социально-экономические 11, 17, 32, 57
структура 24, 119 сл., 192
технические 11, 17, 35 сл.
управления 18 сл., 126 сл., 140
автоматизированные 7, 45, 162 сл., 211
анализ 140 сл.
иерархичность 19, 126 сл.
функционирование 12 сл.
человеко-машинные 45, 47, 159
элементы 10, 11, 65, 123
Системный анализ 6, 9, 191 сл.
организация проведения 213 сл.
этапы 50 сл.
Системный подход 9, 23 сл.
Системология 9, 44
Системотехника 9, 45
Случайные воздействия 15, 97, 206

Состязательные задачи 43, 165
Социологические исследования 139
Спрос 78
Стимулирование 66, 68, 141, 175, 204
Стохастические процессы 15, 97, 167
Стратегия в условиях неопределенности 168
Структура
проблемы 116 сл.
системы 24, 119, 121 сл., 192 сл.
Структуризация проблемы 116 сл.
Сэвиджа критерий 168

Тектология 41
Текущие затраты 71, 79, 83, 99
Теория
вероятностей 161
игр 43, 166
исследования операций 42 сл.
массового обслуживания 42
надежности 43
познания 23
принятия решений 9, 48
систем общая 9, 38 сл.
управления запасами 42, 97
Терещенко вопросы 141 сл., 167
Технико-экономические нормы и нормативы 195
взаимосвязи 196 сл.
группы 192
единая система 192
иерархия на уровне предприятия 193 сл.
использования мощностей 186, 192, 204 сл.
научно-обоснованные 195
опытно-статистические 195
плановые 196 сл.
прогрессивные 196
расхода сырья 65 сл., 172 сл., 197
резерва мощностей 205, 210 сл.
эффективности производства 98 сл., 192, 200 сл.
Технологические режимы 85, 124
номинальные 67, 170
оптимальные 65 сл., 170 сл., 186
Транспортные задачи 188
Трапезникова формула 140 сл., 147
Тройственные оценки 167
Трудовые ресурсы
ограниченность 68, 108 сл.
эффективность высвобождения 109

Управление 33 сл., 157
контур 18, 23
запасами 42, 97, 198
объект 17, 19, 119 сл.
оптимальное 21, 97, 157
орган 18 сл.
производством 17
пропорциями производства 202
Управление
системами 17 сл.
системы 18 сл.
функции см. Функции управления
Управляемые системы 17
Управляющие воздействия 18, 28
Управляющий орган 19
Учет 17, 130

Фактор/ы/
времени 14, 25, 78, 80, 84, 113, 144
неуправляемые 157
Фирмы консультативные 45 сл.
Фондоотдача 75, 109
Формула Трапезникова 140 сл., 147
Функция управления
декомпозиция 129 сл.
иерархия 130, 137
распределение 126, 133 сл.
систематизация 129 сл.
унификация состава 127
Функционал 96 сл.
Функционально-информационная структура системы 128, 134, 142
Функционирование систем 12 сл.
конечные результаты 13 сл., 59 сл.
критический анализ 138 сл.
математическое описание 14 сл.
негативные последствия 20
процессы 12 сл.
целенаправленность 11, 14
Функция цели см. Целевая функция

Характеристики
входные и выходные 124 сл.
динамические 14 сл., 78
дифференциальные 126, 179 сл.
режимные 67, 176
статические 14
Хозрасчетный эффект 102

Целевая функция 53, 55, 61 сл.
аргументы 58, 74, 115
линейная и нелинейная 93 сл., 114
решения проблемы 62
системы 61
состав аргументов 58, 89, 98
формирование 92 сл.
Целенаправленность 11, 14, 25
Цели 51, 53, 56 сл., 71 сл., 149 сл., 164
принцип единства 17, 25, 64
социальные 69, 78 сл.
Целостность 24
Целочисленное программирование 43, 190

Чувствительность оптимума 174

Щекинский метод 111

Эвристические методы 47 сл., 113 сл.

Эконометрия 34
Экономико-математические модели /ЭММ/ 173, 190, 195, 197
Экономия
капитальных вложений 79 сл.
ресурсов 57, 61, 63, 72, 79 сл., 82 сл.
Экспертные оценки 7, 47, 113, 151 сл., 167 сл.
Эксплуатационные затраты 71, 79, 83, 99
Элементы системы 10, 11, 65, 123
Эмерджентность 24
Эскалация ущерба 207 сл.
Эффективность
использования
конечных результатов 129
ресурса 181 сл.
народнохозяйственная 64, 102 сл.
нормативная 66
производства 98 сл., 192, 200 сл.
социально-экономическая 69
функционирования система 14
хозрасчетная 66
экономическая 69

Вадим Михайлович Добкин

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В УПРАВЛЕНИИ

Редактор Р. М. Степанова
Художник Л. Г. Бакушева
Художественный редактор Н. М. Биксентеев
Технический редактор С. Ю. Титова
Корректор Т. С. Васина

ИБ № 1205

Сдано на фотонабор 09.04.84. Подп. в печ. 05.09.84. Т. 13 790. Формат бумаги $60\times90^{1}/_{16}$. Бумага тип. № 1. Гарн. «Литературная». Печать высокая. Усл. печ. л. 14,0. Усл.-кр. отт. 14,25. Уч.-изд. л. 16,09. Тираж 2700 экз. Заказ № 132. Цена 90 коп. Изд. № 2199.

Ордена «Знак Почета» издательство «Химия». 107076, Москва, Стромынка, 21, корп. 2.

Ленинградская типография № 2 головное предприятие ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29.

90 коп.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ –

это совокупность методов, процедур, приемов, позволяющих

систематизировать цели и условия решения проблемы, формализовать их в виде целевой функции (критерия оптимальности) и совокупности ограничений;

не упустить важное и отбросить несущественное для решения данной проблемы, выявить и систематизировать пути достижения целей, как совокупность взаимосвязанных подпроблем;

найти варианты решения каждой подпроблемы, осуществить их сравнение и выбор;

сформировать обоснованный проект решения проблемы в целом с использованием решений подпроблем и их взаимосвязей.