

А.И. КРИЧЕВСКИЙ

**Исследование
социально-
экономических и
политических
процессов и систем**

Курс лекций

Новосибирск

2009

**ББК 22.18я73
К82**

Рецензенты:

В.В. Радионов – к.э.н., доцент, заведующий кафедрой управления Новосибирского государственного университета экономики и управления;

С.В. Флах – к.ф.н., доцент кафедры управления СибАГС

Кричевский А.И

Курс лекций представляет собой изложение материала по дисциплине «Исследование социально-экономических и политических процессов». Материал, изложенный в курсе лекций, предназначен для студентов и слушателей факультетов переподготовки и повышения квалификации, а также будет полезен практическим работникам, занимающихся анализом и оценкой эффективности сложных социально-экономических систем, в рамках которых они работают.

© **Новосибирский государственный университет экономики и управления**

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
1 ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ В СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКЕ И УПРАВЛЕНИИ	7
1.1 Предпосылки исследования систем и процессов управления.....	7
1.2 Системный анализ как средство исследования систем.	10
1.3 Становление системности.	12
1.3.1 Общие тенденции.	12
1.3.2 Общая теория систем.....	14
1.3.3 Эволюция представлений об энтропии.....	15
1.3.4 Кибернетика Винера.	16
1.3.5 Синергетика.....	17
1.4 ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ.....	20
1.5 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ:.....	20
2 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	22
2.1 ОБЩИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	22
2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА.	22
2.3 СИСТЕМА И ЕЕ СВОЙСТВА	24
2.4 СИСТЕМЫ И ИХ ВИДЫ	27
2.4.1 Модель состава системы.....	27
2.4.2 Виды и типы систем.....	29
2.5 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ:.....	31
3 СИСТЕМНОСТЬ И УПРАВЛЕНИЕ	32
3.1 ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ.....	32
3.2 МОДЕЛЬ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ.....	38
3.3 СХОДСТВО ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ И ПОЗНАНИЯ	40
3.4 ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ.....	42
3.5 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ:.....	43
4 УПРАВЛЯЕМЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ СВОЙСТВА	44
4.1 УПРАВЛЯЕМЫЕ СИСТЕМЫ.	44
4.2 ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ.....	49
4.3 КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ.	53
4.4 ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ.....	55
4.4.1 Уникальность.....	57
4.4.2 Отсутствие формализуемой цели существования.....	57
4.4.3 Отсутствие оптимальности.	58
4.4.4 Динамичность.....	59
4.4.5 Неполнота описания.....	59
4.4.6 «Активность» системы (наличие свободы воли).....	60
4.5 ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ.....	61
4.6 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ:.....	61
5 ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА.....	62
5.1 ЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА	62
5.2 ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕЛЕЙ.....	63
5.2.1 Анализ проблем.	63
5.2.2 Анализ целей.	64
5.2.3 Вопросы детализации при анализе проблем и формировании целей.....	66
5.2.4 Некоторые проблемы формирования целей.....	67
5.2.5 Критерии при формировании целей.....	69
5.3 ПУТИ ДОСТИЖЕНИЯ ПОСТАВЛЕННЫХ ЦЕЛЕЙ.	71
5.4 ПОТРЕБНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ.....	74
5.5 ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ.....	75
5.6 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ:.....	75

6	СТРУКТУРИЗАЦИЯ В СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ.....	76
6.1	МЕТОДЫ СТРУКТУРИЗАЦИИ	76
6.1.1	<i>Деревья взаимосвязей.....</i>	76
6.1.2	<i>Основные принципы структуризации.....</i>	78
6.2	ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ ЦЕЛЕЙ	82
6.2.1	<i>Общие вопросы построения деревьев.....</i>	82
6.2.2	<i>Дерево целей экономической проблемы</i>	83
6.2.3	<i>Дерево целей социальной проблемы</i>	85
6.3	ПОСТРОЕНИЕ ДЕРЕВА МЕРОПРИЯТИЙ	85
6.4	ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА СТРУКТУРИЗАЦИИ	88
6.5	ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ.....	90
6.6	ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ:.....	90
7	МЕТОДЫ ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ.....	91
7.1	НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК	91
7.2	АНКЕТНЫЕ МЕТОДЫ.....	93
7.3	МЕТОДЫ ГРУППОВОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ.....	98
7.3.1	<i>Метод Дельфы.....</i>	98
7.4	ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ.....	100
7.5	ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ:.....	100
8	КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ДЕРЕВЬЕВ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ.....	101
8.1	ДЕРЕВО ЦЕЛЕЙ	101
8.1.1	<i>Построение дерева целей</i>	101
8.1.2	<i>Расчет коэффициентов относительной важности</i>	102
8.2	ДЕРЕВО МЕРОПРИЯТИЙ	104
8.2.1	<i>Особенности построения дерева мероприятий.....</i>	104
8.2.2	<i>Семейства в дереве мероприятий</i>	106
8.2.3	<i>Численная оценка дерева мероприятий.....</i>	106
8.3	ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ:.....	112
9	МЕТОДЫ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ	113
9.1	ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	113
9.1.1	<i>Возникновение и становление метода.....</i>	113
9.1.2	<i>Основные определения.....</i>	114
9.1.3	<i>Графическое представление расписаний работ</i>	116
9.2	АНАЛИЗ СЕТЕВОГО ГРАФИКА	118
9.2.1	<i>Понятие критического пути</i>	118
9.2.2	<i>Методы определения критического пути</i>	119
9.2.3	<i>Резерв времени работы.....</i>	121
9.2.4	<i>Ранний и поздний сроки выполнения работ.....</i>	123
9.3	ТАБЛИЧНАЯ ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЁТА СЕТЕВОГО ГРАФИКА	124
9.4	ДРУГИЕ ВИДЫ ГРАФИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ РАБОТ	125
9.4.1	<i>Варианты графического представления сетевого графика</i>	125
9.4.2	<i>Диаграмма Ганта.....</i>	126
9.5	АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТЕВОГО ГРАФИКА.....	128
9.6	ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ.....	128
9.7	ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ:.....	129
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....		130
ЛИТЕРАТУРА.....		136

ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс «Исследование социально-экономических и политических процессов и систем» построен на базе курса «Основы системного анализа» поскольку именно аппарат системного анализа является основным при исследовании сложных социально-экономических и политических процессов и систем. Такой аппарат является необходимым для специальностей группы – «Экономика и управление». В рамках этих специальностей осуществляется подготовка (и профессиональная переподготовка) специалистов экономистов и управленцев для различных организаций и органов управления. По существу, по этим специальностям готовятся люди, основное предназначение которых обеспечивать эффективное управление на всех уровнях управления в нашей стране. Таким образом, можно сказать, что они должны уметь оценивать уровень эффективности тех систем управления, в которых они работают. Поэтому умение проводить грамотный анализ систем управления в целях повышения их эффективности - необходимая составная часть тех знаний и умений, которыми они должны обладать. Здесь мы акцентируем внимание на том, что это необходимо не столько для исследовательской деятельности, а в большей степени для конкретной практической работы.

В предлагаемом курсе лекций именно таким образом мы пытались расставить акценты и постараться сделать так, чтобы данный курс лекций мог быть использован не только для приобретения теоретических знаний по вопросам исследования и анализа сложных экономических систем и процессов управления, но и как практическое руководство для анализа конкретных систем (проблем, процессов).

Кроме того, при создании данного учебного пособия была выполнена структуризация материала исходя из основных целей, стоящих перед курсом. Ниже приведена таблица, в которой основная цель курса сформулирована следующим образом “ Дать полное представление о системном анализе и необходимости его использования ”. Далее эта цель разбита на три подцели (2-я графа таблицы), и для этих подцелей прописаны задачи обучения (3-я графа), при решении которых эти подцели достигаются. В последней графе указаны разделы конспекта лекций, в которых изложен учебный материал, обеспечивающий соответствующие задачи. Можно сказать, что этот учебный материал выступает как некоторый ресурс необходимый для реализации соответствующих учебных задач. Следует сказать, что при этой структуризации целей и задач использовалась одна из методик системного анализа, которая будет изложена ниже в тексте.

Еще одной особенностью структурного представления материала в тексте лекций является то, что в начале каждой главы указываются цели данной главы, а в конце главы предлагаются резюмирующее заключение и контрольные вопросы для самопроверки усвоения изложенного материала.

Курс лекций разработан на основе читавшегося курса “Основы системного анализа” (1992-1997гг.), курса “Исследование систем управления”, читавшегося в 1998 – 1999 годах и курса “Системный анализ”, прочитанного в 2001-2008 учебном году.

Ц Е Л Ь	ПОДЦЕЛЬ	ЗАДАЧА	РАЗДЕЛ
Дать полное представление о системном анализе и необходимости его использования	Ознакомить с теоретическими основами исследования сложных систем	Показать необходимость исследования систем управления социально-экономическими объектами	1.1
		Раскрыть особенности социально-экономических систем и принципиальную ограниченность их формального описания	1.1, 4.4
		Дать представление о системном анализе как основном средстве исследования и анализа сложных систем	1.2, 1.3, 2.2
		Показать место системного анализа среди других дисциплин	1.3
		Рассмотреть этапы развития структур и механизмов управления	3
		Ознакомить с основными понятиями, характеризующими строение и функционирование систем	2, 3, 4
		Дать представление о проблемах целеполагания в разных системах	5.2
		Показать роль системного анализа в решении задач управления и проектировании систем управления	4, 5, 6
		Дать представление об основных компонентах системного анализа	5, 6
	Дать представление о методах и приемах их практического применения	Показать особенности применения отдельных компонент системного анализа	5, 6, 7, 8
		Рассмотреть основные принципы структурирования систем и вопросы построения и применения деревьев взаимосвязей	6.1
		Ознакомить с методами количественной оценки элементов деревьев взаимосвязей	8
		Показать место методов экспертного оценивания в системном анализе. Научить практическому применению этих методов	7
		Показать универсальность методов структуризации на примере задач составления сетевых графиков	9
	Развить стремление и навыки применения системного анализа	Рассмотреть сквозные схемы применения системного анализа при исследовании прикладных вопросов	8, 9
		Дать рекомендации по выбору и использованию методов и технологий в конкретных условиях	7, 8, 9
		Развить у обучаемых навыки применения различных схем системного анализа при решении конкретных проблем	6, 7, 8, 9

1 ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ В СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКЕ И УПРАВЛЕНИИ

Эффективное управление конкретными объектами и системами невозможно без анализа и исследования экономических и других процессов, протекающих в этих системах. Основной целью данной главы является объяснение необходимости анализа систем вследствие их существенного объективного усложнения и соответственно усложнения процессов управления в этих системах. Основным инструментом исследования сложных систем на данный момент является системный анализ и поэтому в данной главе показаны этапы поступательного развития системных представлений и системных исследований, которые привели к формированию системного анализа. Здесь же показано становление некоторых сопутствующих системному анализу направлений (общая теория систем, кибернетика, синергетика).

1.1 Предпосылки исследования систем и процессов управления

В семье появился ребенок. Вместе с ним в дом вошло множество новых забот и новых тревог. Необходимо приобрести кроватку, коляску, детское белье. Родители тревожатся о том, чтобы ребенок рос крепким и здоровым. Начинают думать о том, где он будет учиться. Со временем приходят заботы о том, где он будет жить и где будет работать. Ясно, что здоровье ребенка зависит от медицинского обслуживания. Его успешная учеба зависит от качества обучения в школе и т.д.

Если вас спросить, какое отношение к этим заботам и тревогам имеет **системный анализ**, то, скорее всего, вы просто удивитесь. На первый взгляд, нет никакой явной связи между этими заботами и каким-то анализом и исследованиями.

Постараемся разубедить вас в этом. Для того, чтобы ребенок мог своевременно получать квалифицированное медицинское обслуживание, главный врач близлежащей поликлиники не только должен быть квалифицированным специалистом, но также уметь успешно решать задачи управления: рационально организовать работу персонала, подобрать кадры, позаботиться об оборудовании, поставке медикаментов и т.п. Руководители города также для этой цели должны решать много задач и проблем, связанных с определением необходимого числа детских поликлиник, больниц, их места расположения. Для этого они должны уметь анализировать и прогнозировать рост города и всех его структурных образований, представлять его перспективные потребности. Если они допустят ошибки при анализе такой сложной системы и при принятии решений, т.е. примут необоснованное решение, то окажется, либо объемы медицинского обслуживания недостаточны, либо произведены неоправданные затраты. Ясно, что и первое, и второе - плохо. В первом случае ребенок не получит своевременной медицинской помощи, во втором - излишние затраты в одном месте приведут к нехватке ресурсов в другом, например, для строительства детских садов, школ, жилых домов. Если они примут

решение несвоевременно, то в нужный момент ребенок не сможет получить необходимой помощи.

Заботы и тревоги о ребенке имеют прямое отношение к соответствующему министерству и министру, в ведении которого находится медицинская промышленность. Он должен, управляя более сложным объектом, учитывать гораздо большее количество факторов, определяющих все стороны деятельности медицинской промышленности, и, в конечном счете, принимать такие решения, которые обеспечили бы, в том числе, и своевременный выпуск, и поставку лекарств в объеме, удовлетворяющем наши потребности. Нетрудно представить, как сложно заранее с глубоким предвидением обосновать и принять рациональные решения.

Без особых пояснений ясно, что благополучие нашего ребенка зависит от многих руководителей, осуществляющих управление достаточно сложными системами и объектами.

Теперь ответьте на вопрос, всегда ли подобные заботы разрешались без затруднений? Не дожидаясь вашего ответа, мы можем с уверенностью сказать, что он будет отрицательным. Не всегда приходил своевременно врач, приходилось ждать очереди в поликлинике, не сразу удавалось получить место в детском садике, были трудности с квартирой и т. д.

При этом Вы невольно отождествляли руководителей с результатами управления в обществе. Действительно, в рассмотренном примере успешность решения всех проблем зависит от качества организации, функционирования и управления соответствующими системами в нашем обществе. От этого зависит благополучие каждого члена общества, условия его жизни, быта и отдыха, условия и успешность его труда. Общим для множеств разнородных процессов, протекающих в обществе, является зависимость успеха от качества анализа этих процессов и взаимосвязей между ними и от качества управления ими.

Таким образом, на вопрос о том, как улучшить условия вашей жизни, можно дать общий ответ, что **необходимо совершенствовать системы управления в нашем обществе и повышать качество управленческих решений, принимаемых на всех уровнях управления.** Это будет правильный вывод.

Продолжая рассуждения и справедливо отмечая, что управление в обществе осуществляют люди, можно прийти к выводу, что достаточно заменить слабых руководителей более способными и недостатки исчезнут. Это будет совершенно неправильный вывод. Трудности, с которыми мы сталкиваемся, носят не субъективный, а **объективный характер.** Устранить их простой сменой людей, ответственных за управление, нельзя. Основной причиной трудностей является огромное усложнение объектов управления. Действительно, резкое увеличение взаимосвязей таково, что любой руководитель объективно не может охватить и осмыслить весь поток сведений, поступающих к нему, оценить сложившуюся обстановку, найти и принять эффективное решение. Качество каждого конкретного решения, принимаемого руководителем, во многом зависит от той системы управления, в рамках которой оно разрабатывалось. Качество решения зависит и от того, насколько информационно оно обеспечено, в какой степени учтено влияние внешнего окружения и многое другое. Действительно, объективно, качество любого решения определяется эффективностью организации и функционирования соответствующей системы управления.

В начале 60-х годов прошлого столетия (1960) было проведено много исследований по оценке степени усложнения процессов управления в экономике. Было выделено и сформулировано несколько причин, наиболее существенно влияющих на увеличение сложности задач управления.

1. **Увеличение выпуска промышленной продукции и расширение ее номенклатуры и ассортимента.** Было показано, что в нашей стране объем выпуска промышленной продукции удваивается примерно каждое десятилетие, а номенклатура изделий выросла за послевоенные годы более, чем в десять раз. А ведь за каждым наименованием изделий стоит целый комплекс задач управления

- (создание новых отраслей и предприятий, определение потребностей, планирование объемов выпуска, материально-техническое снабжение и т.п.).
2. **Усложнение выпускаемых изделий и технологий их производства.** Количественный рост выпуска продукции сопровождается совершенствованием ее качества, что приводит к усложнению изделий. Новые технологии базируются на внедрении новой техники, автоматизации производственных процессов. Все это усложняет организационное управление производством (фирмой, предприятием, отраслью).
 3. **Увеличение частоты сменяемости выпускаемых изделий и технологий.** Этот фактор является, с одной стороны, следствием научно-технического прогресса, а с другой стороны, он связан с возрастанием потребностей общества и отдельных потребителей и ужесточением их требований к качеству выпускаемой продукции и условиям работы на предприятии. В условиях перехода к рыночной экономике этот фактор увязывается с такими понятиями, как конкуренция, завоевание рынков сбыта, завоевание потребителей и т.п.
 4. **Развитие специализации и кооперирования производства.** Современный этап развития производства характеризуется усилением его концентрации и специализации на основе внедрения автоматизации и новых технологий. Специализация, в свою очередь, приводит к необходимости развития кооперирования между специализированными предприятиями (фирмами). Такая организация производства приводит к усложнению управления, как на уровне отдельного предприятия (фирмы), так и на уровне территории (город, область, республика).
 5. **Необходимость экономии ресурсов и охраны окружающей среды.** Этот фактор в нашей богатой природными ресурсами стране начал осознаваться позднее, чем в других странах. Для охраны материальных природных ресурсов и здоровья человека (трудового ресурса) необходимо разрабатывать безотходные, ресурсосберегающие, экологически чистые технологии; рационально добывать и использовать нефть, уголь, газ и другие источники энергии; сохранять леса, реки и другие природные условия нормальной жизнедеятельности человека. Понятно, что необходимость решения ресурсных и экологических проблем еще в большей степени усложняет управление на уровне региона и управление экономикой всей страны.
 6. **Внедрение в экономику рыночных механизмов.** Этот фактор, с одной стороны, является самостоятельным, так как рыночная экономика базируется совершенно на других принципах управления и регулирования, которые необходимо осваивать, внедрять и развивать. С другой стороны, этот фактор накладывается на каждый из вышеперечисленных факторов, и в результате они еще в большей мере влияют на усложнение задач управления.

Следовательно, необходимо искать пути оказания помощи руководителю, принимающему решения. Традиционный путь увеличения числа работающих в сфере управления и числа органов управления уже исчерпал себя. Проведенные исследования показали, что только к обработке информации для целей точного и полного решения всех задач управления необходимо привлечь такое количество специалистов, которое соизмеримо с населением всей страны. Эти исследования также показали, что уже на тот момент (60-е годы) мы не располагали достаточным ресурсом для точного решения всех задач управления и, следовательно, они решались неполно и неточно, что приводило к неэффективным решениям и управлению. Единственный выход - используя мощную методологическую базу, создать аналитическое обеспечение процессов управления и создать средства повышения эффективности систем управления.

1.2 Системный анализ как средство исследования систем.

В настоящее время признано, что сформировался обширный методологический инструментарий, обобщающий методологию исследования процессов в сложных природных и социально-экономических системах. Действительно, анализ и исследование систем осуществляется инструментарием (методами, средствами и технологиями), объединяющим такие направлениями, как системный анализ, системный подход, исследование операций, теория оптимального управления и др. Необходимо сразу отметить, что системный анализ играет ведущую роль, поскольку является методологией, интегрирующей различные научные подходы и направления для исследования и анализа различных конкретных проблем.

Действительно, современный системный анализ является прикладной наукой, нацеленной на выяснение причин реальных сложностей, возникающих перед «обладателем проблемы» (обычно это конкретная организация, учреждение, предприятие, коллектив), и на выработку вариантов их устранения. В наиболее развитой форме системный анализ включает и непосредственное, практическое улучшающее вмешательство в проблемную ситуацию.

При этом системность не должна рассматриваться как некоторое нововведение, последнее достижение науки. Системность есть всеобщее свойство материи, форма её существования, а значит, и неотъемлемое свойство человеческой практики, включая мышление.

Действительно, современный уровень развития общества характеризуется появлением таких понятий, как большие и сложные системы. Эти системы обладают специфическими для них проблемами. Необходимость решения проблем больших и сложных систем вызвала к жизни множество приемов, методов, подходов, которые постепенно накапливались, развивались, обобщались, образуя, в конце концов, определенную технологию преодоления количественных и качественных сложностей. В связи с этим, в разных сферах практической деятельности возникли соответствующие технологии (совместно с их теоретическими основами). В инженерной деятельности эти технологии получили названия: «методы проектирования», «методы инженерного творчества», «системотехника». В военных и экономических вопросах эти технологии имеют название – «исследование операций». В административном и политическом управлении это называется: «системный подход», «политология», «футурология»; в прикладных научных исследованиях – «имитационное моделирование», «методология эксперимента», «планирование эксперимента» и т.д.

С другой стороны, теоретическая мысль на разных уровнях абстракции отражала как системность мира вообще, так и системность человеческого познания и практики. На философском уровне это диалектический материализм; на общенаучном - системология, общая теория систем и теория организации; на естественнонаучном - кибернетика. С развитием вычислительной техники возникли информатика и искусственный интеллект.

В начале 80-х годов прошлого столетия стало очевидным, что все эти теоретические и прикладные дисциплины образуют как бы единый поток, **«системное движение»**. Системность стала не только теоретической категорией, но и осознанным аспектом практической деятельности. Поскольку большие и сложные социально-экономические системы по необходимости стали предметом изучения, управления и проектирования, потребовалось обобщение методов исследования систем и методов воздействия на них. Должна была возникнуть некая прикладная наука, являющаяся «мостом» между абстрактными теориями системности и живой системной практикой. Она и возникла сначала, как мы видели, в разных областях и под разными названиями, но в последние годы оформилась в науку, которая получила название «системный анализ». В настоящее время «системный анализ» выступает уже как самостоятельная дисциплина, имеющая свой объект деятельности, накопившая достаточно мощный арсенал средств и обладающая значительным практическим опытом.

Особенности современного системного анализа вытекают из самой природы сложных систем. Имея в качестве цели ликвидацию проблемы или, как минимум, выяснение ее причин, системный анализ привлекает для этого широкий набор средств, использует возможности различных наук и практической сферы деятельности. Являясь по существу прикладной диалектикой, системный анализ придает большое значение методологическим аспектам любого системного исследования. С другой стороны, прикладная направленность системного анализа приводит к использованию всех современных средств научных исследований - математики, вычислительной техники, моделирования, натуральных наблюдений и экспериментов.

Здесь необходимо отметить, что отдельные компоненты системного анализа, как правило, не обеспечивают в полной мере решения сложных проблем. Например, в 60-е годы пытались связывать надежды на повышение эффективности управления с внедрением электронных вычислительных машин и автоматизированных систем управления. Однако внедрение ЭВМ в процессы управления не дало предполагаемых результатов. Позднее стало понятно, что необходимо внедрять в сферу управления новые методы и модели, помогающие управленцу формировать целостное представление об управляемом объекте (процессе), организовывать процессы коллективной подготовки и принятия решений. Также стало очевидным, что необходимо понимать и учитывать закономерности функционирования и развития сложных систем, решать коренные социально-политические проблемы, изменяющие коренным образом принципы управления экономикой в нашей стране.

Системный анализ показывает, что в любой области деятельности каждое решение есть следствие поиска из множества возможных вариантов лучшего варианта. Наилучшими являются варианты, в полной мере соответствующие объективным законам общественного развития. До появления электронных вычислительных машин перебор возможных вариантов достижения конечной цели, как правило, осуществлялся человеком подсознательно, а решение было следствием творческого озарения. Лучшие решения, правильность которых подтвердила история, принадлежали гениям, обладавшим способностью интуитивного перебора множества различных вариантов достижения цели. Вспомните открытие Менделеевым периодической таблицы элементов, решение Кутузова в Филях, проекты кораблей Титова и многое другое. Увеличение числа взаимосвязей в обществе усложнило процесс выбора рационального варианта решения, одновременно повысилась степень влияния решений, принимаемых при управлении, на многие стороны человеческой деятельности. Появление электронных вычислительных машин, казалось бы, создало предпосылки для более качественного решения этой задачи. Однако машины сами по себе не способны полностью решить эту задачу, так как многие процессы и взаимосвязи в сложных социальных системах не поддаются формализации (математическому описанию) и не могут быть представлены на языке вычислительной машины. Кроме того, для перебора и оценки возможных формализованных вариантов достижения цели необходимо иметь специальный организационно-методический, информационный и математический аппарат анализа систем и вариантов их развития. Только наличие такого аппарата позволит обеспечить выработку и количественную оценку возможных вариантов с помощью компьютеров, оставив право окончательного выбора решения за человеком. Именно такое сочетание системного анализа и вычислительной техники позволит усилить интеллектуальные возможности человека при принятии решения в процессе управления. Однако, в полной мере это будет возможно после того, как путем исследования и анализа мы полностью поймем все процессы функционирования сложных систем управления и сможем выйти на необходимый уровень их формализации. Тем не менее, двигаться в этом направлении нужно, так как в любом случае лучшее понимание процессов, протекающих в сложных объектах, позволяет перейти на более качественный уровень организации системы управления.

Таким образом, **основным инструментом повышения интеллектуальной возможности руководителя является использование системного анализа для создания эффективных систем управления.**

Вернемся к потребностям руководителя. Действительно, в ходе исследования и анализа реальных систем и процессов обычно приходится сталкиваться с самыми разнообразными проблемами; быть профессионалом в каждой из них невозможно одному человеку. Выход видится в том, чтобы тот, кто берется осуществлять системный анализ, имел образование и опыт, необходимые для опознания и классификации конкретных проблем, для определения того, к каким специалистам следует обратиться для продолжения анализа. Это предъявляет особые требования к руководителям и специалистам-управленцам, имеющим дело со сложными организационными системами, они должны обладать широкой эрудицией, раскованностью мышления, умением привлекать людей к работе, организовывать коллективную деятельность.

Считается, что грамотный руководитель должен владеть всеми этими знаниями и умениями, и предположим, что такой руководитель есть. Какую пользу он может из этого извлечь? Ясно, что с помощью общих принципов системного анализа он сможет быстрее и точнее сформулировать те задачи, которые необходимо решить для достижения цели, более глубоко оценить сложившуюся обстановку и наметить генеральный путь действий. Однако этого мало. Ему нужна повседневная и непрерывная помощь, заключающаяся в количественном обосновании различных вариантов решений, в выборе из них наилучшего. Для этого он должен использовать не общие принципы теорий, а их конкретные результаты и методы. Такими результатами, как правило, не являются готовые рецепты к действию. Эти результаты изложены в форме правил переработки информации. Руководитель не может реализовать эти правила без привлечения современных средств обеспечения управления. Для того, чтобы руководитель мог использовать эти правила, их необходимо материализовать в форме, позволяющей включить в процессы сбора и переработки необходимой информации конкретных исполнителей (вооруженных компьютерной техникой). Такая материализация должна происходить с учетом взаимосвязи различных сопряженных друг с другом объектов и систем, с учетом возможности фиксации их текущего состояния и истории развития.

Система, материализующая правила переработки информации в форму, позволяющую максимально автоматизировать их исполнение, носит название специального информационно-математического обеспечения систем анализа и подготовки управленческих решений. Эти системы, базирующиеся на аппарате системного анализа и аппарате формализованного представления данных и знаний, должны объединить методы теории, опыт практики управления и представить их в форме, позволяющей использовать технические средства автоматизации передачи, приема, накопления, переработки информации.

Объединение этих систем с мощными информационными ресурсами компьютерных сетей и другими техническими средствами автоматизации позволит создать эффективные человеко-машинные системы анализа и подготовки управленческих решений и существенно повысить эффективность управления.

1.3 Становление системности.

1.3.1 Общие тенденции.

При методологическом анализе проблем современной науки нередко проводится мысль о том, что развитие познания связано с возрастанием сложности принципиальных подходов к исследованию и методов научного познания.

Простейшей формой научного описания и соответственно исходным уровнем исследования любого объекта является основанное на эмпирических наблюдениях описание свойств, признаков и отношений объекта. Этот уровень анализа можно назвать **параметрическим описанием**.

После этого познание переходит к определению поэлементного состава строения исследуемого объекта. Основная задача здесь состоит в выявлении

взаимосвязи свойств, признаков и отношений, найденных на первом этапе (уровне) исследования. Эта стадия носит название **морфологического описания объекта**.

Дальнейшее усложнение познания связано с переходом к функциональному описанию, которое, в свою очередь, связано с функциональными зависимостями между параметрами (функционально-параметрическое описание), между «частями» или элементами объекта (функционально-морфологическое описание) или между параметрами и строением объекта. Методологическая специфика функционального подхода заключается в том, что функция элемента или «части» (подсистемы) объекта задается на основе принципа «включения» - выводится из характеристик и потребностей более широкого целого.

В последнее время в качестве особой, наиболее сложной формы научного исследования рассматривается поведение объекта, т.е. выявление целостной картины «жизни» объекта и механизмов, обеспечивающих смену направлений и «режимов» его работы.

Такая схема выражает постепенное усложнение способов подхода к объекту исследования, поскольку каждый последующий способ включает в себя все предыдущие и, кроме того, решает некоторые новые задачи. В рамках этой последовательности системный подход связывается или с функциональным описанием, или с описанием поведения, или, наконец, с новым, ещё более сложным «комбинированным» способом исследования. Однако специфика системного исследования определяется не усложнением методов анализа (в известном смысле они могут даже подвергнуться упрощению), а выдвижением новых принципов подхода к объекту изучения, новой ориентации всего движения исследователя. В самом общем виде эта ориентация выражается в стремлении построить целостную картину объекта. Более конкретно она обнаруживается в следующих моментах.

1. При исследовании объекта как системы описание элементов не носит самодовлеющего характера, поскольку элемент описывается не «как таковой», а с учётом его «места» в целом.
2. Один и тот же «материал» (субстант), выступая в системном исследовании, обладает одновременно разными характеристиками, параметрами, функциями и даже принципами строения. Одно из проявлений этого - иерархичность строения систем, причём тот факт, что все уровни иерархии «выполнены» из одного материала, делает особенно трудной проблему поиска специфических механизмов взаимосвязи различных уровней (плоскостей) системного объекта. Конкретная (хотя, быть может, и не единственная) форма реализации взаимосвязи - управление. Поэтому проблема управления возникает практически в любом системном исследовании.
3. Исследование системы оказывается, как правило, неотделимым от исследования условий её существования.
4. Для системного подхода специфична проблема порождения свойств целого из свойств элементов и наоборот.
5. Как правило, в системном исследовании недостаточны чисто причинные (в узком смысле этого слова) объяснения функционирования и развития объекта; в частности, для большого класса систем характерна целесообразность как неотъемлемая черта их поведения, хотя целесообразное поведение не всегда может быть уложено в рамки причинно-следственной схемы.
6. Источник преобразований системы или её функций лежит обычно в самой системе; поскольку это связано с целесообразным характером поведения систем, существеннейшая черта целого ряда системных объектов - самоорганизация. С этим тесно связана и другая особенность: обязательное допущение у систем (или её элементов) некоторого множества индивидуальных характеристик и степеней свободы.

1.3.2 Общая теория систем.

Все перечисленные моменты в той или иной мере стали методологически осознаться в науке еще в XIX веке. Исследование систем началось примерно в одно и то же время (на рубеже XIX-XX веков) в различных областях знания. Роль интеграции наук, организации взаимосвязей и взаимодействия между различными направлениями во все времена выполняла философия - наука наук, которая одновременно являлась и источником возникновения ряда научных направлений. В частности, в 30-е годы прошлого столетия философия явилась источником возникновения обобщающего направления, названного **теорией систем**. Л. Берталанфи, считающийся основоположником этого направления, впервые сделал доклад о своей концепции на философском семинаре, пользуясь в качестве исходных понятий терминологией философии [1].

Берталанфи выдвинул идею построения теории, приложимой к системам любой природы. Один из путей реализации своей теории он видел в том, чтобы отыскивать структурные сходства законов, установленных в различных науках, и, обобщая их, выводить общесистемные закономерности. Одним из самых важных достижений Берталанфи является введение понятия открытой системы. В отличие от кибернетического подхода (об этом мы будем говорить ниже), где изучаются внутрисистемные обратные связи, а функционирование систем рассматривается просто как отклик на внешние воздействия, Берталанфи подчеркивает особое значение обмена системы веществом, энергией и информацией (негэнтропией) с окружающей средой. В открытой системе устанавливается динамическое равновесие, которое может быть направлено в сторону усложнения организации (вопреки второму закону термодинамики, благодаря вводу негэнтропии извне), и функционирование является не просто откликом на изменение внешних условий, а сохранение старого или установление нового подвижного внутреннего равновесия системы. Здесь усматриваются как кибернетические идеи гомеостазиса, так и новые моменты, имеющие свои истоки в биологии (Берталанфи был по специальности биологом).

Берталанфи и его последователи работают над тем, чтобы придать общей теории систем формальный характер. Однако, заманчивой замысел построить общую теорию систем как новую логико-математическую дисциплину не реализован полностью до сих пор. Не исключено, что наибольшую ценность общей теории систем представит не столько ее математическое оформление, сколько разработка целей и задач системных исследований, развитие методологии анализа систем, установление общесистемных закономерностей.

Следует так же отметить, что важный вклад в становление системных представлений в науку (еще до Л. Берталанфи) внес наш соотечественник А.А. Богданов. В 1911 году вышел в свет первый том, а в 1925 году - третий том его книги «Всеобщая организационная наука (тектология)» [2].

Большая общность тектологии связана с идеей Богданова о том, что все существующие объекты и процессы имеют определенную степень, уровень организованности. В отличие от конкретных естественных наук, изучающих специфические особенности организации конкретных явлений, тектология должна изучать общие закономерности организации для всех уровней организованности. Все явления рассматриваются как непрерывные процессы организации и дезорганизации. Богданов не дает строгого определения понятия организации, но отмечает, что уровень организации тем выше, чем сильнее свойства целого отличаются от простой суммы свойств его частей. Пожалуй, самой важной особенностью тектологии является то, что основное внимание уделяется закономерностям развития организации, рассмотрению соотношений устойчивого и изменчивого, значению обратных связей, учету собственных целей организации (которые могут как содействовать целям высшего уровня организации, так и противоречить им), роли открытых

систем. Богданов довел динамические аспекты тектологии до рассмотрения проблемы кризисов, т.е. таких моментов в истории любой системы, когда неизбежна коренная, «взрывная» перестройка ее структуры. Он подчеркивал роль моделирования и математики как потенциальных методов решения задач тектологии.

Даже из этого небольшого обзора основных идей тектологии видно, что Богданов предвосхитил, а кое в чем и превзошел многие положения современных кибернетических и системных теорий. Тектология была «ориентирована на самый широкий охват реальности организационными категориями», и это явилось первым из того класса характерных для XX века системных подходов, которые приобрели статус общенаучных, проторив дорогу кибернетике и синергетике. Последние можно считать наиболее крупными (в концептуальном плане) вкладом в философию, в формирование современных представлений о явлениях самоорганизации и развития мира в целом.

1.3.3 Эволюция представлений об энтропии.

Прежде чем рассматривать следующие этапы развития системного подхода и системных исследований, необходимо объяснить и уточнить некоторые понятия, которые мы уже упоминали и будем использовать в дальнейшем. Проникновение методов теории информации в физику, биологию и другие области естествознания показало тесную взаимосвязь понятия количества информации с естественно-научным понятием «энтропия».

Понятие энтропия, первоначально введенное Р. Клаузиусом лишь с целью более удобного описания работы тепловых двигателей, усилиями многих ученых, и прежде всего Л. Больцмана, стало играть универсальную роль, определяя многие закономерности в поведении макроскопических систем. В 30-е годы прошлого столетия энтропия стала мерой вероятности информационных систем и явилась основой теории информации (работы Л. Сцилларда, К. Шеннона).

Связь между энтропией и вероятностью установлена Л. Больцманом и выражается знаменитой формулой, носящей имя этого ученого:

$$H = \sigma \ln W ,$$

где **H** - энтропия, **W** - термодинамическая вероятность состояния.

Существенно, что Больцман, связав второй принцип термодинамики с теорией вероятности, показал, что убывание энтропии не является невозможным, а только маловероятным. Второй принцип термодинамики становится констатацией того факта, что информация теряется различными способами, что ведет к увеличению энтропии системы, но, чтобы приобрести новую информацию и уменьшить энтропию, следует произвести новые измерения, т.е. затратить энергию.

В конце 40-х годов Э. Шредингер, а затем и Н. Винер существенно расширили понятие энтропии до понимания ее как меры дезорганизации систем любой природы. Эта мера простирается от максимальной энтропии (**H=1**), т.е. хаоса, полной неопределенности, до исчезновения энтропии (**H=0**), соответствующего наивысшему уровню организации, порядка.

Таким образом, можно выделить следующие этапы развития понятия энтропии, где она выступает как:

* мера рассеяния тепловой энергии в замкнутой термодинамической системе	-	Клаузиус, Больцман (1852 год)
* мера вероятности информационных систем (мера количества информации)	-	Сциллард, Шеннон (1929 год)
* мера дезорганизации систем любой природы	-	Шредингер, Винер (1944 год)

С помощью энтропии стало возможно количественно оценивать на первый взгляд такие качественные понятия, как «хаос» и «порядок». Информация и энтропия связаны потому, что они характеризуют реальную действительность с точки зрения именно упорядоченности и хаоса, причем если информация - мера упорядоченности, то энтропия - мера беспорядка; одно равно другому, взятому с обратным знаком. Например, если на предприятии низка трудовая и технологическая дисциплина, идет брак, то мы можем утверждать, что здесь низок уровень организации, или велика энтропия. Она угрожающе растет ныне и в нашей экономике, социальной жизни.

Энтропия и информация служат, таким образом, выражением двух противоположных тенденций в процессах развития. Альтернативность и взаимосвязь понятий энтропии и информации нашли отражение в формуле

$$H + J = 1 \text{ (const).}$$

Если система эволюционирует в направлении упорядоченности, то ее энтропия уменьшается. Но это требует целенаправленных усилий, внесения информации, т.е. управления. «Мы плывем вверх по течению, борясь с огромным потоком дезорганизованности, который, в соответствии со вторым законом термодинамики, стремится все свести к тепловой смерти - всеобщему равновесию и одинаковости, т.е. энтропии. В мире, где энтропия в целом стремится к возрастанию, существуют местные временные островки уменьшающейся энтропии, это области прогресса. Механизм их возникновения состоит в естественном или целенаправленном отборе устойчивых форм. Человек всю жизнь борется с энтропией, гася ее извлечением из окружающей среды отрицательной энтропии – информации» [3].

Количество информации, отождествляемое Винером с отрицательной энтропией (негэнтропией), становится, подобно количеству вещества или энергии, одной из фундаментальных характеристик явлений природы. Введение понятия энтропии в теорию информации явилось, по выражению Бройля, «наиболее важной и красивой из идей, высказанных кибернетикой», и рассматривается как большой вклад XX века в научную мысль [4]. Это положение называют еще вторым «краеугольным камнем» кибернетики. Отсюда - толкование кибернетики как теории организации, теории борьбы с мировым хаосом, с роковым возрастанием энтропии.

1.3.4 Кибернетика Винера.

По настоящему явное и массовое усвоение системных понятий, общественное осознание системности мира, общества и человеческой деятельности началось с 1948 года, когда американский математик Н. Винер опубликовал книгу под названием «Кибернетика». Первоначально он определил кибернетику как «науку об управлении и связи в животных и машинах». Однако очень быстро стало ясно, что такое определение неоправданно сужает сферу приложения кибернетики. Уже в следующей книге Н. Винер анализирует с позиций кибернетики процессы, происходящие в обществе.

Здесь мы не случайно говорим «кибернетика Винера», так как понятие «кибернетика» имеет более давнюю историю и, на уровне терминологии, было использовано еще древнегреческим философом Платоном. Он предлагал называть кибернетикой науку об административном управлении провинциями, т.е. уже тогда, по крайней мере, на уровне терминологии кибернетика связывалась с управлением процессами, протекающими в обществе. Позже аналогичные предложения исходили и от других ученых (Ампер, Трентовский) [5] и об этом мы будем говорить при рассмотрении организационных систем. Поэтому, говоря о кибернетике Винера, мы имеем в виду современную кибернетику, которая рассматривается уже на уровне самостоятельной науки.

Сначала кибернетика Винера привела многих ученых в замешательство: оказалось, что кибернетики берутся за рассмотрение и технических, и биологических, и экономических, и социальных объектов и процессов. Возник

даже спор - имеет ли кибернетика свой предмет исследования. Первый международный конгресс по кибернетике (Париж, 1956) даже принял предложение считать кибернетику не наукой, а «искусством эффективного действия». В нашей стране кибернетика была встречена настороженно и даже враждебно (кибернетика была объявлена идеалистической лженаукой).

По мере развития кибернетики, уточнения ее понятий, разработки ее собственных методов, получения конкретных результатов в разных областях стало очевидным, что кибернетика - это самостоятельная наука, со своим, характерным только для нее предметом изучения, со своими специфическими методами исследования. В становление кибернетики внесли вклад и известные отечественные ученые. Важную роль сыграли определения, сформулированные в период горячих дискуссий о сути кибернетики: **кибернетика - это наука об оптимальном управлении сложными динамическими системами** (Берг А.И.); **кибернетика - это наука о системах, воспринимающих, хранящих, перерабатывающих и использующих информацию** (Колмогоров А.Н.). Эти определения признаны достаточно общими и полными и из них видно, что предметом кибернетики является исследование систем. Важно подчеркнуть, что, хотя при изучении системы на каком-то этапе потребуются учет ее конкретных свойств, для кибернетики в принципе неважно, какова природа этой системы, т.е. является ли она физической, биологической, экономической, организационной или даже воображаемой, нереальной системой. Это делает понятным, почему кибернетика «вторгается» в совершенно разнородные сферы. То, что кибернетические методы могут применяться к исследованию объектов, традиционно «закрепленных» за той или иной наукой, должно рассматриваться не как «постороннее вмешательство неспециалистов», а как рассмотрение этих объектов с другой точки зрения. Более того, при этом происходит взаимное обогащение кибернетики и других наук. С одной стороны, кибернетика получает возможность развивать и совершенствовать свои модели и методы, с другой - кибернетический подход к системе определенной природы может прояснить некоторые проблемы данной науки или даже выдвинуть перед ней новые проблемы, а главное - содействовать повышению ее системности.

С кибернетикой Винера связаны значительные продвижения в развитии системных представлений, которые, без преувеличения, сыграли революционизирующую роль в развитии общественного сознания, человеческой практики и культуры, подготовили почву для того невиданного ранее размаха компьютеризации, который происходит на наших глазах.

1.3.5 Синергетика.

Синергетика в переводе с греческого означает «совместный согласованно действующий». Применительно к современному естествознанию этот термин появился в 70-х годах прошлого столетия и принадлежит немецкому физикау Герману Хакену. «Я назвал новую дисциплину «синергетикой» не только потому, что в ней исследуется совместное действие многих элементов систем, но и потому, что для нахождения общих принципов, управляющих самоорганизацией, необходимо кооперирование различных дисциплин» [6].

Проблемы синергетики многоплановы и предполагают несколько направлений их решения. В работах Г.Хакена излагаются принципы, позволяющие в рамках единого подхода рассматривать широкий класс явлений самоорганизации, происходящих как в мире живого, так и в неорганическом мире. Особое значение при этом придается роли коллективных кооперативных эффектов в процессах самоорганизации. Появление нового научного направления было подготовлено широким кругом специалистов различных областей. Заметную роль в этом плане играли работы И.Пригожина и его коллег, посвященные разработке методов термодинамического анализа явлений

самоорганизации. И. Пригожин положил в основу неравновесной динамики принцип наименьшего производства энтропии, что в сочетании с принципом о наименьшем рассеянии энергии позволило усилить мощь аналитического аппарата термодинамического аспекта явлений самоорганизации [7].

Не меньшую, чем неравновесная термодинамика, роль в изучении процессов самоорганизации и анализе диссипативных структур получили теория информации и теория оптимизации. Информацию легко выразить через энтропию и наоборот, причем связь эта не формальна. Если в термодинамике энтропия – это мера беспорядка, то в теории информации – это мера недостатка информации в системе, мера неопределенности.

До середины 70-х годов прошлого столетия существовал непреодолимый барьер между неорганической и живой природой. Считалось, что лишь живой природе присущи саморегуляция и самоорганизация. Правда, некоторые отечественные естествоиспытатели и философы еще в 60-е годы высказывали предположения о наличии процессов самоорганизации и в неорганической природе. Так, Л.А. Петрушенко [8] рассматривал природу как некое связанное целое, состоящее из различным образом организованных систем и способное к самоорганизации или, наоборот, к самодезорганизации, обусловленной возрастанием энтропии (неопределенности).

Последние фундаментальные достижения в области исследования систем принадлежат бельгийской школе ученых во главе с И. Пригожиным. Изучая термодинамику неравновесных физических систем (за результаты этих исследований И. Пригожину присуждена Нобелевская премия по химии 1977 года), он вскоре понял, что обнаруженные им закономерности относятся к системам любой природы. Именно работы И. Пригожина и его последователей способствовали возникновению новой науки, названной Г. Хакеном **синергетикой**, устанавливающей универсальность явления самоорганизации и распространяющей их на неживую природу. В синергетике, в отличие от кибернетики, акцент делается не на процессы управления и обмена информацией, не на функционировании систем, а на ее структуре, на принципах построения организации, на условиях ее возникновения, развития и самоусложнения.

Наряду с подтверждением уже известных положений (иерархичность уровней организации систем; несводимость друг к другу и невыводимость друг за друга закономерностей разных уровней организации; наличие наряду с детерминированными случайных процессов на каждом уровне организации и др.) основоположники синергетики предложили новую, оригинальную теорию системодинамики. Отметим, что наибольший интерес и внимание привлекли те ее моменты, которые раскрывают механизм самоорганизации систем. Согласно теориям синергетики, материя не является пассивной субстанцией; ей присуща спонтанная активность, вызванная неустойчивостью неравновесных состояний, в которые рано или поздно приходит любая система в результате взаимодействия с окружающей средой. Важно, что в такие переломные моменты (называемые «особыми точками» или «точками бифуркации») принципиально невозможно предсказать, станет ли система менее организованной или более организованной («диссипативной», по терминологии Пригожина).

Синергетика исследует особые состояния сложных систем в области неустойчивого равновесия, точнее - динамику их самоорганизации вблизи точек бифуркации, когда даже малое воздействие может привести к непредсказуемому, быстрому («лавинообразному») развитию процесса. Говоря о самоорганизации сложных систем, мы подчеркивали их стремление к негэнтропийной («неравновесной») устойчивости, как ведущей тенденции как можно дальше отдаляться от состояния «равновесия», т.е. уровня максимальной энтропии, хаоса. Сохранение своей целостности, гомеостатической устойчивости является главным свойством всех систем макроструктуры природы. Биологические и социальные системы в нормальных

условиях развития являются относительно устойчивыми, длительное время повышают уровень своей организации, не разрушаются.

Но когда по истечении, например, биологического цикла организм стареет, разрушается и погибает, он достигает максимального значения энтропии, хаоса. Такой хаос, действительно, пугает. Он всецело деструктивен и не может выступать в качестве создающего начала, из него не может развиваться новая организация.

Толкование понятия «хаос» создателями синергетики существенно отличается от общепринятого понимания хаоса как максимума энтропии. В синергетике хаос больше ассоциируется с понятием случайности, с хаотическим разнообразием флуктуаций в сложной системе, хаотическими отклонениями каких-то параметров от нормы. В основе такого хаоса возможно активное начало, причем в определенных условиях даже единичное отклонение, малое воздействие какого-то параметра может стать существенным для макропроцесса: может развиваться новая организация[9]. Например, в состоянии неустойчивости социальной среды деятельность каждого отдельного человека может влиять на макроскопический процесс (роль личности в истории). Отсюда вытекает необходимость осознания каждым человеком огромного груза ответственности за судьбу всей социальной системы, всего общества. Человек - активное начало. Его поведение определяют явно осознаваемые и скрытые подсознательные установки. Потенциал выдающегося индивида может проявиться в открытом обществе, особенно в режиме его неустойчивости. Открытость системы - необходимое, но не достаточное условие для ее самоорганизации. Все зависит от соотношения потенциалов индивида и среды, от характера взаимодействий, а порой от игры случая, от информированности противоположных начал.

Существовавшая в нашей стране командно-административная система, как сугубо закрытое, жестко детерминированное образование с людьми-винтиками в своей основе, показала тупиковую ветвь эволюции. Она гасила инициативу, проявления активности (флуктуации), изжила предпринимательство, лишила себя возможности отбора лучшего. Когда инициатива наказуема, любое малое возмущение «сваливается» на то же самое решение, на ту же самую структуру. И ничего не меняется. Значит, без неустойчивости нет развития, утверждают синергетики, развитие происходит через неустойчивость, через бифуркации, через случайность.

В своей работе «Философия нестабильности» И. Пригожин освобождает понятие нестабильности от негативного оттенка. Нестабильность не всегда зло, подлежащее устранению, или же некая досадная неприятность. Нестабильность способствует выявлению и отбору всего лучшего.

Установленное кибернетикой и синергетикой единство процессов управления и самоорганизации в системах разной природы имеет огромное мировоззренческое и практическое значение, поскольку дает ясную, по существу, единую методологию деятельности человека. Роль научного управления в жизни общества, особенно в социально-экономической сфере, весьма велика. Высокая эффективность западной экономики держится на научном управлении, на непрерывном стремлении его оптимизировать, насыщать информацией, знаниями.

Некомпетентность управляющих - ахиллесова пята нашей экономики. Неадекватность многих принимаемых (на всех уровнях) решений оборачивается для страны огромными потерями.

1.4 Заключительные замечания.

Возвращаясь к системному анализу, необходимо сказать, что объектом системного анализа. в теоретическом аспекте является процесс подготовки и принятия решений, а в прикладном аспекте - многие конкретные проблемы, возникающие при создании и функционировании систем.

В теоретическом аспекте - это:

- * общие закономерности проведения исследований, направленные на поиск наилучших решений различных проблем на основе системного подхода (содержание отдельных этапов системного анализа, взаимосвязи, существующие между ними и др.).
- * конкретные научные методы исследования - определение целей и их ранжирование, дезагрегирование проблем (систем) на их составные элементы, определение взаимосвязей, существующих как между элементами системы, так и между системой и внешней средой и др.
- * принципы интегрирования различных методов и приемов исследования (математических и эвристических), разработанных как в рамках системного анализа, так и рамках других научных направлений и дисциплин в стройную, взаимообусловленную совокупность методов системного анализа.

В прикладном плане системный анализ вырабатывает рекомендации **по созданию принципиально новых или усовершенствованию существующих систем.**

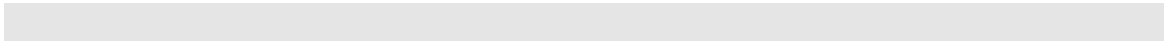
Рекомендации по улучшению функционирования существующих систем касаются самых различных проблем, в частности ликвидации нежелательных ситуаций (например, снижение темпов роста производительности труда), вызванных изменением как внешних по отношению к системе факторов, так и внутренних.

Следует отметить, что объект системного анализа является в то же время объектом целого ряда других научных дисциплин, как общетеоретических, так и прикладных. В отличие от многих наук, главной целью которых является открытие и формулирование объективных законов и закономерностей, присущих предмету изучения, системный анализ в основном направлен на выработку конкретных рекомендаций, в том числе и на основе использования достижений теоретических наук в прикладных целях. Можно сказать, что **системный анализ выполняет роль каркаса, объединяющего все необходимые методы, знания и действия для решения проблемы.**

Заканчивая рассмотрение основных методологических компонентов системного анализа, следует отметить, что ему присущи определенные принципы, логические элементы, определённая этапность и методы проведения. Наличие (без исключения) всех этих компонентов и делает анализ какой-либо проблемы системным.

1.5 Вопросы для самопроверки:

- 1 Как Вы связываете качество управления и уровень благосостояния общества?
- 2 Какая связь между качеством управленческих решений и эффективностью системы управления?
- 3 Какие факторы влияют на качество управленческих решений?
- 4 Как определить уровень эффективности системы управления?
- 5 Почему усложняются процессы управления экономикой страны (города, области, региона)?
- 6 Какие факторы, влияющие на сложность задач управления, Вы можете назвать?
- 7 Какие проблемы возникают при усложнении систем и процессов, подлежащих управлению?
- 8 Какие пути повышения эффективности управления Вы знаете?
- 9 Какие методы и средства используются для исследования и анализа сложных систем?

- 10 Почему системный анализ является более предпочтительным средством анализа систем?
 - 11 Какие основные моменты присущи системному исследованию?
 - 12 Основные идеи построения общей теории систем.
 - 13 Роль тектологии А.Богданова в становлении системных представлений.
 - 14 Эволюция понятия энтропия. Альтернативность и взаимосвязь понятий энтропия и количество информации.
 - 15 . Альтернативность и взаимосвязь понятий энтропия и уровень организации системы.
 - 16 Какова роль кибернетики Винера для исследования систем и процессов управления?
 - 17 Что нового привнесла синергетика в системные исследования? Значение понятия самоорганизация для социально-экономических систем.
- 

1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Основной целью данной главы является введение основных понятий и определений, которые далее будут использоваться. Следует сказать, что терминология и понятийный аппарат общей теории систем и системного анализа еще окончательно не сформировались и поэтому необходимо из всего многообразия основных понятий и определений выделить те, которыми мы будем пользоваться при изучении данного курса. При определении терминологии и понятийного аппарата будет также рассмотрена последовательность формирования основных определений.

2.1 Общие определения.

Общие определения начнем с того, что попытаемся определить такое понятие как общая теория систем.

Общая теория систем - междисциплинарная область научных исследований, в задачи которой входит: разработка обобщенных моделей систем; построение логико-методологического аппарата описания функционирования и поведения систем разного типа, включая теории динамики систем, их целенаправленного поведения, исторического развития, иерархического строения, процессов управления в системах и т.д.

Системный подход. Этот термин начал применяться в первых работах, в которых элементы общей теории систем использовались для практических приложений. Используя этот термин, подчеркивали необходимость исследования объектов (систем, процессов) с разных сторон, комплексно, в отличие от ранее принятого отдельного исследования систем и процессов. Оказалось, что с помощью многоаспектных исследований можно получить более правильное представление о реальных системах, выявить их новые свойства, лучше определить взаимоотношения системы (объекта) с внешней средой, другими объектами.

Можно сказать, что **системный подход** - это точное выражение процедур представления систем и способов многоаспектного исследования объектов (описания, объяснения, предвидения и т.д.).

Системные исследования. В таких исследованиях понятия теории систем используются более конструктивно: определяется класс систем, вводится понятие структуры и правила ее формирования и т.п. Это был следующий шаг в системных направлениях. В поисках конструктивных рекомендаций появились системные направления с разными названиями: системотехника, системология и др. Для их обобщения и стал применяться термин «системные исследования».

Системные исследования - это совокупность научных и технических проблем, которые при всей их специфике и разнообразии сходны в понимании и рассмотрении исследуемых объектов с точки зрения систем, выступающих как единое целое.

2.2 Определение системного анализа.

Сейчас признано, что наиболее конструктивным из прикладных направлений системных исследований является **системный анализ**. Однако до сих пор нет четкого

однозначного определения этого понятия. Это вполне понятно, так как идет создание и формирование терминологии нового научного направления. Поэтому и мы, прежде чем остановиться на каком-то конкретном определении системного анализа, проследим последовательность разных описаний и определений, которые приводились в разных работах, что, в конечном счете, позволит нам лучше понять содержательный смысл самого системного анализа.

В одних источниках системный анализ определяется как «приложение системных концепций к функциям управления, связанным с планированием» [10]. В других – как синоним термина «анализ систем» или термина «системные исследования». Однако, независимо от того, применяется он только к определению структуры целей системы, к планированию или к исследованию системы в целом, работы по системному анализу существенно отличаются тем, что в них всегда предлагается методология проведения исследований, делается попытка выделить этапы исследований и предложить методику выполнения этих этапов в конкретных условиях. В этих работах всегда уделяется особое внимание определению целей системы, вопросам формализации представления целей. Некоторые авторы даже подчеркивают это в определении: системный анализ – это методология исследования целенаправленных систем [10].

Термин «системный анализ» впервые появился в связи с задачами военного управления в исследованиях фирмы RAND Corporation (1948 г.), а в отечественной литературе получил широкое распространение после выхода в 1969 г. книги С. Оптнера «Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем».

Следует отметить, что в начале работы по системному анализу базировались на идеях теории оптимизации и исследования операций. Затем, в поисках конструктивных средств организации процесса принятия решений, *системный анализ* начинают определять как процесс последовательного разбиения изучаемого процесса на подпроцессы и основное внимание уделяют выбору приемов, позволяющих организовать решение сложной проблемы путем расчленения ее на подпроблемы и этапы, для которых становится возможным подобрать методы исследования и исполнителей.

Наряду с расчленением процесса принятия решения на этапы и подэтапы, разрабатываются формализованные приемы и методы разделения системы на подсистемы, цели на подцели, «больших» неопределенностей на более «мелкие», лучше поддающиеся исследованию. В большинстве работ стремятся в основу системного анализа поставить многоступенчатое расчленение в виде иерархических структур типа «дерева». Применительно к исследованию целей эти структуры получили название «деревьев целей». В ряде работ разработаны варианты аналогичных структур, определяющих не пространственное (как «деревьва целей»), а временное разделение цели на последовательность подцелей или функций, направленных на ее достижение.

Во многих определениях часто подчеркивается, что системный анализ - это «формализованный здравый смысл» или просвещенный здравый смысл, на службу которому поставлены математические модели. Кроме того, отражается и такая особенность: системный анализ дает основу для сочетания знаний и опыта специалистов многих областей при нахождении решений, трудности которых не могут быть преодолены на основе суждений любого отдельного эксперта. Более того, часто указывается, что основной особенностью методик системного анализа является сочетание в них формальных методов и неформализованного (экспертного) знания.

С учетом всего вышесказанного можно сказать, что в определении системного анализа должны войти следующие аспекты, отражающие, что системный анализ:

- * применяется для решения таких проблем, которые не могут быть полностью формализованы;
- * использует не только формальные методы, но и методы качественного анализа («формализованный здравый смысл»), т.е. методы, направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов (лиц, принимающих решение);
- * объединяет разные методы с помощью единой методологии;

- * дает возможность объединить знания, суждения и интуицию специалистов различных областей знаний и обязывает их к определенной дисциплине мышления;
- * основное внимание уделяет целям и целеполаганию.

Ко всему этому следует обязательно добавлять, что в основе методов и получаемых с применением системного анализа результатов лежит понятие *системы* или даже *целенаправленной системы*.

Мы будем использовать следующее определение системного анализа.

Системный анализ - это совокупность определенных научных методов и практических приемов решения разнообразных проблем, возникающих во всех сферах **целенаправленной** деятельности общества, на основе **системного подхода** и представления объекта исследования в виде **системы**.

Характерным для системного анализа является то, что поиск лучшего решения проблемы начинается с определения и упорядочения целей деятельности системы, при функционировании которой возникла данная проблема. При этом устанавливается соответствие между этими целями, возможными путями решения возникшей проблемы и потребными для этого ресурсами. Системный анализ характеризуется главным образом упорядоченным, логически обоснованным подходом к исследованию проблем и использованию существующих методов их решения, которые могут быть разработаны в рамках других наук.

Системный анализ предназначен для решения в первую очередь слабоструктурированных проблем, т.е. проблем, состав элементов и взаимосвязей которых установлен только частично, задач, возникающих, как правило, в ситуациях, характеризуемых наличием факторов неопределённости и содержащих неформализуемые (непереводимые на язык математики) элементы.

Проблема (задача) считается формализуемой, если она может быть описана с помощью некоторого формального языка (как правило, языка математики).

Одна из задач системного анализа заключается в раскрытии содержания проблем, стоящих перед руководителями, принимающими решения, настолько, чтобы им стали очевидны все основные последствия решений, которые они могли бы учитывать в своих действиях. Системный анализ помогает ответственному за принятие решения лицу более строго подойти к оценке возможных вариантов действий и выбрать наилучший из них с учётом дополнительных, неформализуемых факторов и моментов, которые могут быть неизвестны специалистам, готовящим решение (специалистам - системным аналитикам).

Следует отметить, что в каждом конкретном случае задачи системного анализа весьма специфичны. Тем не менее, определённые моменты указывают на существенную общность перечисленных направлений разработок в науке, технике и организации производства. Именно эта общность и позволяет говорить о системном подходе как о некоторой особой и внутренне единой исследовательской позиции.

2.3 Система и ее свойства

В настоящее время нет единства в определении понятия «система». В первых определениях в той или иной форме говорилось о том, что система - это элементы и связи (отношения) между ними. Например, основоположник теории систем Бергаланфи определял систему как комплекс взаимодействующих элементов или как совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой. Некоторые определяют систему как множество предметов вместе со связями между предметами и между их признаками [11]. Ведутся дискуссии, какой термин – «отношение» или «связь» – лучше употреблять. Мы будем далее пользоваться следующим определением.

Определение системы. *Под системой понимается наличие множества элементов с набором связей между ними и между их свойствами, т.е. всё, состоящее из связанных друг с другом частей, называется системой.*

При этом элементы (части, объекты) функционируют во времени как единое целое - каждый объект, подсистема, элемент работают ради единой цели, стоящей перед системой в целом. Иногда говорят, система есть средство достижения цели. И это, в свете вышесказанного, можно трактовать, как достаточно короткое и емкое определение системы.

При такой трактовке системами являются: машина, собранная из деталей и узлов; живой организм, образуемый совокупностью клеток; предприятие, объединяющее и связывающее в единое целое множество производственных процессов, коллективов людей, различных видов ресурсов, готовой продукции и пр.

Элемент. Под элементом принято понимать простейшую неделимую часть системы. Ответ на вопрос, что является такой частью, может быть неоднозначным и зависит от цели рассмотрения объекта или системы, от точки зрения на него или от аспекта его исследования. Таким образом, **элемент – это предел членения системы с точки зрения решения конкретной задачи и поставленной цели.** Систему можно расчленить на элементы различными способами в зависимости от формулировки цели и ее уточнения в процессе исследования.

Подсистема. Система может быть разделена на элементы не сразу, а последовательным разбиением на подсистемы, которые представляют собой компоненты более крупные, чем элементы, и в то же время более детальные, чем система в целом. Возможность деления системы на подсистемы связана с вычленением совокупностей взаимосвязанных элементов, способных выполнять относительно независимые функции, реализующие отдельные подцели, направленные на достижение общей цели системы. Названием «подсистема» подчеркивается, что такая часть должна обладать свойствами системы (в частности, свойством целостности). Этим подсистема отличается от простой группы элементов, для которой не сформулирована подцель и не выполняются свойства целостности (для такой группы используется название «компоненты»).

Структура. Это понятие происходит от латинского слова *structure*, означающего строение, расположение, порядок. Структура отражает наиболее существенные взаимоотношения между элементами и их группами (компонентами, подсистемами), которые мало меняются при изменениях в системе и обеспечивают существование системы и ее основных свойств.

Структура – это совокупность элементов и связей между ними.

Структура может быть представлена графически, в виде теоретико-множественных описаний, матриц, графов и т.п. Структуру часто представляют в виде иерархии. **Иерархия – это упорядоченность компонентов по степени важности** (многоступенчатость, служебная лестница и т.п.). Между уровнями иерархической структуры могут существовать взаимоотношения строгого подчинения компонентов (узлов) нижележащего уровня одному из компонентов вышележащего уровня, т.е. отношения так называемого древовидного порядка. Такие иерархии называют **сильными** или иерархиями типа «дерева». Они имеют ряд особенностей, делающих их удобным средством представления организационных структур управления. Однако могут быть связи и в пределах одного уровня иерархии. Один и тот же узел нижележащего уровня может быть одновременно подчинен нескольким узлам вышележащего уровня. Такие структуры называют иерархическими структурами **со слабыми связями**. Между уровнями иерархической структуры могут существовать и более сложные взаимоотношения.

Интегративность. Интегративными называются свойства, присущие системе в целом и не присущие ни одному из ее элементов в отдельности. Интегративность означает, что хотя свойства системы и зависят от свойств ее элементов, но не определяются ими полностью. Система не сводится к простой совокупности

(множеству) ее элементов. Так, государство не есть просто сумма его регионов. Интегративность в данном случае обеспечивается некоей общей для всех его элементов и подсистем системой ценностей, определяющей принципы существования и поддерживающей единство и согласованность поведения последних.

Индивидуальным интегративным свойством самолета как технической системы является его способность совершать управляемый полет. При этом ни одна из его частей сама по себе, включая и членов экипажа, этой способностью не обладает.

Наиболее общими фундаментальными интегративными свойствами в системном анализе являются свойства целостности, целесообразности и открытости.

Интегративные свойства, возникающие при взаимодействии структурных образований, порой могут проявляться самым неожиданным образом. Так, например, в области киноискусства широко известен эффект Кулешова, который заключается в том, что при монтаже двух соседних различных кадров возникает нечто, реально воздействующее на зрителя, чего нет ни в одном из этих кадров в отдельности. Монтаж объединяет эти кадры в информационную систему, в пределах которой они начинают взаимодействовать, придавая последней интегративные свойства.

Целостность. Целостность – это способность системы проявлять себя во взаимодействии с внешним миром как единое целое. Целостность системы проявляется в двух аспектах: структурном и процессуальном и в этом смысле можно дать следующее определение этого свойства. Целостность – это пространственная связность структурных элементов и временная согласованность их существования.

Целесообразность. Целесообразность – это свойство системы, проявляющееся в *ценностной и целевой ориентированности* ее существования.

Ценностная ориентированность. Ценностная ориентированность возникает в результате действия общих и частных, присущих только данной конкретной системе ценностных принципов, порождающих соответствующие законы поведения в ситуационных пространствах. Таким образом, целесообразность – это подчинение существования системы некоторой системе ценностных принципов и связанных с ними целей, свидетельствующих о ее разумности.

Целеориентированность. Целеориентированность – это свойство системы, характеризующее ситуационную направленность (ориентированность) ее поведения в соответствующих пространствах. Целеориентированность проявляется также в активности системы.

Открытость. Открытость – это свойство взаимосвязи системы и ее внешнего окружения, проявляющееся в коммуникативности. Точнее говоря, открытость – это взаимопроникновение и взаимовлияние (взаимозависимость) системы и ее окружения. Открытость, с одной стороны, есть необходимое условие существования системы (раскрытия ее сущности), а с другой стороны, есть одна из основных причин ее диффузии (диссипации, распада ее сущности). Свойство открытости систем обеспечивает целостность мироздания.

Связь. Понятие «связь» входит в любое определение системы наряду с понятием «элемент» и обеспечивает возникновение и сохранение структуры и целостных свойств системы. Это понятие характеризует одновременно и строение (статику), и функционирование (динамику) системы. Связь характеризуется направлением, силой и характером (или видом). По первым двум признакам связи можно разделять на направленные и ненаправленные, генетические, равноправные (или безразличные), связи управления. Связи можно разделить также по месту приложения (внутренние и внешние), по направленности процессов в системе в целом или в отдельных ее подсистемах (прямые и обратные). Связи в конкретных системах могут быть одновременно охарактеризованы несколькими из названных признаков.

Связи - это то, что соединяет элементы и свойства в системном процессе в целое.

Предполагается, что связи существуют между всеми системными элементами, между системами и подсистемами. Связями **первого порядка** называют связи, функционально необходимые друг другу. Дополнительные связи называют связями

второго порядка. Если они присутствуют, то в значительной степени улучшают действие системы, но не являются функционально необходимыми. Излишние или противоречивые связи называются связями **третьего порядка.** Исследователь, решающий конкретную задачу, сам принимает решение, какие связи существенны, а какие тривиальны, т.е. вопрос о тривиальности оказывается связанным с личными интересами исследователя и задачами, которые стоят перед ним.

Важную роль в системах играет понятие «обратной связи». Об этом понятии мы будем подробно говорить в следующей главе.

Коммуникативность. Коммуникативность представляет собой свойство системы, заключающееся в наличии между системой и внешней средой множества связей (коммуникаций). Так, например, различные государства могут быть связаны между собой линиями воздушного, железнодорожного, автомобильного и т.д. сообщения. Между ними осуществляются культурные, научные и другие виды обмена.

Состояние. Понятие «состояние» обычно характеризует мгновенную фотографию, «срез» системы, остановку в ее развитии. Его определяют либо через входные воздействия и выходные сигналы (результаты), либо через параметры системы (производительность, себестоимость продукции, прибыль и т.п.). **Состояние – это множество существенных свойств, которыми система обладает в данный момент времени.**

Поведение. Если система способна переходить из одного состояния в другое, то говорят, что она обладает поведением. Этим понятием пользуются, когда неизвестны закономерности переходов из одного состояния в другое. Тогда говорят, что система обладает каким-то поведением и исследуют его закономерности. Иногда, в этом же смысле используют термин «движение», который заимствован из механики, но при этом обязательно делают оговорку, что под движением понимают любое изменение состояния системы (например, изменение ее параметров).

Внешнее окружение (среда). Под внешней средой понимается множество элементов, которые не входят в систему, но изменение их состояния вызывает изменение поведения системы. Действительно, объекты в системном анализе не рассматриваются изолированно от внешнего мира. Та часть этого мира, которая непосредственно взаимодействует с системой или оказывает на нее существенное влияние, может быть, лишь только своим присутствием, и является таким внешним окружением или внешней средой. Поэтому, например, так важно при анализе экономической или социально-политической ситуации внутри какого-либо государственного образования выйти за его пределы и проанализировать экономические и социально-политические процессы в системах внешнего окружения с целью учета их влияния на состояние рассматриваемого объекта.

Равновесие – это способность системы в отсутствие внешних возмущающих воздействий (или при постоянных воздействиях) сохранять свое состояние сколь угодно долго.

Устойчивость. Под устойчивостью понимается способность системы возвращаться в состояние равновесия после того, как она была из этого состояния выведена под влиянием внешних возмущающих воздействий. Состояние равновесия, в которое система способна возвращаться, называют *устойчивым состоянием равновесия.*

2.4 Системы и их виды

2.4.1 Модель состава системы.

При рассмотрении любой системы, прежде всего, обнаруживается то, что ее целостность и обособленность выступают как внешние свойства. Внутренность же системы оказывается неоднородной, что позволяет различать составные части самой системы. При более детальном рассмотрении некоторой части системы могут быть, в свою очередь, разбиты на составные части и т.д. Те части системы, которые мы рассматриваем как неделимые, будем называть элементами. Части системы,

состоящие более чем из одного элемента, назовем подсистемами. При необходимости можно ввести обозначения или термины, указывающие на иерархию частей (например, «подсистемы», или «подсистемы такого-то уровня»).

В результате такого рассмотрения получается **модель состава системы**, описывающая, из каких подсистем и элементов она состоит (рис.2.1).

Определение состава системы только на первый взгляд кажется простым делом. Если дать разным экспертам задание определить состав одной и той же системы, то результаты их работы будут различаться, и иногда довольно значительно. Причины этого состоят не только в том, что у них может быть различная степень знания системы: один и тот же эксперт при разных условиях также может дать разные варианты состава системы. Существуют, по крайней мере, еще три важные причины этого факта.

Во-первых, разные варианты (модели) состава получаются вследствие того, что понятие элементарности можно определить по-разному. То, что с одной точки зрения является элементом, с другой - оказывается подсистемой, подлежащей дальнейшему разделению.

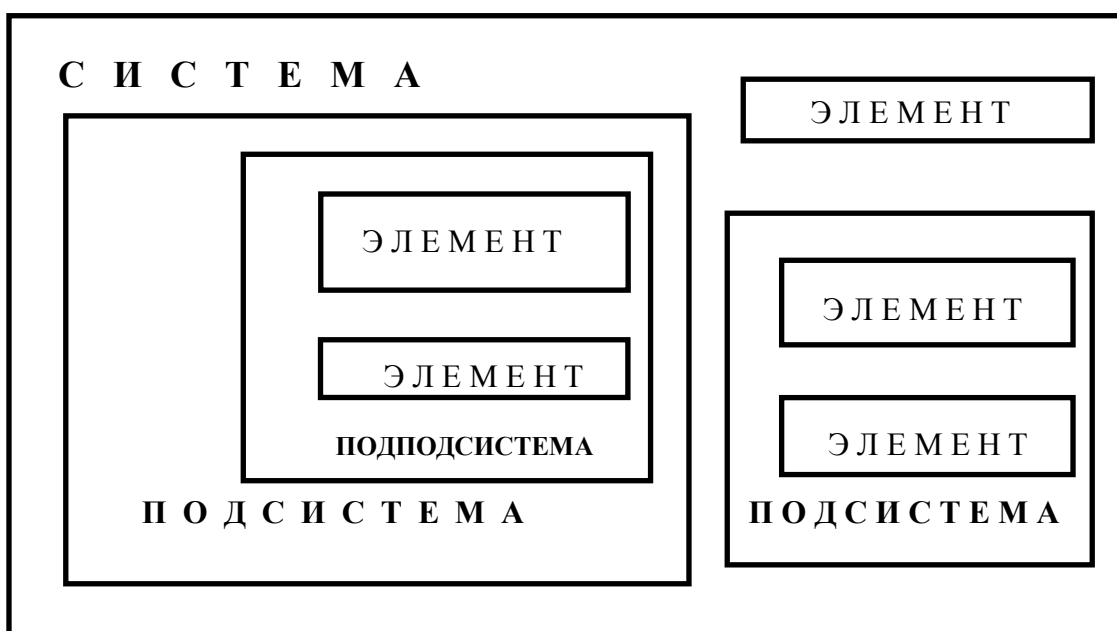


Рис. 2.1. Модель состава системы

Во-вторых, как и любые модели, модель состава является целевой, и для различных целей один и тот же объект потребуется разбить на разные части. Например, один и тот же завод для директора, главного бухгалтера, начальника пожарной охраны состоит из совершенно различных подсистем. Точно так же модели состава самолета с точек зрения летчика, стюардессы, пассажира и аэродромного диспетчера окажутся различными. То, что для одного обязательно войдет в модель, может совершенно не интересовать другого.

В-третьих, модели состава различаются потому, что всякое деление целого на части, всякое деление системы на подсистемы является относительным, в определенной степени условным. Например, тормозную систему автомобиля можно отнести либо к ходовой части, либо к подсистеме управления. Другими словами, границы между подсистемами условны и относительны.

Это относится и к границам между самой системой и окружающей средой; поэтому остановимся на этом моменте подробнее. В качестве примера рассмотрим систему «ЧАСЫ». Какую бы природу ни имели устройства, которые мы называем часами, в них можно выделить две подсистемы - датчик времени, т.е. процесс, ход которого изображает течение времени (это может быть равномерное раскручивание пружины,

электрический ток с некоторым постоянным параметром, равномерное течение струйки песка, колебание некоторой молекулы и т.д.); **индикатор времени** - т.е. устройство, преобразующее, отображающее состояние датчика в сигнал времени для пользователя. Модель состава системы «ЧАСЫ» можно считать полностью исчерпанной (если далее не разбивать эти две подсистемы). Однако, поскольку фактически каждые часы показывают состояние своего датчика, рано или поздно их показания разойдутся между собой. Выход из этого положения состоит в синхронизации всех часов с неким общим для всех **эталонном времени**, например с помощью сигналов «точного времени», передаваемых по радио. Здесь и возникает вопрос: включать ли эталон времени в состав системы «ЧАСЫ» или рассматривать часы как подсистему в общей системе указания времени?

Ниже приведены некоторые упрощенные примеры моделей состава для различных систем.

СИСТЕМА	ПОДСИСТЕМА	ЭЛЕМЕНТЫ
Система телевидения «ОРБИТА»	Подсистема передачи	Центральная телестудия Антенно-передающий центр
	Канал связи	Среда распространения радиоволн Спутник - ретранслятор
	Приемная подсистема	Местные телецентры Телевизоры потребителей
Отопительная система жилого дома	Источники тепла	Котельная или отвод от центральной теплотрассы
	Подсистема распределения и доставки тепла	Трубы Калориферы Вентили
	Подсистемы эксплуатации	Службы эксплуатации и ремонта Персонал

2.4.2 Виды и типы систем

При анализе и исследовании различают физические и абстрактные системы.

Физические системы состоят из изделий, оборудования, машин и вообще из естественных или искусственных объектов. Этим системам можно противопоставить **абстрактные** системы. В абстрактных системах свойства объектов, существующие только в уме исследователя, представляют символы. Идеи, планы, гипотезы и понятия, находящиеся в процессе исследования, могут быть описаны как абстрактные системы.

Пример 1. Рассмотрим систему, части которой - пружина, груз с некоторой массой и твердая поверхность, предположим, потолок. Вообще говоря, эти компоненты не связаны друг с другом (за исключением искусственных логических отношений, как, например, то, что они находятся в одной комнате). Однако, стоит прикрепить пружину к потолку и повесить на нее груз, как между ними появятся особые отношения (в смысле физической связанности), которые дадут начало весьма интересной системе. В частности, возникают новые связи между свойствами данных частей. Длина пружины, расстояние груза от потолка, упругие свойства пружины и размер груза - все это находится в некоторых связях друг с другом. Такая система **статична**, её свойства не изменяются со временем. Если задать начальное отклонение от положения равновесия, получим определенное значение скорости движения груза, зависящее от размеров массы и упругих свойств пружины. Положение массы будет меняться во времени. В этом случае имеем дело с **динамической** системой.

Пример 2. Более сложный пример - радиосистема с высокой точностью воспроизведения. В ней гораздо больше частей, но для простоты выделим

следующие: диск и звукозаписывающий аппарат, усилитель, громкоговоритель и ящик. Как и в первом случае, не связанные друг с другом части не образуют системы. Но если связи установлены, т.е. электрическая связь идет от входа к выходу, то части системы и их свойства находятся в таких отношениях друг к другу, что изменение системы на каком-то участке зависит от изменений на других участках, например, механические вибрации в громкоговорителе связаны с силой тока и напряжением в усилителе.

Теперь рассмотрим системы, не имеющие физической природы. Как правило, это абстрактные системы, записанные на языке математики. Простейший случай - это система уравнений действительных переменных. Наиболее очевидное свойство действительной переменной - её числовое значение; другими словами, в этом случае объект и его свойства тесно связаны между собой (в любом случае объект, в конечном счёте, определяется его свойствами). Связи между переменными обычно формулируются в виде уравнений. Для большей конкретности рассмотрим следующий пример.

Пример 3. Имеются переменные x_1 и x_2 , удовлетворяющие двум линейным уравнениям:

$$a_1x_1 + a_2x_2 = c_1$$

$$b_1x_1 + b_2x_2 = c_2.$$

Эти уравнения связывают переменные: вместе они образуют систему линейных уравнений, частями которой являются переменные x_1 и x_2 . Отношения между ними определяются константами и ограничениями, наложенными одновременно на все данные величины. Данная система уравнений может рассматриваться как статическая по аналогии с системой «пружина – груз». Эта аналогия объясняется тем, что числа, которые удовлетворяют уравнениям, фиксированы точно так же, как заданная длина пружины в механическом примере.

С другой стороны, введение времени t дает, например, уравнение следующего вида:

$$dx_1/dt = a_1x_1 + a_2x_2$$

$$dx_2/dt = b_1x_1 + b_2x_2.$$

Такую систему уравнений можно назвать динамической (продолжая аналогию с системой "пружина - груз"). В этом случае решение уравнений - функция времени (длина пружины в динамической системе).

Термины **статический** и **динамический** всегда относятся к системам, уравнения которых представляют абстрактные модели реальных ситуаций. Абстрактные математические и (или) логические отношения сами по себе никогда не зависят от времени.

Выше рассмотренные примеры дают нечто большее, чем просто случайную иллюстрацию понятия системы. Они говорят об одном из самых плодотворных путей анализа физических систем - пути, который должен быть признан основным методом науки, а именно о методе абстракции и моделирования.

Возвращаясь к простейшему примеру соединения груза и пружины, получим ясную иллюстрацию этого метода. В статическом случае нас интересуют свойства: постоянная k , обозначающая пружину, перемещение x и вес G . Они связаны (в пределах закона упругости Гука) линейным уравнением

$$kx = G.$$

Уже здесь проявляется тесная внутренняя связь между абстрактной системой (аналогичной системе уравнений) и её физической реализацией. Для изучения физической системы её заменяют абстрактной системой с теми же отношениями, и задача становится чисто математической. Нетрудно показать, что такого рода аналогия

имеет место и в динамическом случае, но тогда физическая система представляется системой дифференциальных, а не линейных алгебраических уравнений.

Подобная практика, несомненно, хорошо знакома физикам, химикам и инженерам; в этом случае обычно говорят о создании математической модели. Степень, с которой модель согласуется с реальным поведением системы, является мерой применимости модели к рассматриваемой ситуации. С другой стороны, легкость, с которой данная система может быть точно представлена математической моделью - мера легкости анализа данной системы.

Для успешного изучения системы с помощью математических методов последняя должна обладать рядом специальных свойств. Во-первых, должны быть известны имеющиеся в ней связи, во-вторых, количественно определены существенные для системы свойства (их число не должно быть столь большим, чтобы анализ становился невозможным) и, в-третьих, известны при заданном множестве связей формы поведения системы (задаются физическими законами, в нашем случае законом Гука). К сожалению, системы, обладающие всеми этими свойствами, встречаются чрезвычайно редко. Точнее говоря, системы обладают этими свойствами лишь до некоторой степени, причем наиболее важные для нас системы - живые организмы, экономические и социальные системы обладают ими в меньшей степени, чем более простые, механические системы типа «пружина – груз».

И, в заключение, рассмотрим еще два определения представляющие интерес при анализе систем.

Централизованной системой называется система, в которой некоторый элемент (подсистема) играет главную, доминирующую роль в функционировании системы. Этот элемент называется ведущей частью системы или её центром. Небольшие изменения ведущей части вызывают значительные изменения всей системы.

Децентрализованная система - это система, в которой нет главной подсистемы; важнейшие подсистемы имеют приблизительно одинаковую ценность и построены не вокруг центральной подсистемы, а соединены между собой последовательно или параллельно.

2.5 Вопросы для самопроверки:

1. *Что такое системный подход и системный анализ?*
2. *Основные особенности системного анализа.*
3. *Дайте определение системы.*
4. *Что такое элемент, подсистема и структура системы?*
5. *Понятие иерархии и иерархической структуры. Сильные иерархии и иерархии со слабыми связями*
6. *Характеристика связей первого и второго порядка.*
7. *Состояние и поведение системы. Характеристика этих свойств*
8. *Определение внешней среды. Понятие равновесия и устойчивости системы.*
9. *Модель состава системы. Относительность понятий элемент системы, подсистема.*
10. *Какие типы систем Вам известны? Физические и абстрактные системы.*
11. *Что такое статическая система и динамическая система?*
12. *Дайте понятие централизованной и децентрализованной системы.*

3 СИСТЕМНОСТЬ И УПРАВЛЕНИЕ

В предыдущих главах были рассмотрены предлагаемые в данном курсе общие подходы к определению основных понятий и определений системных исследований. Целью данной главы является рассмотрение основных структур и механизмов управления, сложившихся в сложных социально-экономических управляемых системах. Достаточно подробно рассматривается генезис механизмов управления в сложных системах.

3.1 Этапы становления механизма управления.

Слово «генезис» означает возникновение и становление какого-либо развивающегося явления. Именно к таким явлениям относится и феномен управления. В данном разделе говорится о возникновении и этапах становления механизма управления, как функциональной системы, развившейся в процессе эволюции и лежащей в основе процессов саморегуляции и саморазвития живой природы, общественных систем и их экономики, всей ноосферы, а также процессов познания.

Феномен управления долгое время считался исключительно общественным явлением, результатом сознательной деятельности человека. Успехи биологических наук, а также исследования при создании сложных технических систем на рубеже 40-50-х годов прошлого столетия позволили существенно расширить видимую сферу действия управленческих процессов и подойти вплотную к более глубокому пониманию сущности феномена управления.

Тем не менее, в нашей философской и экономической литературе еще широко бытуют неадекватные определения управления - лишь как воздействия на объект. Многие авторы, даже спустя 40 лет после становления кибернетики, продолжают игнорировать (или не понимать) значение и определяющую роль обратных связей. Например, Философский словарь (1991 г.) трактует управление без привлечения понятий обратной связи, адаптации и самоорганизации. Здесь объяснение феномена управления философами лежит не в научной, а в прежней, идеологической, конфронтационной плоскости: «На практике наблюдаются два типа управления: стихийный и сознательный (плановый)».

Стихийный - это, разумеется, «у них», где и рынок, как нам представляли обществоведы десятки лет, не более чем зловещая «стихия рынка». Если вникать в значения слов, то стихийно - значит непредсказуемо, что-то совершающееся без участия человека, его сознания и интеллекта. Но тогда не понятно, почему у них хорошо получается? И зачем они разработали даже науку управления - кибернетику? Ради чего еще более 100 лет тому назад открыли школы менеджмента и с тех пор обучение управлению, постоянно расширяясь, ныне превратилось в подлинную индустрию знаний?

Авторы словаря поясняют: «При первом типе управления воздействие на общество происходит в результате взаимодействия различных социальных сил (рынок, традиции, обычаи и т. п.), второй предполагает наличие специальных органов управления, действующих по заданной программе. Из социального управления как его особые отрасли выделяются управление государством, управление производством, управление в технике и др. Новые проблемы, связанные с совершенствованием управления при социализме, возникли в связи с осуществляемой в нашей стране радикальной реформой во всех сферах жизни» [12].

Оказывается, теперешнее состояние во всем - экономике, финансах, социальной сфере - результат сознательного управления? Авторам невдомек, что «радикальную

реформу во всех сферах жизни» и не надо было бы проводить, если бы управление осуществлялось хотя бы на уровне здравого смысла, не говоря уже о научном управлении и использовании мирового опыта. Если бы познание этого важнейшего философского и социального феномена у нас не пребывало бы на столь низком уровне.

Здесь выход из тупика, по-видимому, должен осуществляться двумя параллельными путями: по линии массового ликбеза, а также по линии борьбы с нашим национальным бедствием - не востребованностью новых знаний, сознательным поворотом к ним спиной. Иначе как объяснить тот парадокс, что в десятках книг по экономике великое множество схем без обратных связей называются «схемами управления», тогда как на самом деле они отражают лишь иерархию подчинения в командно-административной системе низших звеньев высшим звеньям. Именно в той самой командно-административной системе, осуществлявшей «воздействие» и приведшей нашу экономику к уровню, который мы наблюдали в середине 80-х годов прошлого века.

При анализе центральной категории диалектики - категории развития, явно недостаточно внимания уделяется раскрытию ее связи с такими понятиями как информация, организация и управление. Тогда как в действительности развитие не есть просто изменения вообще, присущие всякому движению, а представляет собой изменения, связанные с процессами отражения (как всеобщего свойства материи), сопровождаемые упорядочением связей, накоплением информации, возникновением новых структур, их усложнением и детерминацией. Это - процесс самоорганизации, в котором важнейшее значение имеет генезис механизма управления.

Механизм управления не дан нам изначально. Он возник и развивался в ходе эволюции и имеет свои переходы от простых форм к более сложным формам (рис. 3.1). Физическое взаимодействие объектов и элементарные формы отражения (**этап 0**) здесь явились необходимой предпосылкой. Далее можно выделить три этапа:

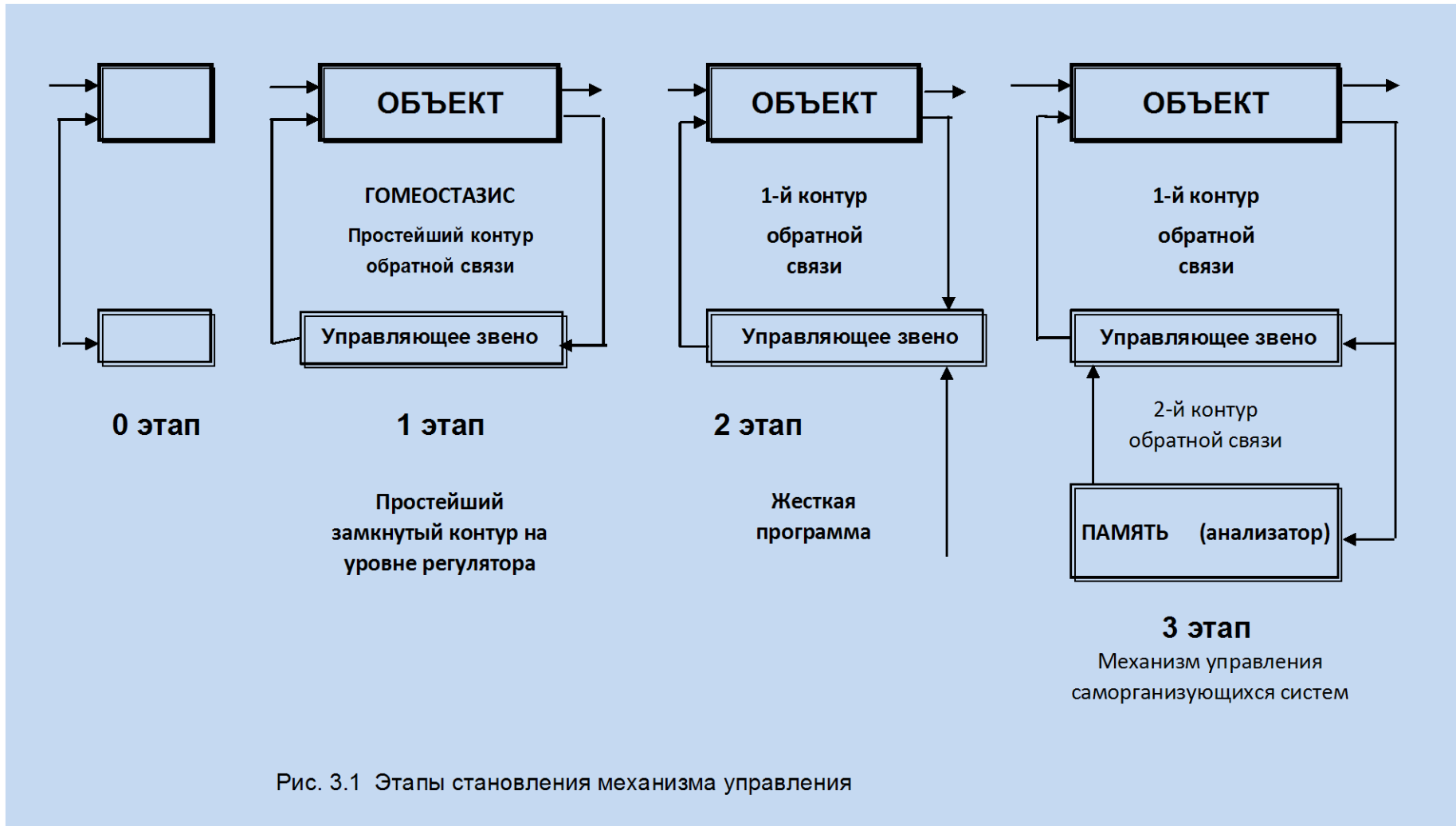
Этап 1 - простейший замкнутый контур с обратной связью на уровне обычного регулятора (гомеостаза), с реакцией лишь на текущие воздействия. Появляется цель - *самосохранение*;

Этап 2 - промежуточный, с программным изменением характера воздействия управляющего звена на объект при сохранении его устойчивости;

Этап 3 - механизм управления *самоорганизующихся систем*. Отличается наличием 2-го контура обратной связи и органов памяти. Во 2-ом контуре осуществляется отбор полезной информации из 1-го контура: эта информация накапливается, формируя опыт, знания, синтезируется в определенные структуры, повышая уровень организации, активность и живучесть системы.

Особенностью первого этапа является то, что управляющее звено начинает выявлять и оценивать процесс функционирования объекта путем фиксации отклонений от нормального режима функционирования, задаваемого некоторой целевой функцией. Поскольку обратная связь призвана уменьшить отклонение, то такая связь называется отрицательной обратной связью. Таким образом, можно сказать, что этот этап характеризуется появлением таких понятий, как *отклонение* и *1-й контур обратной связи*.

Объектами нашего рассмотрения являются в основном *открытые* системы (объекты). Воздействие внешней среды вызывает *отклонение* параметра объекта от нормы. Возникает *информация, обратная связь*, что в конечном итоге формирует *замкнутые контуры и функциональные системы*.



Движения системы, направленные на сохранение устойчивости, являются положительными сторонами процесса развития, а отклонения, которые призвана убирать (уменьшать, исключать) система, можно назвать отрицательными сторонами процесса. Движущей силой развития выступает целенаправленная борьба противоположностей - положительной и отрицательной сторон процесса.

В «Диалектике природы» Энгельс отмечает особую роль в этой борьбе отрицательной стороны процесса, учет которой в процессах управления, как мы теперь понимаем, и есть использование отрицательной обратной связи. По существу и базирующаяся на множестве случайных отклонений так называемая стихия рынка является своего рода механизмом социальной саморегуляции на основе непрерывного учета отклонения спроса от предложения.

Таким образом, истоки активности системы связаны с исходными моментами любого управленческого процесса - с **целевой функцией и отклонением**. В силу сказанного, понятие **отклонения** заслуживает быть включенным в разряд общенаучных понятий. Оно является универсальным элементом взаимодействия, присущим любым системам. Без отклонения нет информации и процесса управления, нет развития. Определяющая роль отклонения отражена и в «золотом правиле» саморегуляции. Это правило звучит так: «Само отклонение от нормы служит стимулом возвращения к норме». Система вне среды не может быть активной, ибо только взаимодействие со средой, возникающие при этом отклонения, противоречия создают необходимое условие активности системы, ее самодвижение в направлении самосохранения. Такой средой явились, в частности, геосфера и атмосфера нашей Земли, где с возникновением органических соединений начали появляться и усложняться преемственные связи как реализация элементарных форм активности.

Любого типа упорядоченность возникает в результате какого-то воздействия окружающей среды на систему, которая, приспосабливаясь к изменяющимся условиям, накапливает полезную для себя информацию, повышает уровень своей организации. По существу, как считают биологи, вся содержащаяся в организме структурная информация вводится окружающей средой и ее изменение (саморазвитие) обусловлено в основном длительным влиянием среды. Следовательно, о **прогрессивном развитии** можно говорить только по отношению к **открытым системам**. О всяком развитии в замкнутой системе не может быть и речи.

Достаточно вспомнить десятилетия «железного занавеса» в истории нашей страны. Отгородившись от внешнего мира, от потока новых технологий, от воздействия мирового рынка, страна отставала в науке и технике, товары становились неконкурентоспособными, рубль — неконвертируемым и т.п.

В основе эволюции, которой руководит «мудрость природы», лежит способ «проб и ошибок», реализуемый через учет отклонений. Все те «пробы», которые приводили к уменьшению отклонения, способствовали живучести образований и, таким образом, соответствовали требованиям эволюции, закреплялись, развивались дальше, приводя к упорядоченному усложнению внутренних связей, к качественным изменениям взаимодействий, к возрастанию активности.

Таким образом, **отклонение** и, в более широком плане, разнообразие являются неотъемлемыми атрибутами прогресса и самосовершенствования функциональных систем. Взять живую природу: даже на уровне «вершины» ее развития — человека — эволюция направленно моделирует разнообразие, несхожесть индивидов как необходимое условие дальнейшего развития

сообщества. Индивидуальность каждого человека в биологическом плане обеспечивается различием генетического кода: каждый человек в мире имеет уникальный состав белков. Индивидуальность человека в социальном плане, его творческие способности объясняются полученным им образованием и жизненным опытом, тезаурусом, который у каждого тоже свой.

При полном сходстве людей друг с другом теряется смысл взаимного общения, исключается интерес, борьба мнений, творчество. Людская однородность создала бы, отмечает В.И. Говалло, тупиковую ситуацию, ибо нет отклонений, не возникает информация как основа поведенческого акта. Следовательно, нет и целенаправленной деятельности, соревновательности, нет развития [13].

Национальные различия и этническое разнообразие людей в глубинном смысле также являются благом, способствуют взаимному обогащению народов и прогрессу человечества. У каждой нации свои обычаи, жизненный уклад и опыт, талант в ремеслах и самобытное искусство, которые интересны другим нациям возможностью удивления, отбора и заимствования.

Межнациональные распри и конфликты возникают как нарушение гармонии жизни (как болезнь общества, как недопустимо большое отклонение от нормы) в основном на почве экономических и территориальных неурядиц, нищеты материальной и духовной. Вспышка национального самосознания и вражды, стремление к суверенитету и вооруженные конфликты в СНГ – следствие недальновидной и неправомочной политики руководства бывшего Союза, притеснявшего малые нации в экономике, культуре, вплоть до депортации их в чужие края. Осуществлявшаяся у нас в последние десятилетия идеология на «сближение» и даже «слияние» наций в «единую историческую общность – советский народ» в своей основе также была ошибочной и усилила центробежные тенденции.

Искусственное выравнивание людей (в любой форме) вместо того, чтобы дать простор их разнообразию, тормозит социальный прогресс. Как показала и многолетняя практика (социальный опыт) нашего хозяйствования, уравниловка в оплате труда, в других сторонах социальной жизни, низведение людей до обезличенных «винтиков» закономерно привели к снижению трудовой активности, к спаду темпов нашего развития во многих областях.

Итак, функциональные системы возникли под воздействием внешней среды благодаря качественному упорядочению связей: информация, как отражение, как сигнал отклонения стала образовывать (в виде отрицательной обратной связи) замкнутые контуры саморегуляции - **ГОМЕОСТАЗИС**.

При гомеостазисе благодаря процессам обмена вещества, энергии и информации организм находится в состоянии подвижного равновесия с окружающей средой, обеспечивая свою целостность. Этот этап - качественный скачок в поступательном развитии уровней материи, означавший новый, более высокий уровень активности и отражательной способности материальных систем, и обусловивший дальнейший процесс их самоорганизации.

Гомеостазис, который можно назвать «остовом» механизма управления, также не возникает сразу, а является продуктом естественного отбора и эволюции. Об этом свидетельствует несовершенство механизма гомеостазиса у тех классов позвоночных, которые предшествуют млекопитающим.

К гомеостазису относится и иммунитет как система защиты организма от всего генетически чужеродного (микробов, чужих клеток, тканей) или генетически изменившихся собственных клеток. Иммунитет осуществляет контроль над внутренним постоянством организма. *Гомеостазис* характеризует, таким образом, 1-й этап становления феномена управления.

Второй этап является промежуточным и отличается от первого тем, что к текущему механизму регуляции добавляется по мере необходимости некоторая дополнительная (новая) программа управления объектом. Лучше всего это

проиллюстрировать примером из техники. Ракета (с механизмом стабилизации - 1-й контур) через некоторое полетное время начинает по жесткой программе наводиться на цель. При этом механизм стабилизации (регулятор) продолжает действовать.

Третий этап. Формирование механизма управления в основном завершается на 3-ем этапе образованием 2-го контура обратной связи. Это контур отбора и накопления информации и опыта, контур адаптации, самообучения и, следовательно, **самоорганизации** (рис. 3.2).

Сущность процесса развития заключается в целенаправленном накоплении информации с последующим ее упорядочением, структуризацией. Но в потоке информации, циркулирующей в 1-ом контуре обратной связи, в каждом цикле управления бывает много разнообразной информации (избыточной, повторяющейся), в том числе и «информационного шума». Поэтому на входе во второй контур обратной связи имеется так называемый **семантический фильтр**, который осуществляет отбор информации с учетом преимущества и ценности новых «порций» информации для целевой функции системы, для ее целостности.

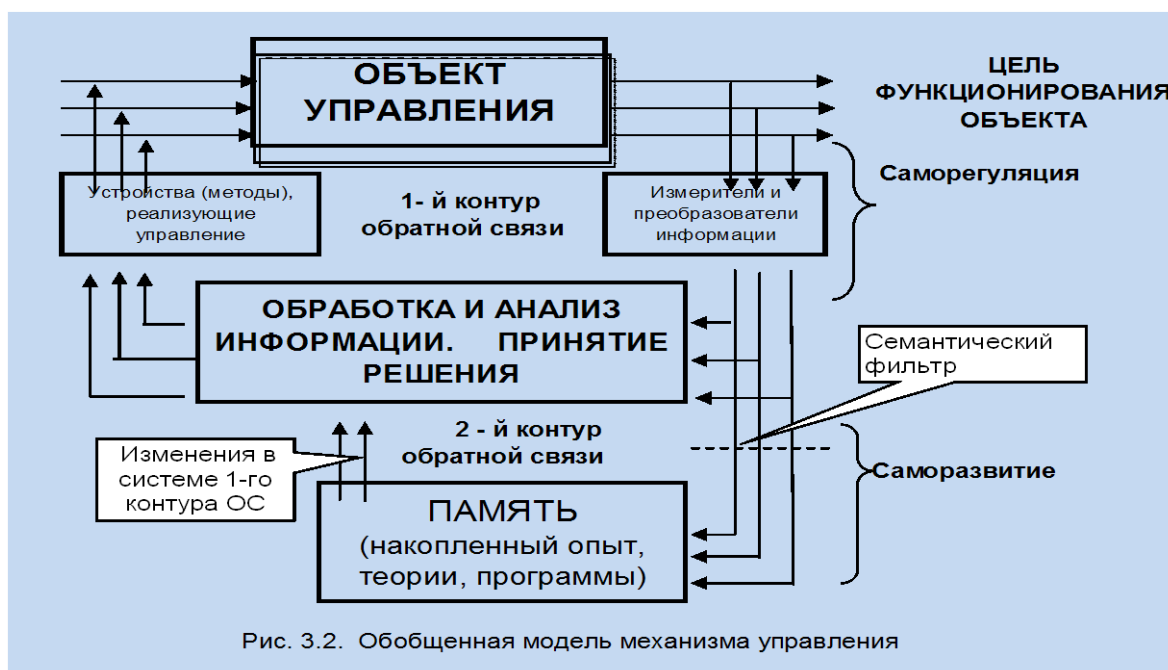


Рис. 3.2. Обобщенная модель механизма управления

Число таких порций информации от цикла к циклу непрерывно растет, и они начинают складываться («оседать», кристаллизоваться) в определенную структуру (гипотезы, теории, программы, изобретения и т.п.). Вот такие структуры и являются «точками роста» искомого феномена «развитие». Именно целенаправленное собирание, интегрирование информации на основе отражения является предпосылкой, основным условием появления новой организации, новой структуры.

Любого типа упорядоченность возникает в результате какого-то воздействия окружающей среды на систему, которая, приспосабливаясь к изменяющимся условиям, накапливает полезную для себя информацию, повышает уровень своей организации. По существу, как считают биологи, вся содержащаяся в организме структурная информация вводится окружающей средой и ее изменение (саморазвитие) обусловлено в основном длительным влиянием среды.

Если принять за Бриллюэном, что структуру можно рассматривать как связанную, внутреннюю информацию, то происходящая во 2-ом контуре обратной связи структуризация и есть процесс возникновения новой (структурной) информации в результате циркуляции в организме оперативной информации. Это - созидание нового в самом процессе взаимодействия системы со средой в результате избирательного отражения и отбора информации об этом взаимодействии и есть процесс **саморазвития**.

3.2 Модель механизма управления и эволюция живой природы.

Обоснованная выше двухконтурная структура (см. рис. 3.2) названа обобщенной моделью механизма управления потому, что она задана на уровне его наиболее существенных признаков. Она, во-первых, едина для всех сфер, охватываемых кибернетикой, и, во-вторых, раскрывает системоорганизующую, «негэнтропийную» функцию управления во всех этих сферах.

Становление замкнутого контура саморегуляции создало благоприятные условия для дальнейшего прогресса живой субстанции, ибо гомеостазис обеспечил возможность многократных отражений воздействия среды, возможность сохранения и накопления полезных следов этих воздействий в структуре живого и, как следствие, постепенных изменений этой структуры. Здесь определяющее значение имела многократная повторяемость циклов воздействие - отражение, обусловленная пространственно - временным континуумом мира. Действительно, элементарный акт выбора еще не вносит организации. Единичное воздействие на клетку, единичный цикл отражения не могли привести к фиксации полезных признаков и направленным изменениям в структуре клеток. Организацию мог внести только *процесс* как серия актов, т. е. длительное чередование воздействий. Исследования, проведенные П. К. Анохиным, показали, что пространственно-временная структура внешнего макромира через непрерывно повторяющийся ряд воздействий трансформировалась в химический континуум молекулярного микромира живых существ, способствовала превращению химических структур в структуры функциональные.

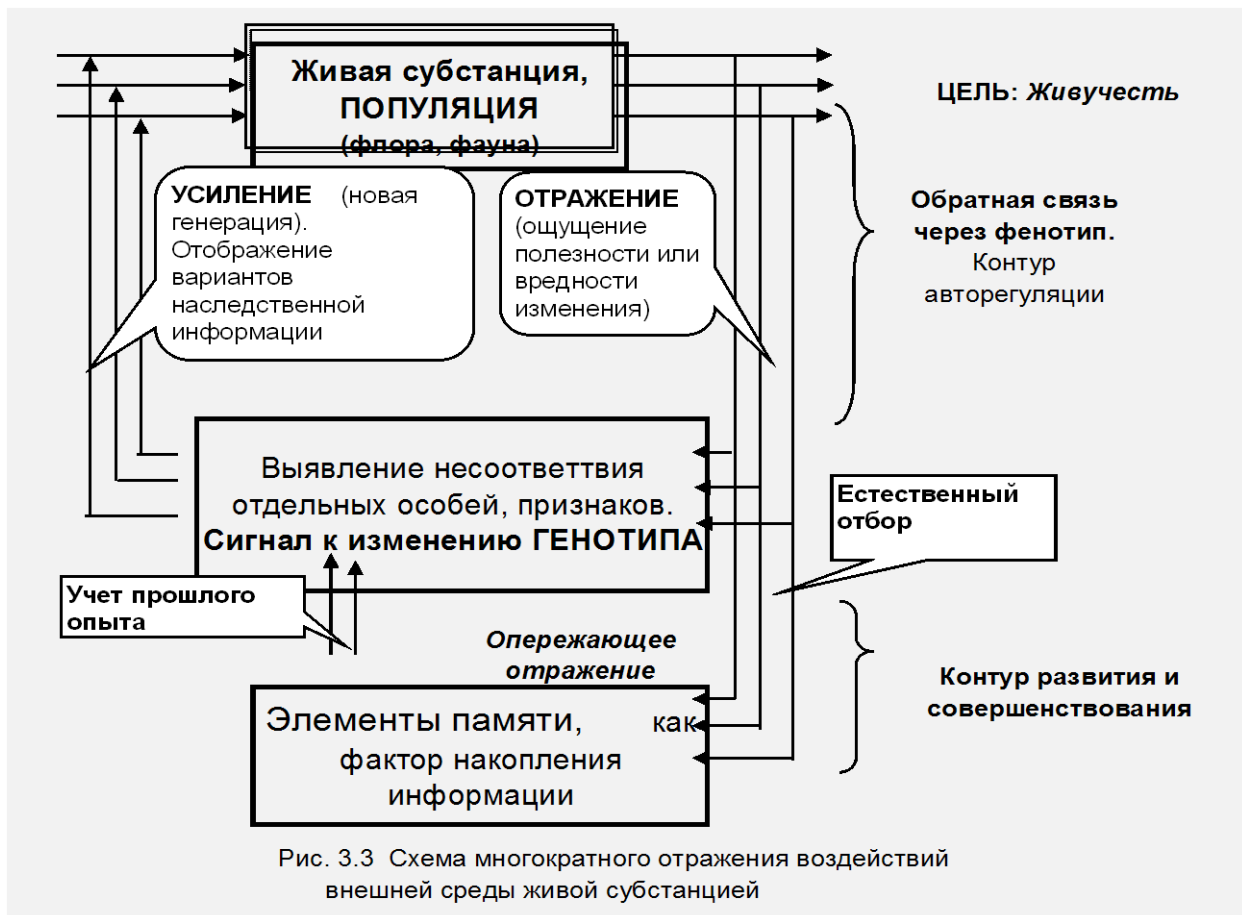


Рис. 3.3 Схема многократного отражения воздействий внешней среды живой субстанцией

На рис. 3.3 показаны в синтезированном виде результаты работ П. К. Анохина, И. И. Шмальгаузена [14, 15] и их интерпретация в рамках концепции о двухконтурной структуре механизма управления, предложенная Р.Ф. Абдеевым [16].

1-й контур — это контур «оперативной информации», или авторегуляции, как контур реакции живой субстанции на каждый единичный акт воздействия с целью сохранения устойчивости в данный момент;

2-й контур — это контур «структурной информации» как контур отбора и запоминания множества «полезных следов» воздействия, контур накопления разнообразия, его формирования в определенную структуру (иначе говоря, контур развития и совершенствования организации).

Возрастание уровня организации живой субстанции повышает ее отражательную способность и приводит к возникновению опережающего отражения. «Благодаря этому протоплазма приобрела способность, — писал П. К. Анохин, — развитием своих молекулярных процессов опережать во времени и пространстве закономерное течение последовательности внешнего мира» [14]. Опережающее отражение как приспособительная реакция и как элемент организации появилось благодаря запоминанию реакций на прошлые воздействия внешнего мира («прошлого опыта») в генетическом коде с возможностью использования этой информации в процессе текущей (и будущей) жизнедеятельности.

В биологии было известно, что куколки некоторых насекомых остаются зимой на открытом воздухе и не погибают, хотя в протоплазме их клеток содержится вода. Анализы показали появление глицерина в протоплазме зимних куколок.

Выяснилось, что с первых осенних холодов в протоплазме клеток образуется глицерин, снижающий температуру ее замерзания и тем самым предохраняющий куколку от гибели. Была выдвинута гипотеза о том, что многократное воздействие внешней среды (низкая температура) отражается в протоплазме клеток реакцией, которая способствует определенному (приспособительному) изменению структуры клетки.

Под влиянием физических, химических и других воздействий внешней среды на микроуровне живого возникают мутации (случайные сдвиги), являющиеся одной из причин изменчивости в биологии. Мутации редки, чаще всего неудачны, но именно из них (из «удачных») возникают новые победы, которые закрепляются естественным отбором — решающим фактором эволюции (см. рис. 3.3). Естественный отбор выступает как «механизм, ответственный в конечном итоге за усложнение и совершенствование самого хранилища наследственной информации» [15].

Механизм эволюции живой природы, его структура, как видим, также состоит из двух контуров обратной информационной связи. Принцип ОС составляет сущность всех биотических процессов, и эволюционного в частности. Именно в результате действия механизма обратной связи выделяются и закрепляются полезные мутации, а на уровне организмов выделяются и закрепляются индивиды, поведение которых наилучшим образом обеспечивает их стабильность (выживаемость) при изменении внешних условий.

Следует подчеркнуть специфику внешнего воздействия в механизме эволюции живой природы на нашей планете, его *цикличность*. Пространственно-временной континуум мира, в течение миллионов лет с годичной и суточной цикличностью изменяя параметры среды (температуру, давление, освещенность, влажность и т.д.), выступает как мощный и стабильный *генератор воздействий*. В результате в ходе эволюции, по существу, выжили только те виды, в основе функционирования которых была заложена цикличность.

Из сказанного можно заключить, что многократное воздействие внешней среды в сочетании с естественным отбором (фактором не циклическим, но тоже «подключенным» к механизмам отражения, обратной связи) способствовало формированию механизма управления, объединившего в себе две важнейшие для жизнедеятельности взаимосвязанные функции — саморегуляцию (1-й контур ОС) и саморазвитие (2-й контур ОС).

Процесс эволюции мог осуществиться только в том случае, если наряду и вместе с эволюцией живых организмов имела место эволюция самих механизмов, обеспечивающих процесс эволюции, механизмов, формирующихся на уровне информационно-структурных отношений, что и подтверждается генезисом механизма управления (см. рис 3.1).

Следовательно, механизм управления не придуман людьми, а сформировался в процессе эволюции живой природы. Человек познает его и использует в своих целях. Раскрыв на рубеже второй половины XX века общность механизма управления, его научные основы и создав специальные технические средства для интенсификации информационных процессов в контуре управления (скоростные системы передачи данных, ЭВМ, дисплеи и т.п.), человек осуществляет оптимизацию управления в конкретных областях своей деятельности. Человек и сам в процессах трудовой деятельности и повседневной жизни непрерывно накапливает опыт на основе ежедневно получаемой разнообразной информации. Он постоянно приобретает что-то в результате предыдущих событий, проб, ошибок и удач, их оценки и отбора. Поэтому он изменяется то в одном, то в другом отношении и постоянно развивается в социальном плане. Это формирует тезаурус, питает интуицию человека и дает ему возможность ориентироваться в сложной обстановке, принимать нужные решения и при непредвиденных ситуациях, что пока недоступно автоматам, «искусственному интеллекту»

В мировоззренческом плане интересно отметить, что цикличность процессов управления перекликается с квантовыми концепциями в физике. Действительно, каждый информационно-управленческий цикл в 1-ом контуре (см. рис. 3.2) — это квант регулирования, т. е. элементарный, законченный акт регулирования. Совокупность таких актов обеспечивает устойчивость объекта. А каждый цикл во 2-ом контуре (формулировка из крупинок информации, опыта новой теоретической концепции и использование последней при принятии очередного решения), как элементарный акт внедрения нового, — это квант развития. Из таких квантов складывается процесс саморазвития.

Концепция о двухконтурной структуре механизма управления основана на анализе и обобщении трудов многих ученых естествоиспытателей. В частности, И. И. Шмальгаузен различал и стабилизирующую форму, и движущую форму «естественного отбора, ведущего к прогрессивным изменениям» [17]

«Устойчивость и научение — две формы коммуникативного поведения. Живые организмы, в частности высшие виды живых организмов, способны изменять формы своего поведения на основе прошлого опыта», — писал Н. Винер, имея в виду достижение специфических антиэнтропийных целей [3]

Подытоживая все сказанное, можно сформулировать следующее определение механизма управления: «Механизм управления есть закономерно возникшая в процессе эволюции специфически организованная форма движения материи, заключающаяся в целенаправленном многоциклическом преобразовании информации в двух взаимосвязанных, замкнутых обратными связями (ОС) контурах и функционально реализующая как сохранение устойчивости управляемого объекта (1-й контур ОС), так и развитие, дальнейшее повышение уровня его организации (или создание новых структур) путем отбора и накопления информации во 2-ом контуре ОС» [18].

3.3 Сходство процессов управления и познания

Исследуя общие принципы организации в разных сферах, А. А. Богданов еще в первой четверти прошлого столетия обнаружил «относительную бедность» организационных форм материи при фантастическом разнообразии явлений и процессов материального мира [2]. Позже кибернетика научно обосновала единство процессов управления и связи в живой природе, технике, обществе и мышлении,

подтвердила многие идеи выдающегося отечественного естествоиспытателя, не оцененного современниками.

В мировоззренческом плане представляет интерес рассмотрение сходства процессов управления и познания. В основе данных процессов — активное отражение и цикличность. В их структуре по два контура ОС.

Процесс познания схематично изображен на рис. 3.4. 1-й контур ОС — многократные циклы испытаний, наблюдений, сбора информации, т. е. это область эмпирического знания, содержание которого черпается непосредственно из опыта. 2-й контур — отбор и обобщение информации, попытки выявить очередную относительную истину. Здесь может возникнуть научная гипотеза. Если она подтвердится при очередном эксперименте, то может стать основой новой теории, закрепиться в формулах, теоремах. Это уже теоретическая область. Другими словами, в 1-ом контуре ОС воспринимается явление, а во 2-ом познается его сущность, причем постижение сущности углубляется в ходе осуществления все более целенаправленного воздействия на объект, все более тонких экспериментов.

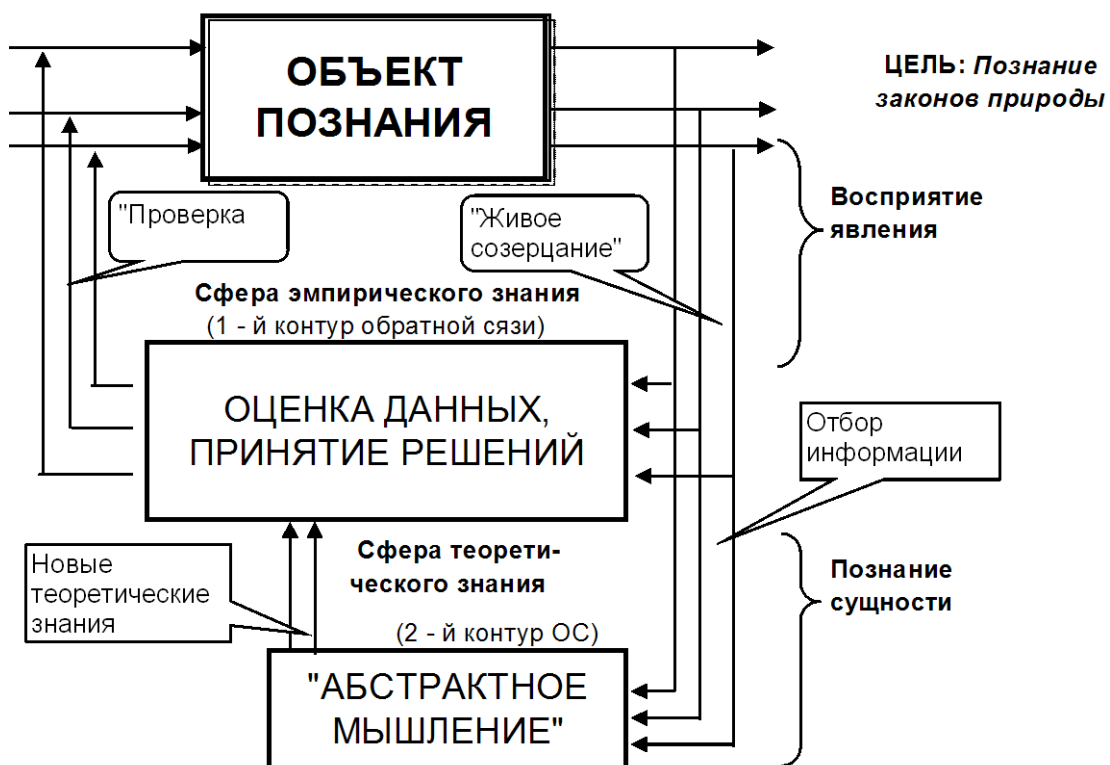


Рис. 3.4 Двухконтурная структура диалектического процесса познания

Схема диалектического пути познания раскрывает суть информационного взаимодействия активного познающего субъекта и исследуемого объекта в плане «основного вопроса философии», отражая механизм движения познания от относительной истины к абсолютной. Каждый текущий результат оценивается на фоне всевозрастающего уровня знаний. Это и есть диалектический путь, логика познания, которое и есть «вечное, бесконечное приближение мышления к объекту», к все большему соответствию наших представлений объективной природе вещей.

Выявление функционально-структурного сходства процессов эволюции живой природы и процесса познания приводит к следующему тезису: говоря о Диалектической Логике, следует иметь в виду не только теорию познания (к этому мнению склоняются многие философы). В самих процессах развития природы и общества имеют место четко выраженные логические закономерности, и подлинная диалектическая логика лишь как отражение этого существует в субъективной диалектике, в теории познания.

3.4 Заключительные замечания

Повседневная практика показывает, что процессы развития в человеческом обществе складываются из великого множества контуров управления и (или) самоуправления. Каждый такой контур (будь то управление транспортным средством, заводом или руководство народными массами в социальной борьбе) представляет собой целенаправленный информационно-управленческий процесс, состоящий из управляемого объекта и управляющего субъекта (управляющего звена), замкнутых прямой и обратной информационными связями. Каковы бы ни были отличия в частностях (многоуровневость, специфика конкретных областей деятельности и т.п.), структура этого механизма едина и может быть представлена в виде обобщенной (до мировоззренческого уровня) модели, изображенной на рис 3.2.

Анализ понятия «отклонение» показывает, что в самом факте движения материи заключены истоки ее активности и саморазвития, предпосылки возникновения феномена управления. Анализ исторического развития механизма управления, его генезис показывают, что в объективной противоречивости движения выявляются тенденции к логическому упорядочиванию связей во взаимодействиях, определению функций и структур. Этапными моментами здесь явились образование в ходе эволюции замкнутых контуров **саморегуляции** (гомеостаза) и контура накопления информации (**саморазвития**).

На уровне человека механизм управления становится высокоорганизованной формой движения материи – основы процессов жизнедеятельности, познания природы и созидания ноосферы. Более того, есть все основания утверждать, что механизм управления с его функциональными звеньями и связями лежит в основе структур всех функциональных систем – живых организмов, технических систем, общественных (социальных) институтов. Всюду, во всех этих системах имеются чувствительные элементы (датчики) для замера отклонения; средства восприятия, оценки и обработки информации, каналы связи, исполнительные органы. Обобщенная модель управления показывает, что структура функциональной системы характеризуется таким расположением элементов, такой «системной организацией», которая обеспечивает достижение цели, стоящей перед этой системой.

На основе рассмотрения генезиса механизма управления, его системоорганизующей роли в прогрессивной эволюции материи, в возникновении биологической, а затем и социальной форм движения, в создании все новых объектов ноосферы, в появлении законов природы и, наконец, на основе его общности в [16] предлагается сформулировать следующее утверждение: «Механизм управления, возникший и развившийся в ходе эволюции как процесс усложняющегося упорядочения связей во взаимодействиях, как процесс становления саморегуляции и саморазвития, обусловивших прогрессивную линию развития материи, с появлением «мыслящей материи» (сознания) и целенаправленной человеческой деятельности становится высшей формой движения материи, лежащей в основе познания, сохранения и разумного преобразования окружающего мира».

Сходство структур обобщенной модели управления и механизма эволюции живой природы и их сопоставительный анализ подтверждают тезис о том, что этапы становления (генезис) механизма управления являются отражением и, одновременно результатом *эволюции* живой природы. Другая крайне интересная проблема – структурное сходство обобщенной модели управления и процессов познания.

Системное исследование исторического процесса возникновения и усложняющегося упорядочения связей во взаимодействиях выявляет, таким образом, значение понятий *цели, информации и управления* в диалектике объективного мира, способствуя раскрытию самого механизма **самоорганизации** материи. Именно становление функциональных систем, процессов **саморегуляции** в живой природе и формирование современного образа человеческой деятельности ознаменовали восхождение материи на следующие уровни развития, составив содержание биологической и социальной форм движения.

Практическое применение рассмотренных положений крайне важно для нашей страны, так как существовавшая ранее командно-административная система управления продемонстрировала свою полную несостоятельность. Эта система, декларируя «научное управление», на деле привела нашу страну к неэффективной, несооорганизуемой экономике. У людей, лишенных собственных средств труда, возможности себя обеспечивать и управлять своей судьбой, оставались лишь потребительский интерес и долг трудиться на благо общества (да еще при уравнительной оплате).

Без свободы и материального интереса к труду, без конкуренции и рынка невозможно и самообучение управлению. Это достаточно печальный результат действия административно-командной системы, в которой, к тому же, управленческий аппарат разбухает по закону Паркинсона. В странах СНГ в настоящее время насчитывается более 30 миллионов чиновников разного уровня, компетентность которых в вопросах управления не отвечает современным требованиям.

Современная концепция управления гласит, что любая организация должна рассматриваться, прежде всего, как «открытая система и главные предпосылки успеха ее деятельности отыскиваются не только внутри, а в большей степени во вне. Успех деятельности связывается с тем, насколько удачно организация (фирма, предприятие) приспосабливается к своему внешнему окружению (экономическому, научно-техническому, социально-политическому и т.п.). Вся внутренняя структура управления предприятием (фирмой, организацией) есть не что иное, как ответ на различные по своей природе воздействия со стороны внешней среды, включая технологию производства и качество человеческих ресурсов. Предприятие, по мере усложнения условий конкуренции, вынуждено, прежде всего, заботиться о гибкости и адаптивности своих внутренних управленческих структур. В этих условиях возрастают роль компетентного руководителя и значение человеческого потенциала организаций.

Важная черта «новой парадигмы» управления – это концепция предприятия (организации) как социальной системы. Не только характер стратегий деятельности, но и стиль руководства, уровень квалификации и мотивации людей, их социальная защищенность должны **постоянно исследоваться и анализироваться в целях совершенствования механизмов и систем управления.**

3.5 Вопросы для самопроверки:

1. *Основные этапы становления механизма управления.*
2. *Понятия «отклонение» и «гомеостазис», их значение для понимания назначения 1-го контура обратной связи.*
3. *Роль 2-го контура обратной связи в системах управления. Назначение семантического фильтра.*
4. *Универсальность явлений самоорганизации.*
5. *Двухконтурная схема и эволюция живой природы.*
6. *Интерпретация информационных связей в двухконтурной схеме эволюции живой природы.*
7. *Сходство процессов управления и познания.*
8. *Интерпретация информационных связей в двухконтурной схеме процесса познания.*

4 УПРАВЛЯЕМЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ СВОЙСТВА

Целью данной главы является рассмотрение структуры управляемых систем и их основных особенностей. При рассмотрении управляемых систем использованы основные положения общей теории систем и кибернетики. Основной упор сделан на рассмотрение так называемых организационных систем, которые являются основным предметом рассмотрения в данном курсе. Подробно рассмотрены свойства этих систем.

4.1 Управляемые системы.

Управляемые системы мы будем рассматривать в терминологии кибернетики Винера или, как говорят, в терминологии кибернетических систем. Мы уже говорили, что в настоящее время **кибернетикой** принято называть учение об общих закономерностях процессов управления и связи в организованных системах, к числу которых относятся машины, живые организмы и их объединения (общества).

Как обещали, вернемся к появлению термина кибернетика. Само слово «**кибернетика**» происходит от древнегреческого «кибернетис», что означает управляющий, кормчий, рулевой. Впервые оно было использовано древнегреческим философом Платоном (427 – 347 гг. до н.э.) для определения науки административного управления провинциями. В 1840г. французский физик Ампер, классифицируя и систематизируя науки, предложил кибернетикой назвать науку об управлении государством. При этом он не только обозначил необходимое место для кибернетики в ряду других наук, но и подчеркнул основные её системные особенности: *«Беспрестанно правительству приходится выбирать среди различных мер ту, которая более всего пригодна к достижению цели. Лишь благодаря углубленному и сравнительному изучению различных элементов, доставляемых ему для этого выбора, знанием всего того, что касается управляемого им народа, - характера, воззрений, истории, религии, средств существования и процветания, организаций и законов, - может оно составить себе общие правила поведения, руководящие им в каждом конкретном случае. Эту науку я называю кибернетикой от слова «Κίβερνητική», обозначавшего вначале, в узком смысле, искусство управления кораблем, а затем постепенно получившего у самих греков гораздо более широкое значение - искусства управления вообще».* Ампер только еще пришел к выводу о необходимости кибернетики, а Трентовский Б., польский философ-гегельянец, уже читал во Фрейбургском университете курс лекций, содержание которого опубликовал на польском языке в 1843г. Его книга называлась «Отношение философии к кибернетике как искусству управления народом». Трентовский Б. ставил целью построение научных основ практической деятельности руководителя («кибернета»): *«Применение искусства управления без сколько-нибудь серьезного изучения соответствующей теории подобно врачеванию без сколько-нибудь глубокого понимания медицинской науки».* Он подчеркивал, что действительно эффективное управление должно учитывать все важнейшие внешние и внутренние факторы, влияющие на объект управления: *«При одной и той же*

политической идеологии кибернет должен управлять различно в Австрии, России или Пруссии. Точно так же и в одной стране он должен управлять завтра иначе, чем вчера». Несомненно, Трентовскому удалось значительно продвинуться в понимании необходимости алгоритмизации человеческой деятельности в осознании системности человеческих коллективов, групп, формальных и неформальных образований, в понимании сложности управления людьми. Здесь уместно привести следующую оценку работы Трентовского, данную Н.Н. Моисеевым: «Я думаю, что его книга одно из удачных изложений методологических принципов управления в домарксистский период. Это веха, показывающая становление кибернетики как общей науки об управлении, о каркасе, как говорил Б.Трентовский, через который отдельные науки могут соединиться и взаимодействовать для достижения общих целей».

В современном понимании **кибернетика** как общая теория управления возникла в 1948 году, когда вышла в свет книга американского учёного Норберта Винера «Кибернетика или управление и связь в животном и машине». Н.Винер в своей книге первоначально определил кибернетику как науку об управлении и связи в животном и машине. Позднее, когда им были написаны книги «Кибернетика и общество», «Творец и робот», это определение было распространено на управление в любых системах: технических, биологических и социальных. Не отрицая глубоких, качественных различий между системами, кибернетика, подобно математике, ищет общие методы исследования.

Управление в организованных системах рассматривается, прежде всего, как процесс преобразования информации (смотри рис. 4.1): информация об объекте управления воспринимается управляющей системой, перерабатывается в соответствии с той или иной целью управления и в виде управляющих воздействий передаётся на объект управления. Поэтому понятие **информации** принадлежит к числу наиболее фундаментальных понятий кибернетики.

В основе кибернетики лежит идея о возможности общего подхода к изучению процессов управления в системах различной природы. Сила данной идеи заключается в том, что оказалось возможным, кроме общих рассуждений методологического характера, предложить мощный математический аппарат для количественного и качественного описания процессов управления, а также использовать электронно-вычислительную технику для решения этих сложных задач. Таким общим подходом и является введение в кибернетику кардинального понятия **информации**.

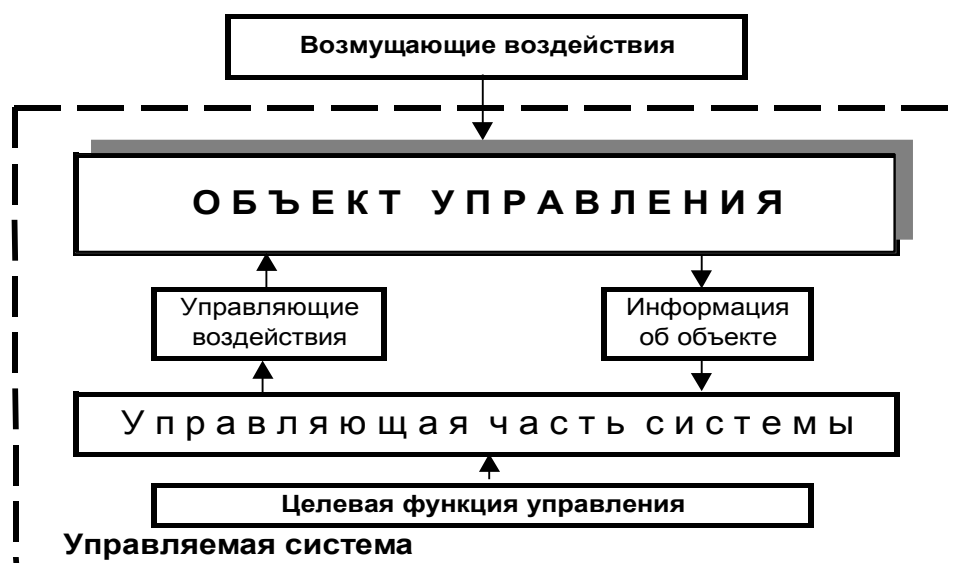


Рис. 4.1 Управление как процесс преобразования информации

В самом деле, вне зависимости от того, с какими объектами связаны процессы управления, они всегда протекают следующим образом. Некоторые чувствительные органы (например, органы чувств человека или измерительные приборы) **воспринимают информацию** о состоянии управляемого объекта.

Эта первичная информация **передается** по тем или иным каналам связи (нервная система человека, электропровода, телефонные и телеграфные линии и т.п.) к органу, задача которого состоит в том, чтобы принять решение на основе полученной информации или, другими словами, **переработать** информацию (человеческий мозг, управляющая вычислительная машина и т.д.).

Затем переработанная информация в виде сигнала управления используется для того, чтобы осуществить требуемое воздействие на управляемый объект. Следовательно, процессы управления связаны с получением, передачей, переработкой и использованием информации.

Вот почему можно дать развернутое определение **кибернетики** как отрасли знаний, занимающейся установлением общих принципов и законов управления объектами различной природы (живой организм, машина, общество и пр.) для достижения ими заданных целей на основе получения, передачи, переработки и использования информации.

Процессы получения информации, её хранения и передачи называются в кибернетике **связью**. Переработка воспринятой информации в сигналы, направляющие деятельность машин и организмов, называется **управлением**. Если машина или организм способны воспринимать и использовать информацию о результатах своей деятельности, то говорят, что они обладают **обратной связью**. Переработка информации, идущей по каналам обратной связи, в сигналы, корректирующие деятельность машин или организма, называется **контролем (регулированием)**.

С появлением понятия информации классическое представление о мире (материя плюс энергия) должно уступить место другому представлению о мире, состоящим из энергии, материи и информации.

Информационный подход к процессам управления - первая особенность кибернетики.

Вторая особенность заключается в том, что с развитием кибернетики возросло значение **дискретной** формы представления информации.

Роль и значение дискретной формы представления информации обусловлены тремя основными причинами. Во-первых, современные ЭВМ оперируют с дискретной информацией. Во-вторых, изучение сложных систем, в первую очередь биологических и социальных, часто требует рассмотрения величин качественного характера, которые нельзя в обычном смысле измерить и выразить числом. Так, врачи различают три (а с градациями - пять) степени атеросклероза. А как выразить числом, скажем отношение того или иного (индивидуального) зрителя к пьесе или фильму? Подобные качественные характеристики прекрасно описываются дискретными сигналами в тех или иных абстрактных алфавитах (например, оценками по 5-ти бальной системе). Третья причина увеличения роли дискретной информации заключается в её универсальности. Действительно, всякая непрерывная информация, после её измерения с той или иной степенью точности, выражается конечной последовательностью цифр (с запятой или без), т.е. в дискретном виде.

Теория кодирования, раздел кибернетики, изучает формы представления информации в тех или иных алфавитах. Простой, но очень важный результат здесь заключается в возможности представления произвольной информации в любом алфавите, содержащем не менее двух букв. Таким образом, минимальным алфавитом, в котором можно записать дискретную информацию, служит двухбуквенный двоичный алфавит. Например, кодирование обычных букв и цифр двоичным алфавитом не что иное, как известный телеграфный код (азбука Морзе). Сигнал в двоичном алфавите - минимальная единица информации, своеобразный информационный атом, называемый **битом**.

Теория алгоритмов - аппарат описания преобразований дискретной информации. Под алгоритмом понимают любую конечную систему правил, позволяющую преобразовать выражения (последовательности слов) в каком-либо (абстрактном) алфавите в новые выражения в том же или другом алфавите. Указанные правила могут быть любой природы. Например, названия алгоритма заслуживает инструкция по составлению годового отчёта при условии, что она разработана настолько детально, что человеку, изучившему её, требуются только исходные данные.

Обычная словесная формулировка алгоритмов несовершенна ввиду присущей человеческим языкам неоднозначности. В результате одни и те же формулировки понимаются по-разному. Для точной, не допускающей никаких разночтений формулировки алгоритмов служат **алгоритмические языки**. При использовании алгоритмического языка для записи конкретного алгоритма получается программа для ЭВМ на данном алгоритмическом языке.

Третья особенность кибернетики - **метод кибернетических моделей**. Широкое использование дискретных форм представления информации позволило резко расширить класс изучаемых систем и успешно исследовать не только строгие количественные, но и приближительные (качественные) взаимозависимости между элементами сложной системы благодаря введению принципиально нового метода научного анализа систем - **математического моделирования**.

До появления математического моделирования в распоряжении исследователей было фактически лишь два принципиально различных метода: экспериментальный и теоретический (аналитический). В первом случае эксперименты производились либо с самой системой, либо с её физической, реальной моделью. Во втором - требовалось решать, как правило, аналитически, уравнения, описывающие всю систему.

Математическое моделирование занимает промежуточное положение: нет необходимости строить реальную физическую модель системы, её заменяет математическая модель, которая может быть записана далее на алгоритмическом языке. Это позволяет не решать сложные математические задачи, а моделировать поведение системы с помощью машинной программы (программы для ЭВМ, представленной на алгоритмическом языке). Такой подход позволяет получить целостное впечатление о сложных системах, отдельные части которых изучаются различными людьми или науками. Так, человеческий организм, отдельные его части (системы кровообращения, пищеварения, нервная система, железы внутренней секреции и т.п.), хотя и тесно связаны между собой, исследуются разными специалистами.

Науки, изучающие тот или иной конкретный класс систем (физиология нервной системы, экономика и др.), в результате глубокого проникновения в природу систем и составляющих их элементов создают основу для построения математических моделей этих систем. Кибернетика даёт методы и средства для точного описания и изучения моделей, позволяющих получить целостное впечатление об их поведении.

Использование ЭВМ и методов моделирования обеспечивает кибернетике массу приложений в самых различных науках. Кибернетические методы исследований привели к превращению ряда описательных наук в точные науки. Большое значение приобретает метод математического моделирования в экономической науке.

В вероятностном, статистическом подходе к процессам управления состоит четвертая особенность кибернетики. Указанная концепция во многом взята из статистической физики. Известно, что поведение газа в сосуде определяется случайным движением отдельных молекул. Аналогично при управлении, скажем, телефонным узлом считается, что вызовы на телефонные станции - случайные события во времени, так как каждый вызов связан с большим числом факторов, учесть которые не представляется возможным. Однако, найдя статистические характеристики случайных вызовов с помощью кибернетической модели массового обслуживания, удаётся сформулировать оптимальные законы управления телефонной сетью.

В кибернетике принято, что любой процесс управления подвержен случайным возмущающим воздействиям, это в одинаковой мере относится к системе управления производством и любой технической системе. В первом случае на производственный процесс оказывает влияние большое количество факторов (состояние оборудования, качество материала, своевременность доставки комплектующих изделий и пр.), учесть которые детерминированным образом невозможно. Поэтому считается, что на производственный процесс воздействуют случайные сигналы. В силу этого планирование работы предприятия может быть только вероятностным, и обсуждать выполнение плана к определённому сроку следует с какой-то вероятностью. То есть учет стохастичности экономической системы означает признание принципиальной невозможности предвидения каждого из отклонений в отдельности, но предполагает возможность с той или иной степенью оценить их вероятность.

Пятая особенность кибернетики вытекает из факта существования универсальных алгоритмических языков, которые обеспечили построение **универсальных преобразователей информации**, т.е. современных электронных вычислительных машин (ЭВМ).

ЭВМ открывают неограниченные возможности автоматизации сложных процессов умственной деятельности человека. Они стали основой создания сложных автоматизированных информационно-аналитических и информационно-управляющих систем, важнейшим практическим средством и орудием исследования в кибернетике. При этом нет необходимости разрабатывать новые технические средства, реализующие те или иные алгоритмы управления для нового процесса. Достаточно познать и точно описать законы, которые управляют рассматриваемым процессом, и запрограммировать их на каком-либо из универсальных алгоритмических языков, понятных современной ЭВМ.

С кибернетикой Винера связаны такие продвижения в развитии системных представлений как:

- типизация моделей систем;
- выявление особого значения обратных связей в системе;
- подчеркивание принципа оптимальности в управлении и синтезе систем;
- осознание информации как всеобщего свойства материи и возможности ее количественного описания;
- развитие методологии моделирования вообще и в особенности идеи математического эксперимента с помощью ЭВМ.

Все это, без преувеличения, сыграло революционную роль в развитии общественного сознания, человеческой практики и культуры, подготовило почву для того невиданного ранее размаха компьютеризации, которая происходит на наших глазах в настоящее время.

Однако необходимо воздержаться от преувеличенных оценок результатов применения винеровской кибернетики. Простое сравнение идей Винера с более ранними подходами (например, Трентовского) показывает, что кибернетика не смогла прийти до рассмотрения действительно сложных систем, что винеровской кибернетике свойственен определенный техницизм. В рассмотрении информационных процессов качественная сторона информации принесена в жертву количественной; принцип оптимальности реализуется только в полностью формализованных задачах; при моделировании интеллекта учитывается только логическая компонента мышления. Это действительно так, но все же стремление некоторых специалистов по информатике отмежеваться от винеровской кибернетики выглядит как свехреакция на ее недостатки. Справедливее рассматривать кибернетику Винера как важный этап в развитии системных представлений, давший ценные идеи и результаты, этап на котором встретились существенные трудности и обнаружались некоторые недостатки самой теории.

4.2 Особенности управляемых систем.

Одна из характерных особенностей управляемой кибернетической системы - способность изменять свое **движение**, переходить в разные состояния под влиянием различных управляющих воздействий. Всегда существует некоторое множество движений, из которых производится выбор предпочтительного движения. Где нет выбора, там нет и не может быть управления.

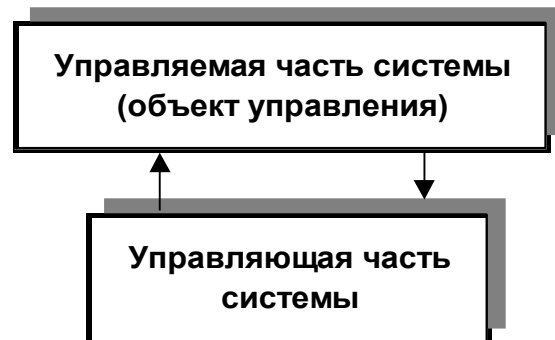
Таким образом, управляемые системы рассматриваются не в статическом состоянии, а в движении и развитии, что коренным образом изменяет подход к их изучению и в ряде случаев позволяет вскрыть закономерности, установить факты, которые иначе оказались бы не выявленными. Устойчивость как функциональное свойство управляемых систем, имеющее решающее значение для оценки работоспособности систем, было бы невозможным без уяснения динамики происходящих в них процессов.

Как уже отмечалось, управляемая система постоянно находится в движении, ей присущ динамический характер. Термин "движение" хорошо известен из механики, где он означает изменение положения какого-либо объекта в пространстве с течением времени. В кибернетике движение имеет более общий смысл, а именно: всякое изменение объекта во времени. Движением называется, например, изменение температуры тела, заряда конденсатора, объёма или давления газа, суммы текущего счёта в банке, запасов сырья на складе, наконец, жизнь и мышление.

Все объекты, явления и процессы в природе **взаимосвязаны** и влияют друг на друга, поэтому, выделяя какой-либо объект, необходимо учесть влияние среды на объект и объекта на среду. Следовательно, изучение поведения любой управляемой системы производится с учетом ее связей со средой.

В управляемых системах всегда присутствует орган, осуществляющий функции управления. В этом случае систему можно схематически представить в виде совокупности **управляющей** и **управляемой** частей (смотри рис.4.2). На рисунке стрелками указаны направления воздействий, которыми обмениваются части системы.

Рис. 4.2 Простейшая структура управляемой системы



Заметим, что указанные простейшие управляемые системы никогда не являются изолированными. Они взаимодействуют с внешней средой, друг с другом, могут составлять более сложные системы, входящие в качестве элементов в управляемые и управляющие части сложных систем и образующие иерархию управляемых систем. Принцип иерархичности управления - это принцип многоступенчатого построения управляющих систем, при котором функции управления распределяются между соподчинёнными частями системы. Управляющие сигналы устройств старшего ранга носят обобщённый характер и конкретизируются в подчинённых устройствах.

Движение системы, изменение её состояния могут происходить под влиянием как внешних воздействий, так и в результате процессов, происходящих внутри системы.

На каждую систему, строго говоря, оказывает влияние бесчисленное множество внешних воздействий, но далеко не все они существенны. Из множества воздействий отбирают лишь те, которые в условиях решаемой задачи существенно влияют на состояние системы. Эти внешние воздействия называют **входными** величинами (входными воздействиями, входными переменными системы), а элементы системы, к которым приложены входные воздействия - входами системы.

Так, на движение самолета существенно влияют следующие факторы: сила и направление ветра, плотность атмосферы, положение рулей, тяговые усилия двигателей. Все они рассматриваются как входные воздействия на самолет.

Для решения задач управления выделяют два типа входных величин: **управляющие** воздействия **X** и **возмущающие** воздействия **M** (рис.4.3). К управляющим относятся такие величины, значениями которых можно распоряжаться при управлении системой и которые можно изменять с целью осуществления движения, предпочтительного по сравнению с другими возможными движениями управляемой системы. В приведенном примере управляющими воздействиями являются воздействия, создаваемые рулевыми плоскостями, и тяговые усилия двигателей, которые пилот изменяет по своему усмотрению. Возмущающие воздействия - влияние ветра и плотности атмосферы на движение самолета.

Воздействие системы на окружающую среду характеризуется значениями ее **выходных** величин **Y** (см. рис. 4.3). Совокупность выходных величин и их изменения определяют поведение системы, позволяют руководителю оценивать соответствие движения системы целям управления. При управлении движением самолета выходными величинами служат курс и скорость движения, поскольку значения этих величин характеризуют цель управления, которая состоит в том, чтобы обеспечить прибытие самолета в заданное место и время.

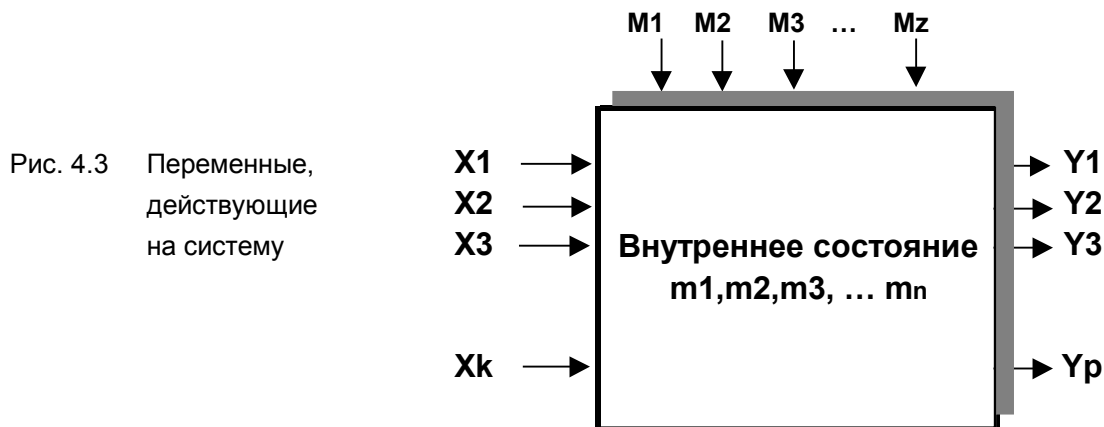


Рис. 4.3 Переменные, действующие на систему

Изменение входных величин, как правило, вызывает изменение выходных величин. При этом изменения последних не всегда проявляются сразу: они могут запаздывать, но никогда не опережают изменения входных величин, которые - следствие, а входные - причина движения системы.

Возмущающие воздействия, влияющие на движение системы, могут иметь не только внешнее, но и внутреннее происхождение, например, изменение свойств элементов системы после длительной работы или в результате нарушения нормального функционирования элементов системы.

Состояние любой системы с заданной точностью можно охарактеризовать совокупностью значений величин **m**, определяющих ее поведение, т.е. **переменными состояниями** систем.

Эти величины позволяют сравнивать состояния отдельных систем и судить об их различии, сравнивать состояния одной и той же системы в произвольные моменты времени для выяснения ее движения. Из всевозможных форм описания состояния системы наибольший интерес представляет способ, основанный на понятии **пространства состояний** системы. Пространством состояний системы называется многомерное пространство, в котором каждое состояние системы изображается точкой, называемой изображающей точкой (она «изображает» данное состояние системы), координаты которой - переменные состояния системы m_1, m_2, \dots, m_n .

В реальных системах не все координаты могут изменяться в неограниченных пределах. Большая часть координат принимает значения, лежащие в ограниченном интервале

$$m^i < m_i < m^{i'}$$

где m^i и $m^{i'}$ - границы интервала возможных значений координаты m_i .

Область пространства состояний, в которой находится изображающая точка, называется **областью допустимых состояний**. Говоря о пространстве состояний, имеют в виду лишь его допустимую область. Однако даже в ней не всегда любая точка изображает возможное состояние системы. Таким свойством обладает лишь **непрерывное** пространство состояний, соответствующее системе, координаты которой принимают любые значения (в допустимых пределах). Существуют системы (**дискретные**), в которых координаты принимают конечное число фиксированных значений. Пространство состояний этих систем также дискретно.

Для характеристики движения системы разделим все переменные на три группы:

- * входные переменные, или входные воздействия X и M , представляющие сигналы, генерируемые системами, внешними по отношению к исследуемой системе, и влияющие на ее поведение;
- * выходные переменные или переменные, характеризующие реакцию системы Y , и позволяющие описать некоторые аспекты поведения системы, представляющие интерес для исследователя;
- * переменные (координаты) состояния m , характеризующие динамическое поведение исследуемой системы.

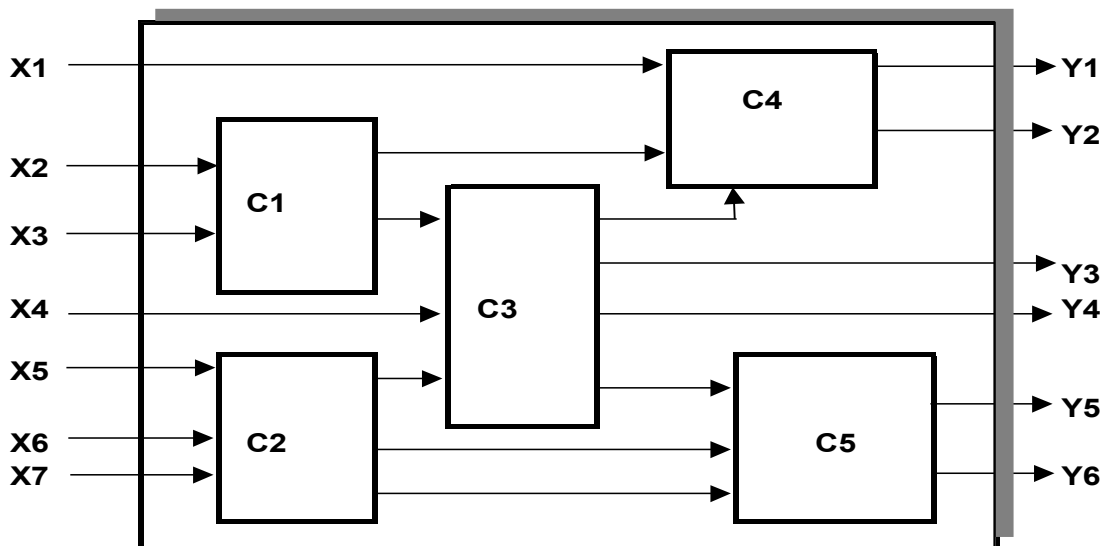


Рис. 4.4 Схема сложной кибернетической системы

Учитывая относительность понятия, кибернетическую систему можно рассматривать как состоящую из частей (элементов), взаимодействующих друг с другом (рис. 4.4). В этом случае большинство выходных величин одной части

одновременно являются входными величинами для другой части системы. Оставшиеся каналы остаются свободными, составляя входы и выходы всей системы в целом.

Движение системы представляют как цепь преобразований ее состояний. С одной стороны, можно полагать, что переход системы из состояния **a1** в момент времени **t1** в состояние **a2** в момент времени **t2** есть результат преобразования **a1**, **t1** в **a2**, **t2**. С другой - можно рассматривать изменение выходных величин какой-либо системы под влиянием изменений входной величины так же, как ее преобразование.

Преобразование одного объекта в другой осуществляется посредством действия на объект **оператора**. Объект, подвергающийся преобразованию, называется **операндом**, а результат преобразования - **образом**. Пользуясь этими терминами, можно описать всякое преобразование следующим образом: в результате воздействия оператора на операнд получается образ.

При изучении выходной величины **Y** как результата преобразования входной величины **X** связь между **Y** и **X** записывается в форме

$$Y = KX,$$

где **K** - оператор, характеризующий свойства данной системы.

Если система выступает в виде безинерционного линейного преобразователя (например, электронный усилитель, механический редуктор, фотоэлемент), то оператор **K** преобразуется в коэффициент преобразования (коэффициент передачи) и представляет собой число **k**, на которое нужно умножить значение входной величины, чтобы получилось значение выходной величины преобразователя:

$$Y = kX.$$

Для нелинейного безинерционного преобразователя выходная величина является функцией от входной величины, и оператор **K** приобретает смысл символа **F**, обозначающего определенное нелинейное преобразование:

$$Y = F(X).$$

Состояние реальной системы не может измениться мгновенно, а происходит во времени в результате переходного процесса. В этом случае оператор становится сложнее и выражается не только при помощи одних алгебраических действий над операндами. Системы, переход которых из одного состояния в другое совершается не мгновенно, а в результате переходного процесса, называются **динамическими** системами.

Состояние, в котором находится система, когда ни одна из ее координат не изменяется, называется равновесным состоянием, которое наступает в некоторых точках пространства состояний.

Под переходным режимом понимается режим движения динамической системы из начального состояния к какому-либо установившемуся режиму - равновесному или периодическому.

Периодическим режимом называется режим, при котором система через равные промежутки времени приходит в одни и те же состояния.

Необходимым условием работоспособности динамических систем служит их устойчивость, характеризующая одну из важнейших черт поведения динамической системы и являющаяся важнейшим понятием в управлении. Это значит, что система должна нормально функционировать, быть нечувствительной к неизбежным посторонним возмущениям различного рода, т.е. работать устойчиво, несмотря на действие посторонних возмущений.

Для определения устойчивости разработаны соответствующие критерии, позволяющие найти условия устойчивости и необходимые ее «запасы» по косвенным признакам.

Рассмотрим понятие устойчивости динамической системы на примере системы установления цен на рынке с устойчивым и неустойчивым состоянием равновесия.

Пусть зависимости спроса S и предложения P некоторого товара от цены C на рынке имеют вид, показанный на рис. 4.5, а скорость d изменения цены прямо пропорциональна разности между спросом и предложением:

$$d = k_1 (S - P),$$

где k_1 - коэффициент ($k_1 > 0$), указывающий, на сколько возрастет цена товара в единицу времени, если разница между спросом и предложением будет равна единице.

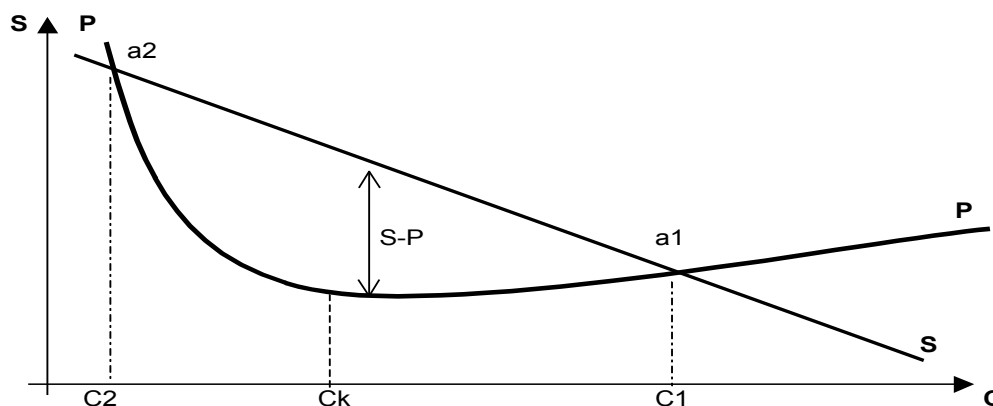


Рис. 4.5 Зависимость спроса S и предложения P от цены товара C

Причины снижения спроса и увеличения предложения при повышении цены понятны. Повышение предложения при снижении цены ниже C_k возможно в частных случаях (например, при переходе на методы массового производства товара при снижении цен и росте спроса). На рис. 4.5. видно, что система имеет два равновесных состояния a_1 и a_2 , ибо в этих точках спрос равен предложению и цена товара не изменяется ($d=0$). Для выяснения устойчивости состояний равновесия определим, как будет изменяться цена после случайного малого отклонения от равновесных значений C_1 и C_2 . В точке a_1 отклонению цены C от значения C_1 соответствует разность $S-P$, которая вызывает изменение цены, восстанавливающее нарушенное равновесие; точка a_1 изображает состояние устойчивого равновесия системы. В точке a_2 , наоборот, любое отклонение цены от C_2 приводит к дальнейшему изменению в том же направлении, и состояние системы в этой точке неустойчиво.

4.3 Классификация систем.

Управляемые системы, с которыми встречается человек, весьма разнообразны, поэтому целесообразно разбить их на некоторые классы. В классификации систем, предложенной С. Биром, в основу положены два критерия. Первый - степень сложности системы, по которому можно выделить три класса систем: простые, сложные и очень сложные.

Простые системы характеризуются малым числом внутренних связей и легкостью математического описания. **Сложные системы**, хотя и поддаются описанию, имеют разветвленную структуру и разнообразные внутренние связи. Наконец, к **очень сложным** относятся системы, не поддающиеся непосредственному математическому описанию ввиду исключительного многообразия и сложности связей.

Второй критерий - различие между детерминированными и вероятными системами. **Детерминированной системой** считают систему, в которой составные

части взаимодействуют точно предвиденным образом (если известно предыдущее состояние, то безошибочно можно предсказать её последующее состояние).

Напротив, для **вероятностной системы** нельзя сделать точного детального предсказания. Для такой системы можно тщательно и с большой степенью вероятности установить, как она будет вести себя в любых заданных условиях. Однако система остаётся неопределённой, и любое предсказание относительно её поведения не выйдет из логических рамок вероятностных категорий, при помощи которых это поведение описывается.

Следует указать на некоторую условность подобного разделения систем. Границы между ними являются областями, в которых лежат близкие по характеру системы. По мере развития математического аппарата и средств познания вообще границы сдвигаются в сторону упрощения систем, их детерминированности.

Роль руководителя сводится к тому, чтобы преобразовать производство в систему менее сложную и вероятностную, свести к минимуму влияние случайных факторов на работу предприятия.

В результате при двух классификационных признаках все системы можно разделить на пять категорий: простые и сложные детерминированные; простые, сложные и очень сложные вероятностные (см. рис. 4.6).

Приведём примеры перечисленных систем применительно к сфере промышленного производства.

К числу **простых детерминированных систем** относится система размещения станков в цехе. Она строится исходя из условия движения деталей по маршрутам обработки. При такой постановке задачи можно минимизировать расстояния, которые проходят детали в процессе обработки. Если исследуются процессы, происходящие при движении материалов, то система становится вероятностной. Абстрактная система детерминирована, но она теряет это свойство, как только на систему накладывается влияние реальной действительности.

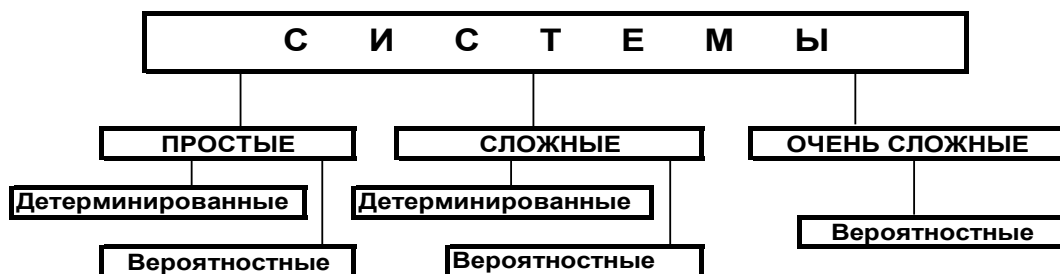


Рис. 4.6 Классификация систем

Сложной детерминированной системой является электронная вычислительная машина. ЭВМ выполняет только предписанные ей операции. Если её поведение определено заранее не полностью, то это означает, что машина функционирует неправильно. К этому классу систем относятся также различные автоматы (вплоть до автоматизированных предприятий), в которых любое отклонение от строго предписанного образа действий считается неисправностью или даже аварией.

В качестве **простой вероятностной системы** назовем систему статистического контроля качества продукции предприятия. Она основана на выборочной проверке либо одной, либо нескольких характеристик продукции (влажность и зольность отгружаемого шахтой угля), причем частота отбора проб зависит от степени риска отбраковки. Такая система весьма проста, целесообразность её применения связана с присущей ей вероятностной природой.

Наглядная иллюстрация **сложной вероятностной системы** - система материально-технического снабжения предприятия. Поступление материалов или деталей на центральный склад и выдача их на участки являются случайными процессами по своей природе, но в то же время они полностью поддаются математическому описанию при помощи аппарата математической статистики. Даже когда динамика системы значительно усложнена, т.е. имеет очень много входов (запасы пополняются из многих источников) и выходов (запасами пользуется большое число потребителей), её все-таки следует отнести к указанному классу.

Наконец, к **очень сложной вероятностной системе** относится само предприятие в целом. Внутренние связи крупного предприятия (технические, экономические, административные и др.) настолько сложны, что полностью описать их пока невозможно. То же самое в неизмеримо большей степени относится к мозгу человека.

Группировка систем в соответствии со свойственной им природой управления позволяет выделить научные методы исследования. Инструментарий системного анализа и исследования операций, средства вычислительной техники достигли такого уровня развития, что позволяют успешно решать задачи управления как простыми, так и сложными детерминированными системами. Простые вероятностные системы сравнительно легко поддаются анализу методами математической статистики. Наибольшую трудность для управления и исследования представляют два последних класса вероятностных систем - сложные и очень сложные (подавляющее большинство систем в обществе и производстве). До недавнего времени управление ими основывалось на опыте и здравом смысле. С точки зрения реальных потребностей сегодняшнего дня этого явно недостаточно. Человек уже не в состоянии решать стоящие перед ним проблемы управления, полагаясь только на свой собственный разум и не прибегая к помощи математико-аналитических и программно-технических средств.

Возникшие потребности в научно обоснованных методах и средствах управления нашли свое выражение в кибернетике - науке об управлении и системном анализе, особым предметом исследования которых являются сложные и очень сложные системы окружающего мира.

4.4 Организационные системы

Традиционно современная кибернетика рассматривала, в основном, простые и сложные управляемые системы, для которых были применимы методы анализа и исследования технических систем. Традиционная теория автоматического управления техническими объектами, выросшая на существовавшей ранее теории автоматического регулирования, имеет дело с такими объектами, для которых процедура управления в самом общем виде представляется так, как показано на рисунке 4.7.

Не будем вдаваться в подробности приведенной схемы. Отметим только, что **лицо, принимающее решение (ЛПР)**, может не только корректировать работу системы управления, но и в случае необходимости заменить ее. При этом, чтобы выбрать или построить удовлетворяющую ЛПР систему управления, необходимо знать детальное описание объекта и цели его существования. Так возникает цепочка: описание объекта управления - описание целей существования объекта управления - формирование критерия управления им - проектирование и создание системы управления. Следовало бы ожидать, что теория управления уделит одинаковое внимание всем элементам цепочки. Однако исторически этого не произошло. Как правило, специалисты в области управления прилагали усилия лишь к поиску процедуры управления объектом, когда и сам объект, и критерий управления им были уже описаны в точных терминах. Оптимизация управления была центральной проблемой традиционной теории автоматического управления. И лишь на последнем

этапе ее развития внимание специалистов переместилось на проблему идентификации объекта управления и на проблему выявления критериев управления им.

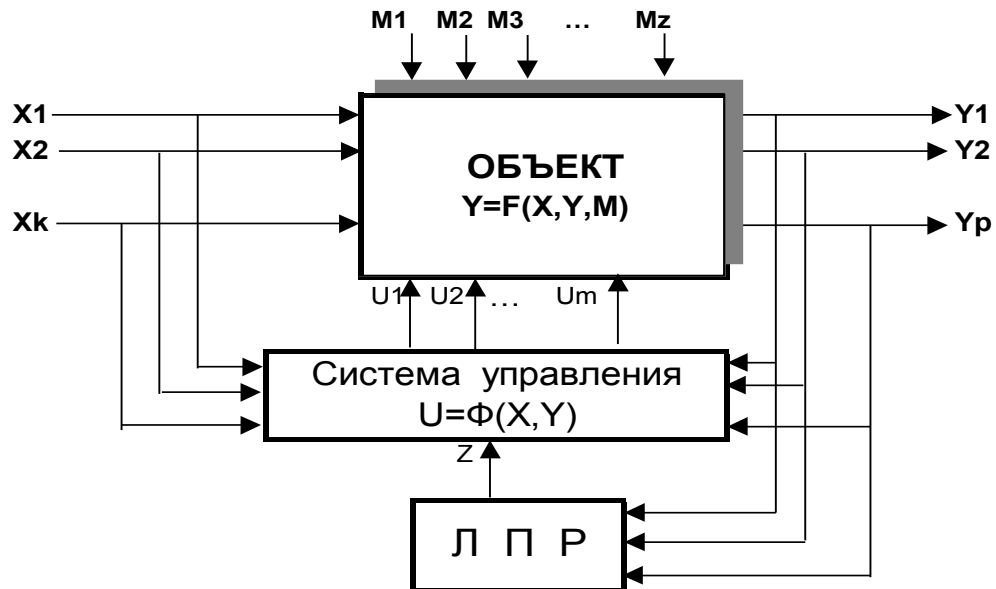


Рис. 4.7 Традиционная схема управления

Но здесь возник ряд трудностей, связанных с тем, что объектами управления стали системы, для которых привычные, наработанные десятилетиями приемы оказались неприменимыми. Действительно, в последнее время и в кибернетике и, особенно, в системном анализе принято иметь дело с другими (нетрадиционными) управляемыми системами и объектами. В отличие от традиционных управляемых систем их называют по-разному: плохо определенные или слабоструктурированные, организационные или "активные". Но независимо от названия эти новые объекты обладают рядом неожиданных свойств, отличающих их от привычных объектов управления. Ниже мы перечислим основные их свойства, а сейчас, взяв за основу название организационная система, сформулируем для нее определение, из которого будет более понятно содержание нетрадиционных управляемых систем (объектов).

Под **организационными** понимают системы, имеющие своей целью организацию деятельности коллективов людей для достижения определенных целей.

Спектр организационных систем очень широк:

- экономические;
- социально-экономические;
- политические;
- образование;
- здравоохранение;
- военные организации;
- государство;
- международные организации и т.п.

Б.Трентовский в своей книге «Отношение философии к кибернетике как искусству управления народом», изданной в 1843 году, подчеркивал главные сложности управления, связанные со сложностью поведения людей:

«Люди не математические символы и не логические категории, и процесс управления - это не шахматная партия. Недостаточное знание целей и стремлений людей может опрокинуть любое логическое построение.»

Людьми очень трудно командовать и предписывать им наперед заданные действия. Приказ, если кибернет вынужден его отдавать, всегда должен четко формулироваться. Исполняющему всегда должен быть понятен смысл приказа, его цели, результат, который будет достигнут, и кара, которая может последовать за его невыполнением, - последнее обязательно».

С позиций диалектики Трентовский понимал, что общество, коллектив, да и сам человек - это система, единство противоречий, разрешение которых и есть развитие. Поэтому управленец должен уметь, исходя из общего блага, одни противоречия примирять, другие - обострять, направляя развитие к нужной цели.

Целенаправленное функционирование организационных систем определяется присутствием в них человека. Кроме этого, присутствие человека приводит к определенной «активности» управляемых объектов. Смысл ее заключается в способности человека предвидеть управляющие воздействия со стороны управляющего органа и действия других элементов системы и с учетом этого выбирать (в рамках имеющихся альтернатив) свои действия и стратегию поведения, направленные на достижение тех или иных целей. Практика недавнего хозяйствования дает нам много примеров проявления эффекта «активности» организационных систем. Так, в отраслевых системах с централизованным планированием «активность» отдельных подсистем (объединений, предприятий, институтов, фирм и т.д.) при отсутствии согласования целей приводила к таким отрицательным явлениям, как завышение заявок на ресурсы и необходимые финансы; завышение себестоимости продукции; невыполнение планов по отдельным «невыгодным» видам продукции (в том числе по новой технике) при выполнении общих агрегированных показателей плановых заданий; занижение производственных возможностей предприятиями при составлении планов; завышение сроков реализации проектов и т.п.

Рассматривая, например, предприятие и его подразделения, можно и здесь, основываясь на материалах публикаций в широкой печати, привести длинный перечень проявления «активности» подсистем.

Теперь, как мы уже обещали, перечислим основные свойства нетрадиционных управляемых систем (или систем, нетрадиционных с точки зрения управления ими).

4.4.1 Уникальность.

Каждый объект обладает такой структурой и функционирует так, что система управления им должна строиться с учётом всех его качеств и к нему нельзя применить какую-либо типовую (стандартную) процедуру управления. Если, например, удалось спроектировать систему управления движением для автомобиля ВАЗ 2103, то она пригодна для любого конкретного автомобиля такой модели. Если же спроектирована система управления для службы здравоохранения некоторого региона, то её нельзя перенести без изменений для такой же службы другого региона. При переносе надо учесть все индивидуальные особенности нового объекта управления. Это обстоятельство резко удорожает процедуру построения системы управления, ибо фактически нужно создавать столько систем управления, сколько объектов мы хотим охватить управлением.

4.4.2 Отсутствие формализуемой цели существования.

Для традиционных, привычных для теории автоматического управления объектов всегда было ясно, зачем был создан тот объект, систему управления которым мы строим. Как правило, управленцы имели дело с объектами искусственного происхождения, созданными людьми для достижения понятных им целей. Станок должен был производить определённую обработку заготовок, самолёт должен был перевозить по воздуху пассажиров и грузы. Но не для всех объектов (даже созданных человеком) можно также чётко сформулировать цель их существования. Сейчас, когда мы хотим управлять городами, отраслями народного хозяйства, регионами, экосистемами, мы попадаем в весьма затруднительное положение при попытке чётко

сформулировать цель существования этих объектов. Даже созданные людьми, они возникли не по чьему-то плану, для решения какой-то конкретной задачи, а развивались постепенно в силу определённых социально-экономических и исторических причин. Каковы, например, цели существования сверхгородов? Или для чего возникла экосистема Азово-Черноморского бассейна? На такие вопросы практически невозможно ответить. А это приводит к весьма большим сложностям в формировании критерия управления. Ибо критерий управления в традиционных системах управления был теснейшим образом связан с целью существования объекта. Критерий управления самолётом был основан на достижении им своей цели существования - перевозки людей и грузов по воздуху, критерий управления производством синтетического каучука - на соображениях повышения качества продукта. Именно поэтому в различных системах управления, создаваемых для объектов нового класса, очень часто можно наблюдать реализацию различных критериев управления.

4.4.3 Отсутствие оптимальности.

Следствием того, о чём говорилось в предшествующих двух пунктах, является неправомотность оптимизации (в классическом её понимании). Из-за отсутствия цели существования (в рамках теории управления) для рассматриваемых объектов нельзя построить объективный критерий управления. Критерий управления становится субъективным, целиком зависящим от лица, принимающего решения (ЛПР).

Эту чрезвычайно важную для дальнейшего мысль можно проиллюстрировать следующим примером, стоящим, правда, несколько в стороне от собственно задачи управления. Пусть с помощью людей-экспертов мы хотим измерить длину какого-либо предмета. Например, длину автомашины ВАЗ 2105. Каждый специалист называет некоторое число, которое, по его мнению, означает длину автомобиля. ЛПР (которое также может прикинуть длину автомобиля) анализирует показания экспертов. Если находится эксперт, оценивающий длину автомобиля в 10 м или в 50 см, то ЛПР вправе усомниться в его квалификации как эксперта. Отбросив такие аномальные предложения, ЛПР может просуммировать остальные числа и найти среднее арифметическое от полученного результата. Такое усреднение как бы объективизирует результат. Если экспертов было много, и они обладали неплохим глазомером, то результат экспертизы будет близок к истинной длине автомобиля.

Отметим две особенности описанной нами процедуры. Во-первых, если экспертов уже много, то появление некоторого нового эксперта не внесёт особых изменений в результат, полученный ЛПР. Другими словами, такая экспертиза обладает свойством устойчивости. Во-вторых, можно проверить качество экспертизы, взяв какое-либо измерительное приспособление, точность которого удовлетворяет ЛПР, и провести измерение. Та или иная близость данных измерения к результату, полученному с помощью экспертов, будет характеризовать качество экспертизы. А это позволяет ставить, например, задачу оптимизации формирования коллектива экспертов по их качеству или каким-либо социальным или физиологическим особенностям.

Теперь рассмотрим другой пример экспертизы. Группа людей заблудилась в пещере. После долгого блуждания они оказались на площадке, с которой путь, приведший их на нее, разветвляется. Влево и вправо уходят подземные коридоры. Требуется решить: куда идти? Руководитель группы (ЛПР) устраивает опрос. Сторонники движения по левому коридору высказывают свои соображения, их противники - другие. Для ЛПР доводы тех и других не кажутся слишком убедительными, и он проводит простое голосование. Предположим, что большинство участников этой экспертизы высказались за движение по левому коридору. Группа пошла по нему. После

нескольких дней, ослабевшие от голода и жажды, они выбрались на поверхность. И с тех пор ЛПР мучает вопрос: правильно ли он принял решение? Ясно, что ответа на этот вопрос нет. Он был бы, если бы группа прошла и правым коридором. Возможно, что он сразу бы вывел их на поверхность, но весьма вероятно, что они могли бы навсегда остаться под землей. Оценить правильность выбора, его целесообразность, оптимальность в этом случае можно, только имея план пещеры, а значит "пройдя" по всем ее коридорам. В отличие от ситуации с измерением длины автомобиля, здесь нет возможности оценить качество принятого решения, если альтернативные решения не проверялись. Кроме того, экспертиза второго типа не обладает устойчивостью, характерной для предыдущего примера. Если бы после принятия решения о движении по левому коридору подавляющим большинством экспертов на площадку, где стоит группа, выбрался бы из левого коридора человек, тоже блуждающий в поисках выхода, и сказал бы, что этот путь ведет в тупик, то весь результат опроса рухнул бы. И дальнейшее движение было бы продолжено по правому коридору.

Ситуации, аналогичные поиску пути в пещере, складываются весьма часто. При решении о выборе тех или иных характеристик будущего изделия, при принятии тех или иных решений по структуре и методам функционирования систем и органов управления, при всяком «волевом» решении (хотя и подкрепленным рядом соображений самого ЛПР и других экспертов) всегда возникает ситуация с элементами неопределенности в достижении желаемого результата. Отсюда следует, что в этих случаях невозможно говорить об оптимальности получаемых решений. Качество созданной системы для управления объектами новой природы может оцениваться только субъективно самим ЛПР или их коллективом. Поэтому здесь уместнее говорить о целесообразности результата управления, а не об его оптимальности. Важно только, чтобы ЛПР в нужных случаях не боялось принимать решения.

4.4.4 Динамичность.

В каком-то смысле объекты, с которыми сейчас сталкивается теория управления, подобны живым системам. С течением времени изменяется их структура и функционирование. Объекты как бы эволюционируют во времени. На предприятии строят новые цеха, возникают новые производства, меняется технология. Сеть ЭВМ растет, отдельные сети начинают соединяться между собой, стремясь к общемировой сети обработки данных. Меняется структура отрасли, города расширяют свои границы, меняется их застройка, смещаются транспортные и людские потоки. И эта динамичность должна быть учтена в системах управления подобными объектами. Они поневоле должны быть адаптивными, готовыми к изменению своего функционирования.

4.4.5 Неполнота описания.

Как правило, никакой коллектив экспертов, знающих объект управления, не в состоянии сразу же обеспечить информацию, которой бы заведомо хватило для создания системы управления объектом. Существует несколько причин, почему это происходит. Описывая объект управления старого типа, управленец всегда знал о тех допущениях, которые он принял, строя описание. Он мог предполагать, что передаточная функция имеет тот или иной вид, что запаздывание не играет в его функционировании большой роли, что влияние параметров внешней среды незначительно и им можно пренебречь и т.п. И если созданная им система управления оказалась не слишком хорошей, то он знал, от каких допущений надо отказываться. Но при работе с объектами новой природы эти допущения нельзя сформулировать столь ясно и просто. Управленец в этом случае почти целиком полагается на экспертов, знающих объект управления. И тот или иной уровень допущений фактически предлагают они. Но, не будучи специалистами по системам управления, эксперты не

могут оценить тот уровень полноты описания, который нужен специалисту по управлению.

Ведь само описание, вычленение в нем тех или иных аспектов и особенностей тесно связано с задачей управления. И это не всегда может уловить человек, смотрящий на объект управления другими глазами - глазами технолога.

При работе управленца со сложным объектом самые большие сложности возникают при контактах с технологами, знающими данный объект. Несходство их взглядов на него иногда приводит к полному непониманию друг друга, в результате чего возникает неполнота описания, которым руководствуется проектировщик системы управления.

Другая немаловажная причина неполноты описания объекта - незнание некоторых сторон функционирования его самим технологом. Некоторые ситуации, никогда не встречавшиеся им ранее, естественно, нельзя сообщить и проектировщику системы управления. Чаще всего это всевозможные аварийные ситуации.

Для иллюстрации возможных последствий аварий вспомним катастрофу с энергетической системой США, произошедшую несколько десятилетий назад. Развал системы возник по вине системы управления. Автоматическое отключение линий и источников энергии при перегрузках привело к тому, что значительная часть страны лишилась электроэнергии, а это привело к огромным потерям.

Третья причина неполноты описания - отсутствие у самого технолога четкого понимания функционирования объекта. Выдавая управленцу большое количество информации, он тем не менее не сообщает ему самой главной, по которой сам принимает решение о функционировании объекта. Делает он это не сознательно, ибо «самая главная информация» может учитываться им только на уровне собственной интуиции.

Для иллюстрации этого приведем следующий пример. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) распространила в ряде стран истории болезни нескольких больных из скандинавских стран. И попросила ведущих психиатров различных стран дать заочный диагноз на основании историй болезни. В нашей стране последние также были размножены и разосланы значительному количеству специалистов. Через некоторое время они собрались все вместе в Москве для обсуждения своих диагнозов. Была составлена и вывешена для всеобщего обозрения сводная таблица, в которой для всех больных были указаны диагнозы. Это была удивительная таблица! Почти для каждого случая имелся разброс диагноза от «практически здоров» до «заболевание X в самой тяжелой форме». Авторы диагнозов выходили на трибуну и обосновывали свою точку зрения. Самым интересным было то, что, привлекая одни и те же данные из истории болезни, они приходили к почти противоположным выводам. Споры фактически прекратились после выступления одной очень уважаемой пожилой специалистки в области психиатрии. Она сказала, буквально, следующее: «Коллеги, о чём мы спорим? Ведь мы все знаем, что как только к нам на приём придёт пациент, мы в первую же секунду определим - болен он или нет. Только мы не можем сказать, как это у нас получается.» И все согласились с выступавшей.

И, наконец, ещё одна причина, приводящая к неполноте описания сложных объектов. Эта причина состоит в том, что многие особенности функционирования объекта, а иногда и его структуры не могут быть описаны количественно. Они допускают лишь качественное, словесное описание. Переход от качественных описаний к некоторым формальным представлениям должен производиться управленцем, который не всегда в состоянии решить такую сложную проблему.

4.4.6 «Активность» системы (наличие свободы воли).

Во многих объектах управления люди являются элементами их структуры. Это характерно для так называемых организационных систем. В отличие от всех других элементов, образующих объекты, люди функционируют в нём с учётом своих личных интересов и целей. Их интересы и цели могут значительно отличаться от того, что они

должны делать с точки зрения ЛПР. Их индивидуальное поведение практически невозможно учесть при создании системы управления, и требуются специальные приёмы для нейтрализации их воздействия на функционирование объекта управления.

Существует ещё несколько особенностей объектов нового типа, с которыми теория управления начала сталкиваться с конца пятидесятих годов нашего столетия. Но и сказанного, по-видимому, вполне достаточно для того, чтобы оценить необходимость в новом подходе к объекту управления при попытке создать систему, управляющую им.

4.5 Заключительные замечания

Перечисленные выше особенности организационных систем требуют существенного уточнения традиционной схемы управления, предложенной на рисунке 4.7. Несмотря на то, что она имеет внешние сходства с обобщенной моделью управления, рассмотренной в предыдущей главе (см. рис. 3.2), назначение 2-го контура обратной связи несколько другое. Исходя из перечисленных особенностей организационных систем, можно утверждать требования к их гибкости, возможности адаптации как к внешним условиям, так и к внутренним флуктуациям существенно выше, чем в любых других системах. Поэтому для организационных систем необходимо использовать схему управления самоорганизующихся систем, так как только через механизм саморазвития можно добиться ее непрерывной адаптации и к уникальным особенностям каждой системы, и обеспечить нейтрализацию (или усиление) фактора «активность» и максимально учесть все другие особенности этих систем.

Таким образом, если мы хотим при построении систем управления организационными системами опираться на традиционную схему управления (рис. 4.7), необходимо на ЛПР возложить функции по адаптации системы. Либо поступить более радикально и создать дополнительные подразделения, выполняющие все функции 2-го контура обратной связи, т.е. создать подразделения отвечающие за совершенствование структур и алгоритмов управления (саморазвитие как всей системы, так и ее управляющей части).

4.6 Вопросы для самопроверки:

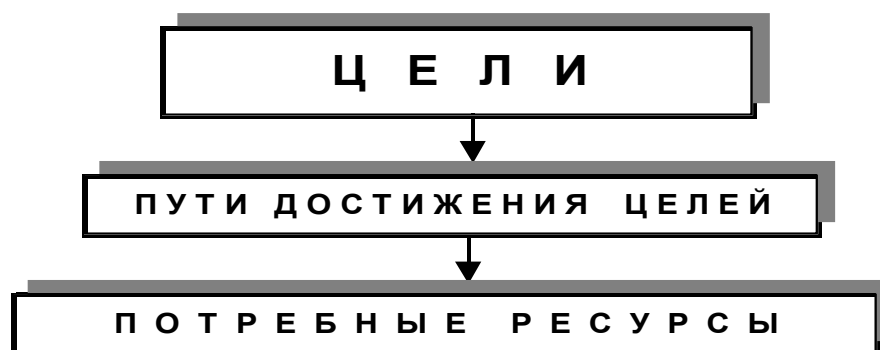
1. *История эволюции термина «кибернетика».*
2. *Что такое управляемые (кибернетические) системы. Какие их основные свойства?*
3. *Объясните основные функции процесса управления (по функциональной схеме).*
4. *Что такое информационный подход к процессам управления?*
5. *Какие основные особенности управляемых систем?*
6. *Что такое управляющая и управляемые части системы?*
7. *Дайте классификацию переменных, действующих на систему и описывающих её внутреннее состояние.*
8. *Понятие устойчивости динамической системы (поясните на примере зависимости спроса и предложения от цены товара).*
9. *Классификация систем по степени сложности и детерминированности.*
10. *Понятие организационной системы. Основные свойства нетрадиционных объектов управления.*
11. *Свойство уникальности в организационных системах. Поясните это свойство с точки зрения процессов управления такими системами.*
12. *Отсутствие формализуемой цели существования и отсутствие оптимальности в нетрадиционных объектах управления. Поясните эти свойства.*
13. *Неполнота описания системы. Как сказывается это свойство при реализации управления.*
14. *Чем определяется свойство "активности" системы?*

5 ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Целью главы является изложение основной укрупненной схемы системного анализа. Эта схема рассматривается на уровне трех основных компонент, которые трактуются как три обязательных этапа при анализе любой проблемы средствами системного анализа. Дается характеристика каждого этапа и рассматриваются основные сложности, которые возникают при их реализации.

5.1 Логическая основа системного анализа

Для системного анализа характерно наличие определенных типов стандартных компонентов, которые практически всегда присутствуют в анализе любой проблемы. Сочетание этих характерных элементов в определенной последовательности, диктуемой структурой проблемы и причинно-следственными связями, и приводит к её системному решению. Основные элементы системного анализа образуют «кирпичи», которые укладываются в единое здание анализа с соблюдением логической последовательности: *цели - пути достижения целей - необходимые ресурсы*. Можно сказать, что последовательность **«цель - пути достижения целей - необходимые ресурсы»** является логической основой системного анализа. Кроме того, следует также отметить, что при решении задач каждого этапа этой логической цепочки широко используются различные подходы, модели, методы и методики.



Действительно, если взглянуть на эту, на первый взгляд, чрезвычайно элементарную схему, то можно сказать, что системный анализ - это очень просто. Да, с точки зрения идеи, здесь, как мы и говорили выше, реализован элементарный здравый смысл. Более того, вы вправе сказать, что даже в обыденной повседневной жизни вы так и поступаете. Например, прежде чем принять какое-либо серьезное решение по важному для вас вопросу (приобретение дорогостоящих вещей, строительство дома или дачи и т.п.), вы всегда определяете, каким образом вы будете действовать (рассматриваете разные варианты путей достижения цели), обязательно оцениваете затратность вариантов ваших возможных действий (финансовые, временные и другие ресурсы) и выбираете единственный окончательный вариант, исходя из тех ресурсов, которыми вы располагаете.

Пожалуй, наиболее концентрированно основная схема системного анализа выражена в следующем тосте из известного всем фильма «Кавказская пленница». «Я имею желание купить дом, но не имею возможности. Я имею возможность купить козу, но не имею желания, Так выпьем же за то, чтобы наши желания совпадали с нашими возможностями!». Кстати, отсюда следует, что приведенная схема отражает только логическую последовательность основных обязательных этапов, но не технологическую схему действий, так как к некоторым этапам мы можем возвращаться. Это является следствием того, что мы, по существу, решаем задачу отыскания приемлемого баланса между желаниями (целями) и возможностями (ресурсами).

Например, для решения своей проблемы мы сформулировали цель, далее прописали возможные варианты путей достижения целей (мероприятия по разрешению проблемы). Однако, после оценки затрат ресурсов по каждому из вариантов, выяснилось, что ни один из них не может быть реализован, так как затраты на любой из них превышают те ресурсы, которыми мы располагаем. Здесь возможны следующие варианты действий:

- ⇒ вернуться к этапу рассмотрения путей достижения цели и попытаться предложить менее затратные варианты. Если находятся варианты, согласующиеся с нашими ресурсами, то баланс достигнут;
- ⇒ если не находится других приемлемых вариантов, то либо мы соглашаемся с тем, что на данный момент поставленная нами цель является недостижимой, либо мы пытаемся переформулировать нашу цель, сделав ее более реальной («приземляем» свои желания). После этого мы опять отработываем всю схему и при этом вновь может возникнуть ситуация недостатка ресурсов и потребуются новые итерации и т.д.

Таким образом, действие в соответствии с данной схемой требует от нас достижения баланса между целями и ресурсами, а также всесторонней оценки вариантов наших действий по достижению цели и выбор из них наиболее рационального.

Предлагаемая схема, как правило, никогда не вызывает отторжения, поскольку она реализует нормальный здравый смысл. Но тогда возникает другой вопрос, если все так просто и понятно, то почему же у нас очень часто провозглашались (да и сейчас провозглашаются) очень хорошие цели, которые, как потом оказывалось, изначально были недостижимыми (либо не были указаны четкие пути их достижения, либо отсутствовали необходимые ресурсы, либо то и другое вместе). Это и такая цель, как «нынешнее поколение советских людей будет жить при коммунизме», либо «каждой семье квартиру к 2000 году» и многие другие. Причем, чем грандиознее эти цели, тем больше всевозможных ресурсов тратится (большой частью впустую). Создается впечатление, что чем выше уровень руководителя, определяющего глобальные цели, тем меньше здравого смысла в его действиях по их оценке и путях достижения.

Умение правильно использовать при решении тех или иных проблем логических элементов системного анализа во многих случаях предопределяет возможность получения требуемого результата. Рассмотрим кратко содержание этих элементов применительно к социально-экономическим системам, обратив внимание только на некоторые, на наш взгляд, наиболее интересные с позиций методологии системного анализа моменты.

5.2 Формирования целей.

5.2.1 Анализ проблем.

Как хорошо формализованные, так и слабо структурированные проблемы должны быть приведены к виду, когда они становятся задачами выбора подходящих средств достижения заданных целей. Поэтому, прежде всего, необходимо определить цели. На первом этапе решения проблемы определяется, **что** надо сделать для снятия проблемы, а на последующих этапах - **как** это сделать и **сколько**

ресурсов для этого потребуется. Что же такое цели и в чем заключаются основные трудности выявления целей?

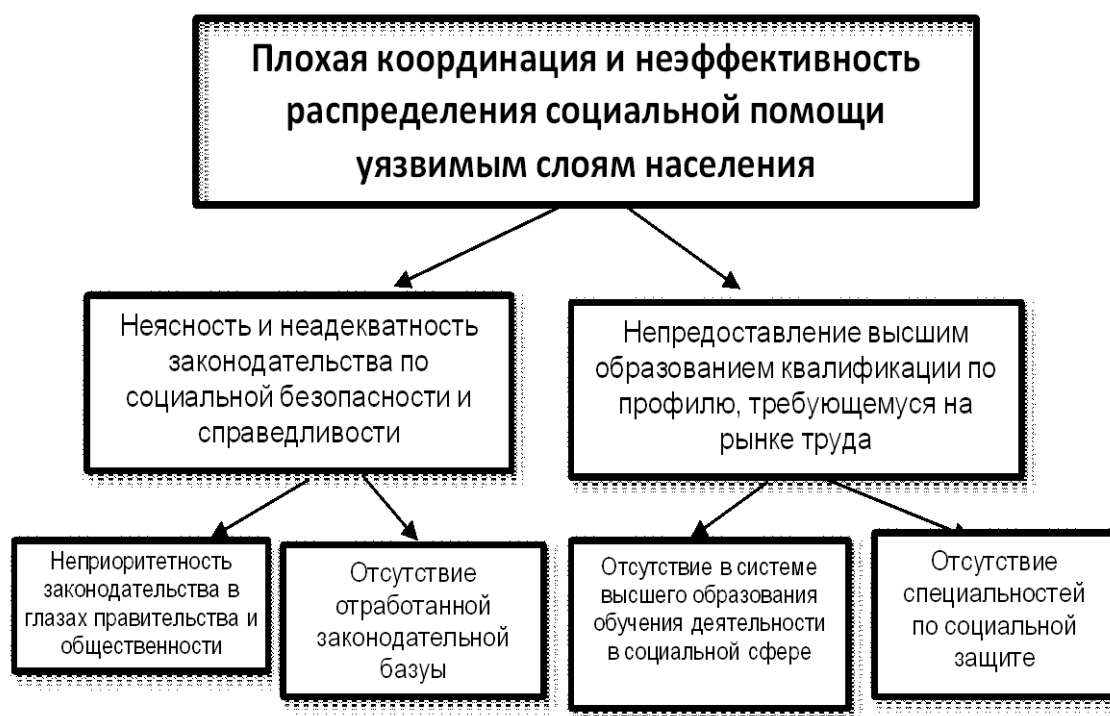
Цели. Это желаемые состояния системы или результаты ее деятельности, достижимые в пределах некоторого интервала времени. Во имя осуществления целей создаются и развиваются сами системы.

Стремление к желаемому будущему (цели) является признанием того, что положение вещей в настоящем в чем-то нас не устраивает, т.е. существует некая проблема. Поэтому первым этапом постановки целей становится выяснение того, что же является этой самой проблемой. Этот этап носит название *анализ проблем* и включает решение двух задач:

- идентификация основных проблем;
- разработка дерева проблем для установления причинно-следственных связей.

Анализ проблем составляет важную часть процесса формирования целей. Он включает в себя всесторонний анализ уже выявленных проблем, учет точек зрения различных заинтересованных сторон и внешнего окружения. В результате этого достигается сбалансированность анализа, при которой принимаются во внимание различные и иногда противоположные взгляды. Цель анализа состоит в получении общего представления о ситуации путем структуризации проблемы в виде дерева проблем.

Рассмотрим пример построения дерева для проблемы, связанной с распределением социальной помощи. Ниже приведен фрагмент дерева.



5.2.2 Анализ целей.

При анализе проблем мы рассматриваем отрицательные аспекты существующей ситуации. Анализ целей представляет собой положительные (желаемые) аспекты нашей ситуации в будущем. И первое, что необходимо сделать - это переформулировать проблемы в цели. Таким образом, полученное в результате дерево целей можно рассматривать как положительное зеркальное отображение дерева проблем. Ниже на схеме показано, как можно проблемы переформулировать в цели.

Проблема	Цель
◆ Неясность и неадекватность законодательства по социальной безопасности и социальной справедливости	⇒ ◆ Рационализировать и усовершенствовать законодательство по социальной безопасности и социальной справедливости
◆ Непредоставление в системе высшего образования квалификации по профилю, требующемуся на рынке труда	⇒ ◆ Способствовать реформированию системы высшего образования в целях приведения ее в соответствие с требованиями рынка.
◆ Отсутствие в системе высшего образования программ обучения социальной деятельности	⇒ ◆ Создать в рамках высшего образования систему образовательных программ обучения социальной деятельности

В целях должна найти отражение перспектива развития системы. Цели деятельности социально-экономических систем в существенной мере определяются условиями внешней среды. Процессу формирования (разработки) целей также обычно предшествует этап качественного описания развития системы и ее состояний в будущем при определенных предположениях об условиях внешней среды. Это дает возможность более четко сформулировать цели деятельности системы, пути достижения этих целей.

Цели деятельности вытекают из объективных потребностей и имеют иерархический характер. Цели верхнего уровня не могут быть достигнуты, пока не достигнуты цели ближайшего нижнего уровня. По мере перемещения вниз по уровням иерархии системы цели конкретизируются.

Необходимо добиваться четкой и конкретной формулировки целей, стремиться обеспечить возможность количественной или порядковой («больше – меньше», «лучше – хуже») оценки степени их достижения. Например, рассмотрим цель – «поднять эффективность научных исследований». Она звучит внушительно, но степень ее достижения сложно измерить. Если же ее сформулировать несколько по-иному, введя ряд подцелей, измеряемых количественно, в частности экономическую эффективность внедряемых разработок, их научно-технический уровень, число изобретений и патентов и т. д., степень достижения цели можно будет проконтролировать.

Цели деятельности системы необходимо конкретизировать по времени и по исполнителям. Это значит, что общий конечный результат, к которому стремится система, надо расчленить на частные задачи, решаемые в более короткие сроки, причем определить эти частные сроки решения. Кроме того, цели, стоящие, предположим, перед предприятием в целом, конкретизируются для отдельных производственных подразделений и звеньев аппарата управления. При этом необходимо добиваться того, чтобы коллектив каждого подразделения четко знал общие цели и свою роль в их достижении. Следует подчеркнуть особую важность сочетания обоих указанных выше элементов - знание общих целей и своей роли в их достижении.

Умение аппарата всех уровней управления, отдельных руководителей и специалистов грамотно ставить цели представляет важнейший ресурс государства, залог неуклонного повышения эффективности общественного производства.

5.2.3 Вопросы детализации при анализе проблем и формировании целей

Существует несколько технологий, позволяющих провести всесторонний анализ проблемы и ее детализацию. В основном, эти технологии используются при разрешении проблем, стоящих перед конкретной организацией и рассматривают ее с точки зрения системы, имеющей как внутренние проблемы, так и внешнее окружение. Например, при анализе сложных проблем и разработке проектов по их устранению используется **логико-структурный подход (ЛСП)**, который еще носит название **целевого планирования**. В рамках ЛСП используется технология СВОТ – анализа. Это достаточно эффективный аппарат, позволяющий учесть все аспекты существующей проблемы, и поэтому остановимся на его рассмотрении более подробно.

СВОТ – анализ представляет собой инструмент оценки, с помощью которого проводится анализ организации (проблемы) с четырех сторон:

- **сильные стороны** – внутренние положительные качества организации;
- **слабые стороны** – внутренние отрицательные черты организации;
- **возможности** – внешние факторы, улучшающие перспективы организации;
- **угрозы** – внешние факторы, которые могут подорвать будущий успех организации.

СВОТ – анализ проводится, как правило, с привлечением всех заинтересованных сторон. Результаты этого анализа записываются в виде таблицы, состоящей из четырех клеток. Рассмотрим выше приведенную проблему о несовершенстве системы социального обеспечения со стороны реализации образовательных программ по повышению квалификации и переподготовке в сфере управления социальной сферой. Проанализируем возможности Новосибирской государственной академии экономики и управления, используя технологии СВОТ - анализа.

<p>СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Хорошие контакты с органами социальной защиты 2. Хорошее местоположение 3. Высококвалифицированный персонал 4. Опыт организации учебного процесса по повышению квалификации и переподготовке 	<p>СЛАБЫЕ СТОРОНЫ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие учебных программ по управлению социальной сферой 2. Недостаток методического обеспечения 3. Отсутствие системы трудоустройства выпускников
<p>ВОЗМОЖНОСТИ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сотрудничество с зарубежными организациями, занимающимися этой проблематикой 2. Соответствие проблематики миссии НГАЭиУ 3. Межрегиональный статус НГАЭиУ 	<p>УГРОЗЫ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Низкая платежеспособность органов социальной защиты 2. Плохие транспортные связи с регионом 3. Нестабильность экономической и социальной обстановки

Построение такой таблицы существенно облегчает понимание проблемы и позволяет учесть все возможные аспекты при ее детализации. Такой представление полезно при построении дерева проблемы (дерева целей), так как позволяет учесть интересы всех заинтересованных сторон.

Но самый главный эффект достигается при использовании основной матрицы СВОТ – анализа. Эта матрица позволяет от первой таблицы, описывающей сильные и слабые стороны организации и влияние внешнего окружения, перейти непосредственно к набору мероприятий, которые обязательно необходимо реализовать при решении нашей проблемы. Эта матрица полезна для реализации второго этапа логической схемы системного анализа – выбор путей достижения целей, т.е. определение набора тех работ и мероприятий, реализация которых будет способствовать решению стоящей перед нами проблемы.

Эта матрица целенаправленно ориентирует нас на генерацию четырех видов обязательных мероприятий. Итак, матрица SWOT – анализа имеет вид:

	СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ 1. Хорошие контакты с органами социальной защиты 2. Хорошее местоположение 3. Высококвалифицированный персонал 4. Опыт организации учебного процесса	СЛАБЫЕ СТОРОНЫ 1. Отсутствие учебных программ по управлению социальной сферой 2. Недостаток методического обеспечения 3. Отсутствие системы трудоустройства выпускников
ВОЗМОЖНОСТИ 1. Сотрудничество с зарубежными организациями 2. Соответствие проблематики миссии НГАЭиУ 3. Межрегиональный статус НГАЭиУ	<i>Мероприятия, которые необходимо провести, чтобы использовать сильные стороны для увеличения возможностей</i> 1. 2. 3. 4.	<i>Мероприятия, которые необходимо провести, преодолевая слабые стороны, используя предоставленные возможности</i> 1. 2. 3. 4.
УГРОЗЫ 1. Низкая платежеспособность органов социальной защиты 2. Плохие транспортные связи с регионом 3. Нестабильность экономической и социальной обстановки	<i>Мероприятия, которые используют сильные стороны организации для избежания угроз.</i> 1. 2. 3. 4.	<i>Мероприятия, которые минимизируют слабые стороны для избежания угроз</i> 1. 2. 3. 4.

Ценность данного подхода становится понятной при детализации конкретных проблем и составлении соответствующих планов мероприятий.

5.2.4 Некоторые проблемы формирования целей.

Как мы уже сказали, после определения проблемы следующим по важности этапом анализа становится выявление целей. Установить правильную цель важнее, чем найти наилучший путь ее достижения, так как даже не самый лучший путь все-таки приведет к цели, пусть не оптимальным способом. Выбор же неправильной цели приводит не столько к решению самой проблемы, сколько к появлению новых проблем. Итак, какие же подводные камни ожидают нас на этапе формирования целей?

Опасность подмены целей средствами ее достижения. В практике системного анализа первоначально сформулированные цели по мере выполнения анализа часто изменяются или отменяются совсем. Действительные цели, как правило, шире, чем первоначально объявленные.

***Пример.** Исследуется проблема «где лучше расположить новую больницу». В результате анализа выясняется, что действительная цель - «улучшение медицинского обслуживания населения», и среди предложенных альтернатив достижения этой цели находятся несколько более эффективных способов использования ресурсов для улучшения медицинского обслуживания, нежели строительство новой больницы. Это служит ярким примером того, как средства могут приниматься за цели.*

***Еще один пример.** Исследуется проблема о слиянии в одной из областей мелких деревообрабатывающих предприятий в одно крупное объединение, с очевидными выгодами технологического и экономического характера. Местные власти, изначально провозглашавшие заинтересованность в таком объединении и повышении эффективности*

этого производства, на деле «заблокировали» этот вариант. В результате анализа выяснилось, что при образовании мощного объединения деревообрабатывающие предприятия перейдут из системы местной промышленности в подчинение республиканского министерства, что резко снизит как отчисления в местный бюджет, так и процент производимых материалов и изделий, распределяемый в области.

Итак, исследование целей заинтересованных в проблеме лиц должно предусматривать возможность их уточнения, расширения или даже замены.

Множественность целей. Цель никогда не бывает единственной. Обычно целей несколько, даже если они объединены одной формулировкой – «глобальная цель», и важно при выявлении целей не упустить какую-нибудь существенную из них. Необходимо учитывать цели всех заинтересованных сторон (т.е. тех, кого данная проблема касается непосредственно). При этом по отношению к каждой из заинтересованных сторон также возникает проблема полноты задания ее целей. Вместе с неясностью первоначальной цели это приводит к необходимости каких-то рекомендаций относительно поиска действительных целей.

Полезными оказываются следующие способы:

- включать в рассмотрение цели, противоположные заявленным (как в приведенном выше примере – «не строить больницу»);
- включать цели «двойственные» (например, «минимизировать страдания» не то же самое, что «максимизировать удовольствия»);
- выявлять не только «желаемые», но и «нежелательные» по последствиям цели (чтобы как можно раньше предвидеть возникновение новых проблем - типа загрязнения окружающей среды);
- допускать к рассмотрению вообще всякие цели (договорившись, что критика их будет позже), единственным ограничением может служить то, что цели должны быть четко сформулированы (излагаться в номинальной шкале, т.е. быть названиями).

Некоторой гарантией полного и всестороннего рассмотрения цели является рекомендация по количеству уровней дерева цели. Наличие в дереве целей одного или двух уровней подцелей гарантирует не только детализацию глобальной цели, но ее уточнение и более однозначное представление.

Опасность смешения целей. Различие между целями не всегда очевидно, и существует опасность ошибочно принять одни за другие. Такая ситуация возникает обычно, когда специалисты-профессионалы, участвующие в решении проблем, навязывают свое видение мира и тем самым подменяют общие цели некоторыми локальными своими целями. «Операция прошла успешно, но пациент умер», - это не дурная шутка, а действительно встречающееся среди хирургов серьезное высказывание при оценке операции.

***Пример.** Имеется большое количество отмеченных конкурсными призами рекламных плакатов, которые не оказали никакого влияния на сбыт рекламируемой продукции.*

***Пример.** Обследование Национальной Службы Здоровья в Англии показало, что менее одного процента времени подготовки врачей этой службы посвящено профилактической медицине, хотя организация создавалась именно с этой целью.*

Смешение целей может и не быть столь явным.

***Пример.** Руководство города хотело бы уменьшить число нарушений правил дорожного движения и одновременно наказывать штрафом как можно больше нарушителей. Существует два хорошо известных альтернативных способа достижения этих целей - милицейская засада и открытое патрулирование. Первый способ увеличивает вероятность поимки нарушителя. Второй - отбивает охоту к нарушениям. Если цель - максимизировать число наказанных нарушителей или увеличить городской бюджет за счет штрафов, то, по-видимому, для этого лучше подойдет*

засада, как ни неприятно применять обманную тактику. Если же, с другой стороны, цель - уменьшение количества дорожных происшествий или числа попыток нарушить правила (даже если сами попытки станут более успешными, поскольку нарушитель будет действовать, точно зная, присутствует ли милиционер), то вполне может оказаться, что более частое и открытое присутствие милиционеров, способных немедленно покарать нарушителя, побудит водителей к осторожности и тем самым будет достигать цели наилучшим образом.

Примеры смещения целей можно продолжать. Именно это стало причиной экологических проблем Байкала, Аральского моря, появления проекта работ по переброске вод северных рек на юг и т.д.

Изменение целей со временем. Изменение целей во времени может происходить не только по форме, в силу все лучшего понимания действительных целей, но и по содержанию - вследствие изменения объективных условий и/или субъективных установок, влияющих на выбор целей. Сроки старения целей различны и зависят от многих причин. Цели более высоких уровней долговечнее. В социальных системах цели высших уровней формулируются как интересы будущих поколений, сроки целей нижних уровней связаны с настоящими действиями и с действиями в ближайшем будущем. Динамичность целей также должна учитываться в системном анализе.

Далее мы еще вернемся к проблеме формулирования целей при рассмотрении методов построения деревьев целей (структуризации и детализации целей) и методик их количественной оценки и анализа.

5.2.5 Критерии при формировании целей.

Термин «критерий» в системном анализе имеет более широкий смысл, чем, например, в теории оптимизации – «критериальная функция». Более широкий смысл заключается в том, что критерий рассматривается как любой способ сравнения альтернатив. Это означает, что критерием качества альтернативы может служить любой ее признак, значение которого можно зафиксировать в порядковой или другой более сильной шкале. После того, как такая характеристика найдена («критерий сформирован»), появляется возможность ставить задачи выбора. Действительно, критерий - это некоторая функция от принятого решения, которая позволяет количественно оценить его целесообразность.

Применительно к проблеме формирования целей конкретное значение критерия должно характеризовать уровень достижения цели, эффективность используемых при этом методов и средств. Содержание процесса перехода от целей к критериям и многие особенности этого перехода становятся ясными, если рассматривать критерии как количественные параметры качественных целей. По существу, критерий является отображением ценностей (воплощенных в целях) на параметры альтернатив (допускающие упорядочение). Определение значения критерия для данной альтернативы является, по существу, косвенным измерением степени ее пригодности как средства достижения цели.

Если исходить из того, что критерий - это измеренная цель, которая имеет единственный численный измеритель, тогда цель и критерий полностью совпадают. Однако тождественность этих понятий имеет место только в самых простых случаях, когда для измерения уровня достижения простой, однозначной цели применяется четко выраженный единственный критерий. При системном анализе большинства практических проблем такие условия выполняются редко.

Наиболее сложную проблему представляет задача оценки и сравнения многокритериальных альтернатив. Многокритериальность реальных задач связана не только с множественностью целей, но и с тем, что одну цель редко удается выразить одним критерием, хотя к этому обычно стремятся. И, в принципе, возможны случаи, когда единственный критерий отвечает требованиям практики.

Например, по стандартам ЮНЕСКО уровень медицинского обслуживания оценивается по статистике детской смертности.

Все же случаи, когда единственный критерий удачно отображает цель, скорее исключение. Это и понятно: критерий лишь приближенно (как и всякая модель) отображает цель.

Например, критерий быстроты прибытия пожарных не адекватен цели борьбы с пожарами: он не связан с уменьшением числа возгораний. Число студентов на одного преподавателя не однозначно связано с качеством подготовки специалистов в вузе.

Решение может состоять не только в поиске более адекватного критерия, но и в использовании нескольких критериев, описывающих одну цель по-разному и дополняющих друг друга.

Например, в процессе формирования критериев для достаточно ясной цели: «улучшить уборку мусора в большом городе», были отвергнуты следующие, на первый взгляд, подходящие критерии:

- *расходы по уборке мусора в расчете на одну квартиру,*
 - *число тонн убираемого мусора в расчете на один рабочий человеко-час,*
 - *общий вес вывозимого мусора и т.п.,*
- так как эти критерии ничего не говорят о качестве работы. Более удачными были признаны такие критерии, как:*
- *процент жилых кварталов без заболеваний,*
 - *снижение числа пожаров из-за возгорания мусора,*
 - *уменьшение числа укусов людей крысами,*
 - *количество обоснованных жалоб жителей на скопление мусора.*

Впрочем, очевидно, что и эти критерии отражают только отдельные стороны качества уборки мусора в городе.

Можно говорить, что многокритериальность является способом повышения адекватности описания цели, но при этом необходимо помнить, что дело не только и не столько в количестве критериев, сколько в том, чтобы они достаточно полно «покрывали» цель. Это означает, что критерии должны описывать по возможности все важные аспекты цели, но при этом желательно минимизировать число необходимых критериев. При формировании критериев ищется компромисс между полнотой (точностью) описания целей и количеством критериев.

При выборе критерия необходимо, чтобы выполнялось следующее условие: критерии, используемые для решения задач низшего уровня, должны соответствовать, увязываться с критериями, используемыми на следующем, более высоком уровне. Кроме того, необходимо, чтобы выбранные критерии и методы их определения нацеливали коллективы на повышение эффективности своей деятельности.

Критерий должен отвечать следующим основным требованиям:

- быть представительным;
- критичным (чувствительным) к изменению исследуемых параметров;
- по возможности простым.

Представительность критерия означает оценку основных (а не второстепенных) целей системы и учета всех главных сторон ее деятельности.

Критичность к исследуемым параметрам состоит в значительных изменениях величины критерия при сравнительно малых изменениях исследуемых параметров. Высокая критичность в ряде случаев облегчает проведение математических исследований.

Процесс формирования критериев должен идти сверху вниз при условии, что снизу вверх поступает необходимая для этого информация. Поэтому важнейшей обязанностью руководителей является обеспечение нижестоящих иерархических уровней критериями оценки, а вышестоящих - необходимой информацией.

Но не следует слишком критично относиться к тому, что расхождение между критериями и целями неизбежно. Древняя поговорка гласит: "Можно много пройти в башмаках, которые немного жмут".

5.3 Пути достижения поставленных целей.

Говоря о путях достижения поставленных целей, мы будем исходить из того, что задано множество альтернативных вариантов путей достижения цели, т.е. считается, что уже имеется то, из чего выбирать, и вопрос состоит в том, как выбирать. Это формальная постановка задачи: все главные трудности считаются уже преодоленными, и речь идет о «технических» трудностях. Но формирование множества альтернатив и является наиболее трудным, наиболее творческим этапом системного анализа. Выше мы частично касались проблемы формирования набора мероприятий при рассмотрении технологии СВОТ – анализа.

Важность этапа формирования множества альтернатив подтверждается тем, что далее идет поиск самой лучшей альтернативы в заданном множестве альтернатив, и если в это множество мы, по каким-то причинам, не включили действительно наилучшую, то никакие методы выбора ее не «вычислят».

Процесс генерирования альтернатив является достаточно сложным и существуют методы коллективной работы по решению этих творческих задач. К этим вопросам обратимся при рассмотрении методов экспертного оценивания.

Проблема нахождения наилучшего пути достижения поставленной цели из нескольких альтернативных путей распадается на две части. Первая часть проблемы заключается в том, как из множества возможных вариантов отобрать наиболее рациональные и доминирующие, а вторая - как из сравнительно небольшого числа рациональных вариантов выбрать наилучший. В некоторых случаях первая часть проблемы решается на основе чисто качественных рассуждений.

Рассмотрим пример такого выбора. Имеется несколько разных вариантов организации производства (технологий), обеспечивающих выпуск конкретных объемов продукции. Естественно, каждый вариант имеет свою структуру и объемы затрат. Необходимо их сравнить и выбрать наиболее рациональный.

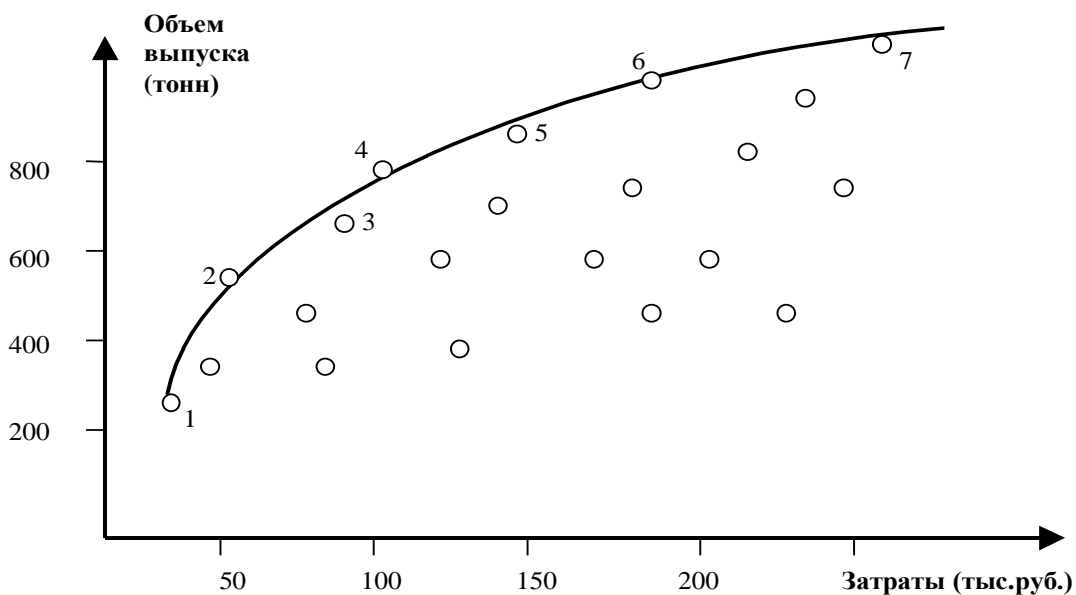


Рис. 5.1 Отбор доминирующих путей достижения целей

Доминирующие варианты (рис. 5.1) соединены кривой. О каждом из доминирующих вариантов можно сказать, что среди различных путей достижения

поставленных целей нет других, которые обеспечивали бы получение данного результата с меньшими затратами или при данных затратах позволяли бы достичь больших результатов. Однако этот способ не позволяет руководителю определить, какому из доминирующих вариантов следует отдать предпочтение.

Для оценки вариантов действий, характеризующихся двумя показателями, могут использоваться так называемые «кривые безразличия».

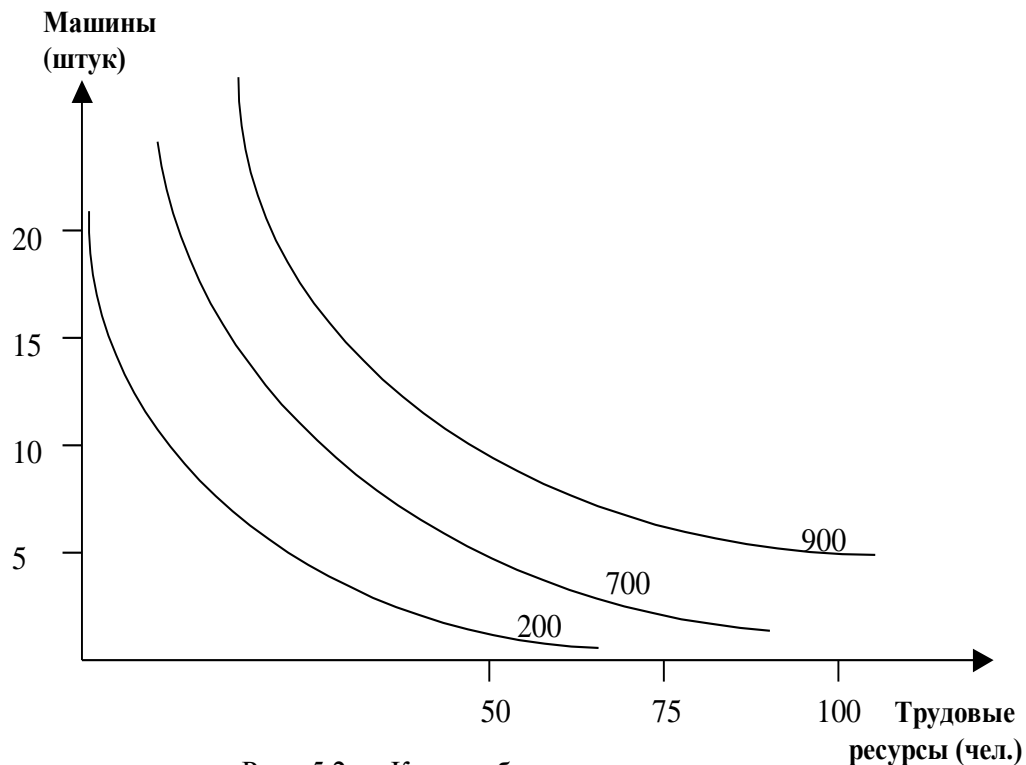


Рис. 5.2 «Кривые безразличия»

При построении «кривых безразличия» предполагается, что существуют сочетания двух показателей, эквивалентных с точки зрения общих целей. В прямоугольной системе координат по осям откладывают значения показателей и находят точки, характеризующие эквивалентные их сочетания. Соединив эти точки, получают «кривую безразличия».

Само название таких кривых идет из широко используемого метода теоретического изучения проблем спроса и потребления. Здесь по осям координат откладываются количества некоторых взаимозаменяемых товаров. Кривая безразличия соединяет все точки, отражающие такие комбинации товаров (ассортиментные наборы), что покупателю безразлично, какую из них покупать.

Рассмотрим более подробно выбор лучшей стратегии с помощью «кривых безразличия» на примере определения оптимальной производственной программы. На рис. 5.2 приводятся такие кривые, построенные исходя из возможности производства различного количества продукции (от 200 до 900 единиц) при различных сочетаниях потребных трудовых ресурсов и используемого оборудования.

Для выбора лучшей стратегии нам необходимо также знание величин затрат, потребных для реализации той или иной стратегии. На рис. 5.3 приведены прямые равной стоимости. При построении этих прямых предполагалось, что каждая единица рабочей силы обходится в 200 стоимостных единиц и что каждая машина стоит 1000 стоимостных единиц. Таким образом, затраты 10000 единиц только на одни машины будут означать приобретение 10 машин. Подобные затраты только на рабочую силу будут означать использование 50 человек. Все другие комбинации количества рабочей силы и машин, требующие для своей реализации 10000 единиц стоимости, будут лежать на прямой 10000 единиц.

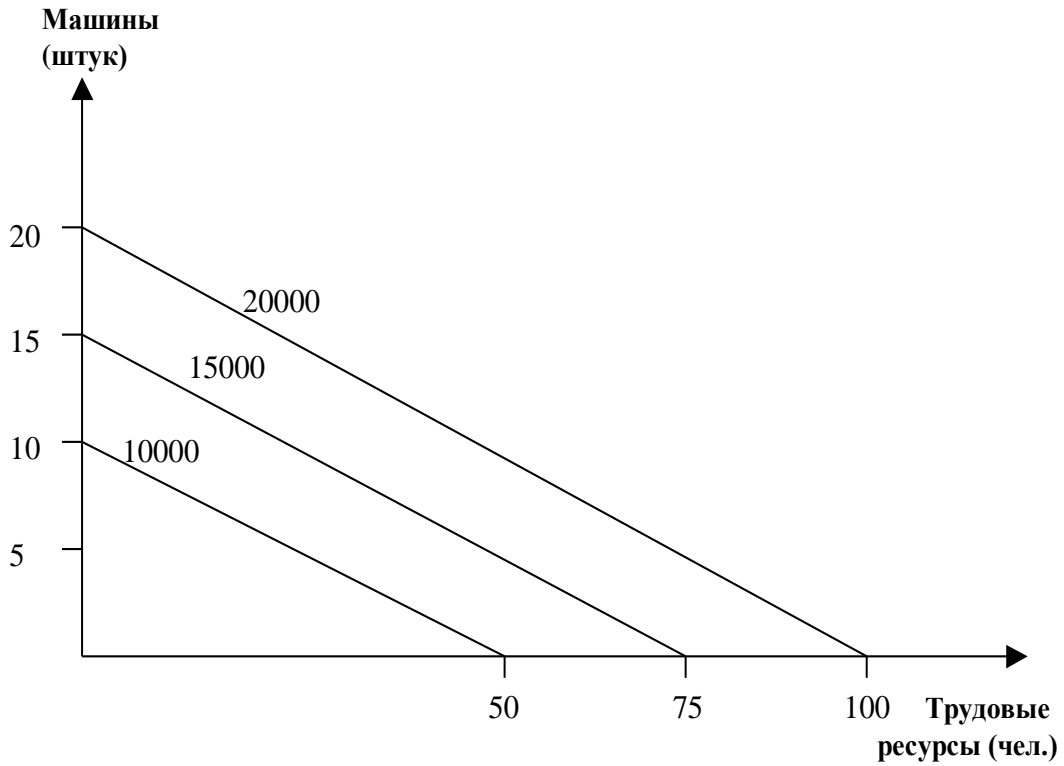


Рис. 5.3 Линии равных стоимостей

Кстати, следует отметить, что прямые равной стоимости также взяты из методов изучения спроса и потребления. Там они называются бюджетными линиями или линиями возможностей потребления

Если мы совместим «кривые безразличия» с линиями равных стоимостей, то получим график, изображенный на рис. 5.4.

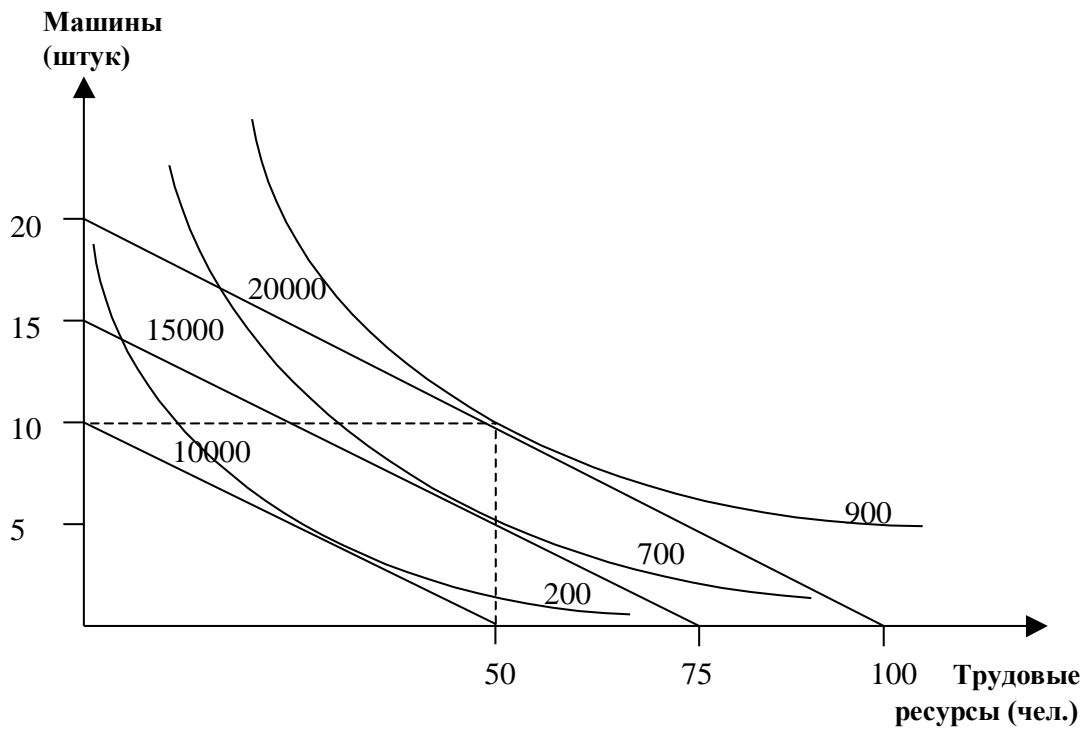


Рис.5.4. «Кривые безразличия» и линии равных стоимостей

Оказалось, что линия равных стоимостей в 20000 единиц касается "кривой безразличия", обеспечивающей выпуск 900 единиц продукции, только в одной точке. Отсюда следует, что минимально возможные затраты для выпуска 900 единиц продукции равны 20000 единиц стоимости при использовании 10 машин и 50 человек. Справедлива и обратная постановка задачи: затраты в 20000 единиц могут обеспечивать максимально возможный выпуск продукции, равный 900 единиц, при использовании 10 машин и 50 человек. При другом сочетании используемого количества машин и рабочей силы при затратах в 20000 единиц выпуск 900 единиц продукции не может быть достигнут.

На рис. 5.5 приводится график зависимости максимально возможного количества выпускаемой продукции от величины затрат или минимальных затрат при заданном уровне выпуска продукции.

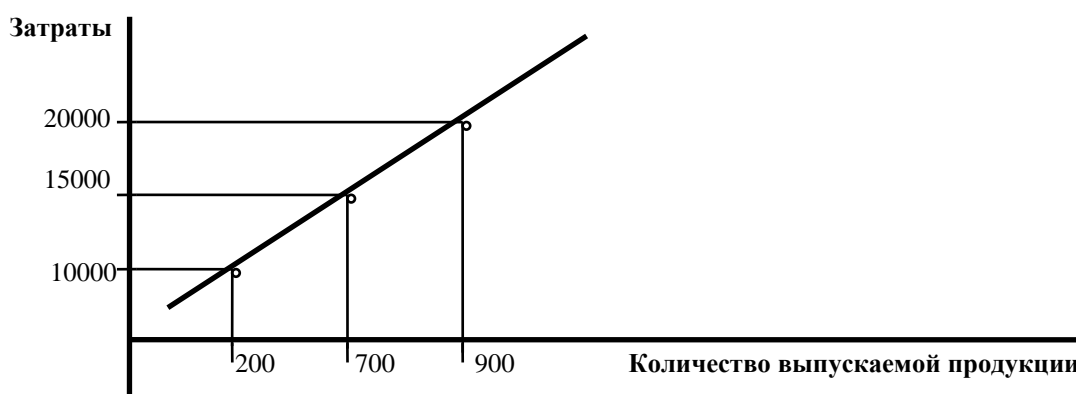


Рис. 3.5. Зависимость величины затрат от объёма и выпуска продукции

Теперь, располагая некоторыми дополнительными данными о спросе на продукцию, ресурсах и др., можно определить оптимальную производственную программу.

Наиболее сложную проблему представляет задача оценки и сравнения многокритериальных альтернатив.

Возможность принятия и реализации различных вариантов решения одной задачи (достижение одной цели путем использования различных средств и методов) характерна для всех сторон планово-управленческой деятельности в социально-экономических системах.

5.4 Потребные ресурсы для достижения целей

Одним из основных условий определения и распределения потребных ресурсов является их ограниченность, что вызывает необходимость определения приоритетности их выделения и экономного использования. В связи с этим важное значение приобретает проблема взаимозаменяемости ресурсов.

Ресурсы являются как бы фильтром, сквозь который приходится пропускать принимаемое решение. Если исследование показывает, что потребности не обеспечены ресурсами, то необходимо пересматривать цели и стратегии до тех пор, пока не будет достигнут баланс целей и ресурсного обеспечения путей их достижения.

Задание целей, выбор стратегии и определение потребных ресурсов всегда взаимосвязаны.

Имеющиеся ресурсы, способы их производства и потребления, возможность реализации тех или иных стратегий достижения поставленных целей активно воздействуют на процесс выработки целей. «...Человечество ставит себе всегда только такие задачи, которые оно может разрешить, так как при ближайшем рассмотрении всегда оказывается, что сама задача возникает лишь тогда, когда материальные условия

ее решения уже имеются налицо, или, по крайней мере, находятся в процессе становления».

С другой стороны, пересмотр целей и стратегии возможен и в том случае, если обнаружится недоиспользование одного или нескольких видов ресурсов.

5.5 Заключительные замечания

Рассматривая основные этапы (укрупненную схему) системного анализа применительно к анализу сложных проблем можно выделить нечто общее для всех этапов, которое заключается в том, что при реализации каждого этапа мы обязательно разбиваем его на некоторые составные части (подэтапы), и затем последовательно их выполняем. Как уже говорилось выше, становление системного анализа как раз и заключалось в том, что вырабатывались общие подходы к расчленению (детализации, структуризации) сложных задач, проблем. Поэтому, казалось бы, что необходимо предлагать более детальные и подробные схемы проведения системного анализа.

Однако рассмотренные выше примеры свидетельствуют о том, что набор и содержание этих более мелких этапов существенно зависят от конкретной анализируемой проблемы (системы). Например, рассмотренная выше методика выбора путей достижения целей для производственной ситуации (анализ возможных технологий производства продукции) является предметно ориентированной и ее применение возможно только для аналогичных ситуаций. Методика СВОТ – анализа хорошо работает в ситуациях, когда идет анализ проблем стоящих перед конкретной организацией. поэтому более продуктивным необходимо признать подход, фиксирующий основные обязательные этапы, присутствующие при анализе любой проблемы, и дополняющий их методикой расчленения (структуризации) на более мелкие составные части.

Методика структуризации должна содержать в себе и технологии количественной оценки, как составных частей общей цели, так и альтернативных вариантов их достижения. В этом случае мы будем иметь общую методологию применимую к любым конкретным исследованиям. Вопросам изложения такой методики, обеспечивающей выполнение всей последовательности **«цель – пути достижения целей – потребные ресурсы»** будут посвящены три последующие главы.

5.6 Вопросы для самопроверки:

1. *Что является логической основой системного анализа?*
2. *Понятие «цель деятельности системы» и его содержание.*
3. *Критерии и их роль в системном анализе.*
4. *Проблемы выбора критерия*
5. *Пути достижения поставленных целей. Проблема выбора наилучшего пути.*
6. *«Кривые безразличия» при выборе эффективных путей достижения целей.*
7. *Линии равных стоимостей и их использование.*
8. *Потребные ресурсы для достижения поставленных целей.*

6 СТРУКТУРИЗАЦИЯ В СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ

В данной главе рассматриваются методы последовательного разбиения отдельных проблем (процессов, систем и т.п.) на составные части. Детализация (структуризация) сложной проблемы является одним из основных приемов в системном анализе, позволяющем свести решение сложной задачи к последовательности более простых задач. Основой методов структуризации являются формализованные процедуры, использующие аппарат теории графов. Применение этого аппарата позволяет применять компьютерную технику для количественной оценки и анализа структурированных проблем. В главе предлагаемый аппарат демонстрируется на примерах построения деревьев взаимосвязей (деревьев целей) для конкретных задач.

6.1 Методы структуризации

6.1.1 Деревья взаимосвязей

Как уже отмечалось ранее, главными задачами системного анализа являются: определение и детализация на составные элементы целей и путей их достижения, выявление существующих между ними взаимосвязей, обеспечение определенной логики решения возникшей проблемы (*цели - пути достижения целей - ресурсы*). Решению этих задач в существенной мере способствует применение метода структуризации, что дает основание выделить его среди других методов системного анализа и рассмотреть более подробно.

Метод структуризации основан на расчленении исследуемой проблемы на составные элементы с возможной последующей численной оценкой их относительной важности. Такую процедуру часто называют построением дерева целей. Однако поскольку в большинстве древовидных структур, предназначенных для решения тех или иных реальных задач, содержатся не только цели, но и средства их достижения (мероприятия, ресурсы и др.), то в общем случае их правильнее называть деревьями взаимосвязей или деревьями *цели-средства*.

В дальнейшем под деревом взаимосвязей будем понимать связный, неориентированный граф, вершины которого интерпретируются как элементы дерева, а ребра - как связи между ними. При этом допускается одно отступление от строгого определения понятия «дерево», принятого в теории графов. Оно заключается в том, что элементы дерева взаимосвязей могут входить в состав более чем одного элемента более высокого уровня, т.е. не выполняется одно из свойств дерева, согласно которому число ребер дерева на единицу меньше числа вершин.

Дерево взаимосвязей, в общем виде, изображено на рис. 4.1. Оно представляет граф $G=(X,R)$, где $X=\{X_0, X_1, \dots, X_{m-1}\}$ - множество элементов, принадлежащих m -уровню дерева взаимосвязей. На нулевом уровне представлен начальный элемент (цель, мероприятие, ресурс) - X_0 . Множество элементов на i -м уровне определяется как $X_i=\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iki}\}$, $0 \leq i \leq m-1$, где i - номер уровня дерева взаимосвязей, а k_i - количество элементов на i -м уровне.

Множество ребер $R=\{r_{jiz}\}$ графа G обозначают взаимосвязи между элементами, из которых выходит ребро, и элементами, в которые оно входит. j - номер элемента i -го уровня, из которого выходит ребро, z - номер элемента $(i+1)$ -го уровня, в который оно входит;

$$0 \leq i \leq m-2, 1 \leq j \leq k_i, 1 \leq z \leq k_{i+1}$$

Одна из главных задач построения деревьев взаимосвязей состоит в том, чтобы установить полный набор элементов на каждом уровне и определить взаимосвязи и соподчиненность между ними (**качественный аспект**). Другая задача - последующее определение коэффициента относительной важности (КОВ) элементов каждого уровня дерева взаимосвязей (**количественный аспект**).

Общими правилами построения деревьев взаимосвязей являются следующие:

- соподчиненность, т.е. элементы нижнего уровня подчиняются элементам более высокого уровня, вытекают из них, обеспечивают их реализацию;
- сопоставимость, т.е. на каждом уровне дерева взаимосвязей рассматриваются элементы, сопоставимые по своему масштабу и значимости, полученные в результате детализации по одному принципу;
- полнота, т.е. дерево взаимосвязей на каждом уровне включает все элементы;
- определенность, т.е. формулировка целей и других элементов дерева взаимосвязей позволяет оценить степень их достижения в количественной или порядковой форме («больше – меньше», «лучше – хуже»);
- возможность внесения корректировок в дерево взаимосвязей как при изменении самих целей, так при изменении возможностей их реализации.

УРОВЕНЬ

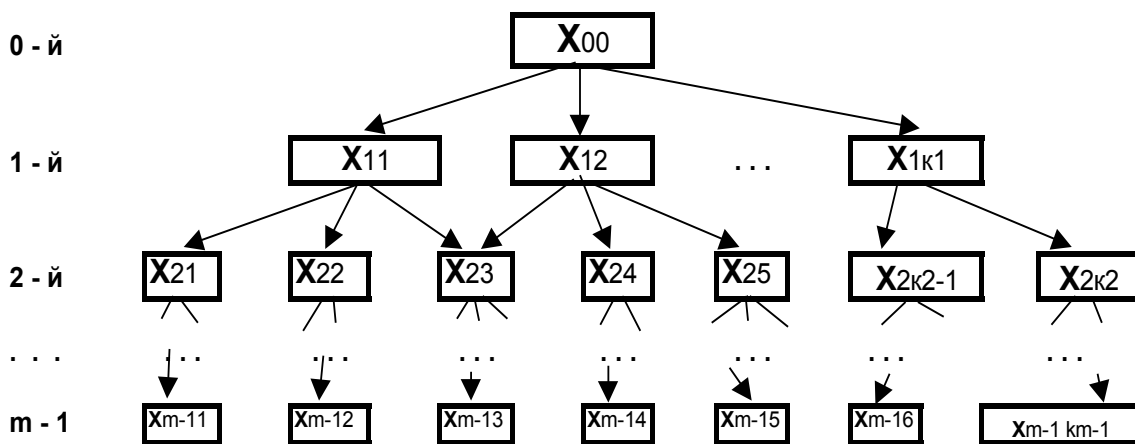


Рис. 4.1 Дерево взаимосвязей в общем виде

Иногда говорят, что элементы одного уровня дерева взаимосвязей должны удовлетворять принципу не пересекаемости, т.е. быть независимыми, логически не выводимыми друг из друга. Принципы детализации, используемые при построении реальных деревьев взаимосвязей, удовлетворяют данному условию только в отдельных частных случаях. Некоторые элементы одного уровня дерева взаимосвязей могут иметь полностью или частично одинаковые компоненты, входящие в их состав.

Попытка следовать принципу не пересекаемости резко сократит область применения метода структуризации, приведет к построению структур, слабо связанных с практическими задачами планирования и управления.

Дерево взаимосвязей может представлять **полный** связный граф (содержать цели, мероприятия, ресурсы) или являться **частным** несвязным графом (содержать или цели, или мероприятия, или ресурсы).

В зависимости от того, детализирует ли каждый рассматриваемый элемент один или несколько элементов более высокого уровня, можно выделить три типа деревьев взаимосвязей: с перекрестными связями, прямыми связями и со связями смешанного типа.

При прямых связях количество элементов по мере перехода на более низкие уровни дерева взаимосвязей всегда увеличивается (ветвление). При перекрестных же связях может иметь место уменьшение числа элементов («сужение» дерева взаимосвязей).

Такое положение является типичным при переходе от целевых уровней к уровням мероприятий и от уровня мероприятий к ресурсному. Например, последний уровень дерева мероприятий содержит несколько десятков элементов, в то время как следующий за ним первый уровень ресурсов может содержать в агрегированном виде перечень всех видов ресурсов (материально-технические, трудовые, финансовые, информационные), т.е. всего несколько элементов, которые необходимы для реализации практически всех мероприятий.

Однако при сужении не используется степень детализации, полученная ранее (например, получены конкретные формулировки целей, а мероприятия опять сформулированы в самом обобщенном виде). Поэтому детализировать мероприятия следует для **каждой цели отдельно**, тем более что КОВ одних и тех же мероприятий, предназначенных для реализации выявленных целей, могут быть разными.

Таким образом, при построении связанного графа (**цели - мероприятия - ресурсы**) мероприятия следует структурировать для каждой конкретной цели, представленной на последнем уровне дерева целей, а ресурсы для каждого конкретного мероприятия, представленного на последнем уровне дерева мероприятий.

Для выявления полного набора элементов каждого уровня вначале лучше построить дерево с прямыми связями, а затем, если это необходимо, перейти к обобщенной структуре с перекрестными связями.

Второй вариант дерева взаимосвязей графически является более компактным. Кроме того, при определении КОВ отдельных элементов для второго варианта дерева взаимосвязей в том случае, когда оно является достаточно простым и оценку производит сразу для всех элементов одна группа экспертов, требуется меньшее количество анкет (все данные по оценке КОВ сводятся в одну анкету).

Однако, когда число элементов одного уровня превышает 8-12 (а такая ситуация практически всегда имеет место, начиная со 2-го или 3-го уровня), предпочтение следует отдать структуре с прямыми связями. В противном случае будет затруднено определение КОВ отдельных элементов дерева взаимосвязей.

6.1.2 Основные принципы структуризации

Возможны различные принципы детализации дерева взаимосвязей, в частности:

1. Предметный принцип. В соответствии с предметным принципом элементы дерева взаимосвязей разбиваются на элементы той же природы, только более дробные, например увеличение производства товаров народного потребления - на увеличение производства одежды, обуви и т.д. Иначе говоря, при применении предметного принципа структуризации на разных уровнях дерева взаимосвязей представлены элементы одного и того же типа, но сформулированные с разной степенью детализации. Объектами детализации могут быть и цели, и мероприятия, и ресурсы, когда они выражаются в виде конкретных объектов, поддающихся классификации.

Предметный принцип структуризации применяется для того, чтобы раскрыть содержание детализируемого элемента с точки зрения входящих в его состав компонентов. При применении данного принципа в формулировках детализирующих элементов меняется только объект, на который направлена данная функция или

действие. Сама же функция или действие остаются без изменения. Например, «совершенствование подготовки кадров» детализируется на элементы «совершенствование подготовки кадров руководителей», «совершенствование подготовки кадров рабочих» и т.д.

2. Функциональный принцип. Для определения направлений детализации элементов, полученных при использовании функционального принципа, необходимо уточнить понятие функции. Введём следующее определение: **функция** - это специфическая деятельность социально-экономической системы или её подсистемы, направленная на удовлетворение определённых общественных потребностей. Функция является продуктом процесса общественного разделения труда и специализации.

Определённые функции выполняют реально существующие системы (коллектив, человек, машина и т.д.). В дереве взаимосвязей определяется содержание тех функций, которые должны выполняться теми или иными конкретными системами для достижения поставленных целей. Поэтому при использовании функционального принципа выявляются отдельные функции, совокупность которых определяет содержание структурированной цели и путей её достижения. Например, цель «повышение уровня хозяйственного руководства» можно детализировать на совершенствование планирования, управления, организации и т.д. Иными словами, функциональный принцип детализации применяется для того, чтобы раскрыть содержание детализируемого элемента с точки зрения определения направления действий по достижению целей данного элемента. При применении данного принципа в формулировках детализирующих элементов меняются содержание функции, направления действия. Например, функцию управления можно детализировать на целеполагание, прогнозирование, планирование и т.д. на любом уровне управления.

При конкретизации понятия отдельных элементов, полученных на основе функционального принципа, применяются приводимые ниже принципы структуризации.

1. *Принцип детализации по этапам производственного цикла.* (производство, распределение, обмен и потребление) или жизненного цикла технических объектов (НИОКР, внедрение в производство, производство, эксплуатация).

2. *Принцип детализации по этапам принятия решения.*

3. *Принцип охвата всех факторов, влияющих на решение рассматриваемой проблемы, и трансформации их в цели или мероприятия.* Например, в дереве целей «улучшение использования металла на машиностроительном предприятии» в подцели «улучшение использования конструктивных факторов экономии металла» выделяются такие элементы, как «уменьшение запасов прочности конструкции», «упрощение формы конструкции», «внедрение специальных профилей» и т.д.

4. *Принцип адресности.* В этом случае та или иная цель, мероприятие или другой элемент конкретизируется по месту их исполнения. При использовании данного принципа дерево взаимосвязей строится не только для экономической системы в целом, например отрасли, но также и для её отдельных компонентов (объединений, предприятий и т.д.). Иными словами, мы можем начать решать другую задачу - построение дерева взаимосвязей не только для изучаемого объекта, но и для его составных элементов.

5. *Принцип детализации по составным элементам процесса производства:*

а) средства труда и предметы труда, например: повышение надежности технической системы, повышение долговечности инструмента, удовлетворение потребности народного хозяйства в сырье, повышение объема выпуска продукции и т.д.;

б) отношение между людьми и средствами производства, например, повышение дисциплины труда, улучшение социального климата в коллективе, увеличение срока использования оборудования и т.д.

6. *Принципы, характеризующие структуру хозяйства:* промышленность, сельское хозяйство, транспорт и т.д. Соответственно могут выделяться такие цели, как:

развитие промышленности и отдельных её отраслей, совершенствование торговли, совершенствование работы определённого цеха на предприятии и т.д. (Во многих задачах данный принцип может совпадать с принципом адресным.)

7. *Системный принцип*: (на составные компоненты материальной системы). Например, разработка автомобиля - на разработку двигателей, кузова, системы подвески и т.д.

Безусловно, в одном дереве взаимосвязей использовать все эти принципы структуризации не нужно, все зависит от содержания конкретных задач, решать которые предполагается с помощью метода структуризации, от уровня исследуемой проблемы.

Используя перечисленные принципы при построении деревьев взаимосвязей, необходимо обязательно соблюдать следующее условие: элементы одного уровня дерева взаимосвязей должны быть сформированы на основании одного принципа детализации (предметного или функционального), т.е. на одном уровне не допускается смешение используемых принципов структуризации.

Использование в определенной последовательности данных принципов структуризации дает возможность, постепенно конкретизируя содержание элементов, добиться требуемого уровня детализации. Действительно, каждый из указанных принципов, взятый в отдельности, является только теоретической абстракцией. На практике не существует в отдельности, скажем, функции планирования и соответственно функциональной цели – «совершенствование планирования», она обязательно должна быть привязана к определенному объекту. Например, такая функциональная цель, как «совершенствование планирования сбыта на промышленном предприятии», является пересечением функционального и адресного принципов структуризации (планирование и сбыт рассматриваются как отдельные функции).

Наверное, невозможно предложить твердый порядок (последовательность) применения на практике предложенных принципов структуризации. Важно, чтобы при построении дерева взаимосвязей были даны ответы на все поставленные вопросы, вытекающие из целей применения данного метода, а в какой последовательности даются эти ответы - менее важно. Главным здесь является использование принципов структуризации в такой последовательности, чтобы специфика объекта, его основные особенности были выявлены на более раннем этапе. Например, при построении дерева взаимосвязей, предназначенного для выявления наилучших путей совершенствования деятельности предприятия вплоть до отдельных цехов этого предприятия, после определения содержания целей совершенствования деятельности предприятия в целом следует использовать адресный принцип структуризации, поскольку более конкретные мероприятия по их осуществлению могут быть различными для разных цехов.

Важным аспектом построения деревьев взаимосвязей, и в первую очередь деревьев целей, является вопрос учета целей внешних и внутренних по отношению к системе, для которой строится дерево, целей.

Такой учет можно осуществить, представив сразу же на первом уровне дерева внешние и внутренние цели. При таком подходе сразу же на первом уровне дерева целей выполняется принцип охвата интересов всех сторон, на достижение целей которых влияет работа анализируемого объекта.

Однако при таком подходе, на наш взгляд, не соблюдается важный принцип системного анализа, согласно которому в иерархических системах деятельность системы данного уровня подчинена целям системы более высокого уровня управления. Этим важным принципом следует руководствоваться также и при построении дерева целей.

Внутренние же цели автоматически появятся при правильном построении дерева целей на его более низких уровнях.

В некоторых случаях задачу определения правильного соотношения между целями и средствами усложняет то обстоятельство, что некоторые средства

достижения поставленных целей из-за своей высокой актуальности и большого значения помещают на один уровень с целями, на выполнение которых направлены эти средства. Например, строя дерево целей совершенствования деятельности предприятия, нельзя на одном уровне с такими целями, как «увеличение объема выпуска продукции», «освоение новых видов продукции», поместить такой элемент, как «повышение производительности труда». Он является, пускай самым главным, но все же средством достижения перечисленных выше целей и должен быть представлен на более низких уровнях дерева взаимосвязей.

Глубина детализации элементов дерева взаимосвязей (число его уровней) в основном определяется целями исследования. Если, например, поставлена задача подробно изучить все взаимосвязи при совершенствовании управления на предприятии, то дерево строится вплоть до уровней, позволяющих выявить это влияние на низовые звенья предприятия (участки, бригады).

Выбор принципа структуризации элементов дерева взаимосвязей и глубины структуризации в существенной мере зависят также от того, характеризуют или нет ключевые слова (являющиеся объектом структуризации в формулировке элемента дерева) реальный объект (обувь, самолет и т.д.) или понятие (производительность труда, качество и т.д.). Во втором случае возможность структуризации по предметному принципу отсутствует.

Кроме того, направление и глубина структуризации зависят также от того, являются или нет ключевые слова однозначными, четко определенными понятиями. Например, в такой цели, как «повысить производительность труда» ключевое понятие «производительность труда» является однозначным, в него вкладывается определенный смысл. Его можно структурировать только с позиций конкретизации видов работ и адресной привязки с целью определения значения, требуемого уровня повышения производительности труда и определения мероприятий по достижению данной цели.

Другое дело, если производится структуризация такой цели, как «повысить качество выпускаемой продукции». Данную цель обязательно надо структурировать в направлении раскрытия понятия качество, поскольку оно не является однозначным, а включает такие составные компоненты, как долговечность, надежность, внешний вид и т.д.

Поэтому чем сложнее, менее определенным является ключевое понятие, тем больше уровней содержит дерево взаимосвязей.

В дереве взаимосвязей может быть так называемое явление «зависание ветвей». Его суть заключается в том, что не все ветви при структуризации заканчиваются на одном уровне. Особенно часто это имеет место в том случае, когда производится параллельная структуризация разнохарактерных элементов (научно-технических, производственных, социальных, экономических). При этом производственная цель, связанная с увеличением объема выпуска какого-либо вида продукции, имеет, как правило, большую глубину детализации по сравнению с экономической целью: «улучшить экономические показатели работы».

Такое отсутствие симметрии в структуре дерева взаимосвязей затруднит последующее определение КОВ. В некоторых случаях можно рекомендовать введение дополнительных уровней для устранения явления зависания. Например, вместо того чтобы сразу раздельно представлять такие элементы, как «сделать работу более привлекательной в социальном плане» и «улучшить экономические показатели работы предприятия», можно дать вначале их обобщенную формулировку: «улучшить социально-экономические показатели работы предприятия».

Из трех типов рассматриваемых деревьев (дерево целей, дерево мероприятий, дерево ресурсов) наиболее простым с точки зрения его построения является дерево ресурсов. Действительно, исходный перечень ресурсов практически является одинаковым для решения любой проблемы. Кроме того, существуют классификации

отдельных видов ресурсов, использование которых дает возможность достаточно просто определить состав элементов такого дерева. Процедуры оценки КОВ элементов дерева ресурсов аналогичны процедурам оценки КОВ деревьев целей и мероприятий. По этим причинам ниже мы будем рассматривать в основном построение и расчет деревьев целей и мероприятий.

Если поставленные цели не могут быть полностью достигнуты с помощью выбранных способов (например, из-за ограниченности ресурсов), следует уточнить эти цели, пути их достижения, а также КОВ. Таким образом, для окончательного определения структуры дерева взаимосвязей и КОВ необходимо совмещать движение по уровням дерева сверху вниз и снизу вверх.

В дереве взаимосвязей, если его рассматривать как связный граф, могут содержаться целевые уровни, уровни мероприятий и ресурсов. С другой стороны, если рассматривать дерево взаимосвязей в качестве несвязного графа, оно разбивается на три изолированных дерева: целей, мероприятий и ресурсов, которые, если этого требует специфика рассматриваемой проблемы, можно строить обособленно.

Возникает вопрос: где проходит раздел между целевыми уровнями и уровнем мероприятий, если они представлены в дереве взаимосвязей, являющемся связным графом? Для правильного ответа на этот вопрос, прежде всего, следует исходить из того, что цель - это желаемый результат, а мероприятие - это конкретное действие (способ) по достижению поставленных целей.

Поскольку в деревьях взаимосвязей элементы более высоких уровней являются целями, а элементы более низких уровней - средствами достижения поставленных целей и такая закономерность сохраняется для всех уровней дерева взаимосвязей, то, рассматривая изолированно одну формулировку элемента, далеко не всегда можно сказать, является он целью или мероприятием. Для ответа на этот вопрос необходимо изучить всю структуру дерева взаимосвязей.

6.2 Примеры построения деревьев целей

6.2.1 Общие вопросы построения деревьев

Общие принципы построения деревьев взаимосвязей, изложенные выше, справедливы также для случая построения частных типов деревьев: целей, мероприятий и ресурсов.

Ниже речь пойдет о трансформации этих общих принципов применительно к конкретным задачам построения деревьев целей. Приводимые примеры характеризуют в основном отраслевой и более низкие уровни управления, хотя излагаемый материал может использоваться при построении деревьев целей более высоких уровней планирования и управления.

При построении дерева целей используется логика И (конъюнкция). Если речь идет о построении полного дерева целей, то на его первом уровне детализация производится исходя из **принципа охвата всех сторон деятельности** исследуемого объекта (научно-технической, производственной, экономической и социальной).

Довольно часто дерево целей строится для решения какой-то одной проблемы, например научно-технической. В этом случае структурируется только эта сторона деятельности, а другие аспекты могут учитываться в выбранной системе критериев.

При структуризации элементов на целевых уровнях мы должны дать ответ на вопрос: какой результат должен быть достигнут? При этом учитывается, что ответ на вопрос «когда?» для всего дерева взаимосвязей получен при определении интервала времени, для которого оно строится. Для структуризации комплекса целей и мероприятий, как функций времени, необходимо использовать иные методы, нежели структуризация, например, методы сетевого планирования.

После того как получена достаточная степень конкретности при определении функционального содержания структурируемой цели, следует использовать предметный принцип структуризации, т.е. раскрыть предметное содержание каждой

целевой функции. Например, при дальнейшей конкретизации цели «совершенствование сбыта на промышленном предприятии» указываются конкретные виды промышленной продукции, сбыт которых необходимо совершенствовать.

Далее резонно возникает вопрос: как мы будем оценивать степень достижения поставленных целей. Для ответа на этот вопрос необходимо знать их требуемые значения. Поэтому при структуризации целесообразно выявить конкретные требуемые значения уровня достижения поставленных целей.

Следовательно, построение дерева целей может заканчиваться изложением требований к уровню достижения отдельных конкретных подцелей или их нормативных значений.

Здесь следует отметить, что нормативные значения не обязательно формируются только на последнем уровне дерева целей. В ряде случаев можно определить нормативные (требуемые) значения отдельных целей параллельно со структуризацией этих целей, т.е. представить такие нормативы на каждом уровне дерева, а не только на последнем. Например, в дереве целей по сокращению длительности цикла «исследование - производство» может быть определено нормативное значение снижения длительности данного цикла, как в целом, так и по его отдельным этапам и стадиям: научно-исследовательские работы, опытно-конструкторские работы, внедрение в производство и т. д.

При первоначальном построении дерева целей в нём могут быть представлены только ориентировочные требуемые (желаемые) значения уровня достижения поставленных целей, например максимальные (минимальные). После окончательного построения всего дерева взаимосвязей и оценки имеющихся ресурсов при движении снизу вверх по его уровням происходит окончательное уточнение возможного уровня (нормативов) достижения поставленных целей.

Возможность появления при структуризации целей альтернативных вариантов отдельных элементов с позиций достижения целей элементов более высокого уровня говорит об окончании построения целевых уровней и о переходе к построению дерева мероприятий.

Ниже рассмотрены примеры построения деревьев целей некоторых проблем.

6.2.2 Дерево целей экономической проблемы

Важным аспектом экономической деятельности отрасли, объединения, предприятия является обеспечение роста прибыли и рентабельности, других экономических показателей, что достигается в первую очередь за счет снижения издержек производства.

Такие важные цели, как увеличение объема выпуска продукции, повышение ее качества и др., рассматриваются, прежде всего, как важнейшие производственные цели деятельности социально-экономической системы, хотя, безусловно, при построении дерева мероприятий по их выполнению будет выделен и комплекс экономических мероприятий (материальное стимулирование, ускорение оборачиваемости оборотных средств и т.д.). Таким образом, основное содержание дерева целей экономической проблемы определяется ее структуризацией в направлении конкретизации отдельных экономических показателей, характеризующих экономические аспекты развития социально-экономической системы вплоть до их нормативных значений.

В качестве примера дерева целей экономической проблемы рассмотрим дерево целей снижения издержек производства (рис. 6.2). При построении данного дерева целей на первом уровне использовался принцип структуризации - охват всех направлений снижения издержек. На втором и третьем уровнях структуризации использован предметный принцип. Заканчивается построение данного дерева целей формулированием требуемых значений отдельных показателей, характеризующих уровень достижения данных целей.



Рис. 6.2 Схема дерева целей снижения издержек производства

6.2.3 Дерево целей социальной проблемы

Структура данного дерева определяется в результате детализации социальной проблемы в направлении раскрытия ее содержания вплоть до конкретных нормативных значений отдельных показателей, характеризующих уровень достижения поставленной социальной цели. На рис. 6.3 приводится пример дерева целей социальной проблемы. В качестве главной на нулевом уровне структуризации принята цель – «обеспечить требуемый уровень социального развития коллектива».

На первом уровне дерева целей проведено раскрытие содержания главной цели, для чего она структурирована на отдельные компоненты по принципу охвата всех направлений социального развития коллектива.

На втором уровне происходит дальнейшая конкретизация понятия главной цели на основе детализации подцелей, выделенных на первом уровне структуризации.

6.3 Построение дерева мероприятий

При структуризации элементов на уровнях мероприятий должны быть получены ответы на вопросы: как, каким образом, путем создания или совершенствования какой системы должны быть достигнуты поставленные цели? В качестве принципа структуризации на первом уровне дерева мероприятий можно рекомендовать принцип охвата всех видов деятельности по выполнению поставленных целей: научной, технической, производственной, социально-экономической, хозяйственной, организационной.

При этом следует учитывать, что для реализации какой-либо экономической цели требуются и экономические, и производственные, и другие мероприятия; для реализации какой-либо научно-технической цели могут потребоваться, в свою очередь, научные, технические, экономические и какие-то иные мероприятия. Иногда на первом уровне структуризации излагается сразу несколько и научно-технических, и производственных, и других мероприятий. Тогда на этом уровне целесообразно их сгруппировать в рамках этих обобщенных видов мероприятий (выделив контуры научно-технических, производственных и других мероприятий).

Поскольку не все мероприятия обладают одинаковой эффективностью с точки зрения достижения поставленных целей, а ресурсы ограничены, после количественной оценки степени предпочтения этих мероприятий часть из них может быть не принята к практической реализации.

При определении элементов на первом уровне дерева мероприятий необходимо не детализировать элементы последнего уровня дерева целей, а выявлять наиболее полный набор различных способов достижения поставленных целей. Таким образом, на стыке уровней целей и мероприятий в дереве взаимосвязей происходит переход от конкретизации содержания поставленных целей к выявлению различных (как правило альтернативных) методов, путей их достижения.

После получения требуемого уровня детализации отдельных направлений достижения поставленных целей во многих случаях возникает необходимость конкретного указания тех материальных систем, которые требуется совершенствовать или создавать в рамках выполнения намеченных мероприятий, т.е. использовать принцип выявления материальных систем. Например, для выполнения целей автоматизации производства требуется оснастить производственный процесс определенными видами оборудования.

В этом случае структуризация на уровнях мероприятий заканчивается перечислением комплекса работ по созданию (доведению до требуемых характеристик) отдельных компонентов материальной системы (системный принцип структуризации).

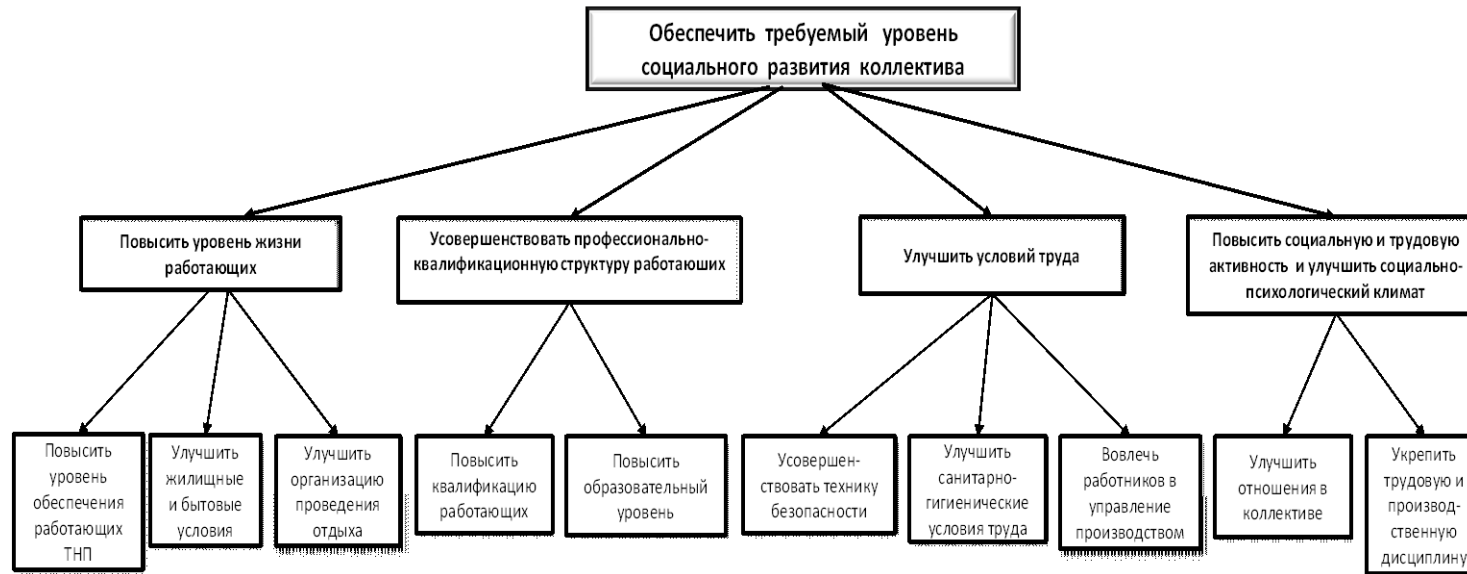


Рис. 6.3 Схема дерева целей социального развития коллектива

Глубина детализации на основе использования системного принципа определяется уровнем построенного дерева цели - средства (отраслевой, объединения и т.д.). Действительно, структурировать систему можно на очень большое число уровней вплоть до отдельных элементарных деталей.

При использовании логики «ИЛИ» в процессе построения дерева мероприятий речь идет, по существу, о построении комплексов взаимосвязанных работ соответствующих каждому альтернативному варианту. После выбора на каждом уровне структуризации лучших альтернативных элементов получается единственная ветвь дерева, принятая к практической реализации.

В дереве мероприятий (целей) могут быть представлены специфичные и общие мероприятия (цели). К числу специфичных относятся такие мероприятия, как разработать какую-то специальную технологию, техническую систему. Общие мероприятия - это совершенствование планирования, материально-технического снабжения и т.д., реализовывать которые целесообразно при решении самых разнообразных проблем на разных уровнях планирования и управления. Относительно общих мероприятий (целей) можно говорить о типовом, стандартном наборе таких элементов, применяемом при построении самых разнообразных деревьев мероприятий (целей).

В общем случае можно выделить **два подхода к выявлению комплекса мероприятий, направленных на достижение какой-либо цели**: построение дерева мероприятий параллельно с построением дерева целей или после полного построения дерева целей.

В первом случае на всех уровнях структуризации каждой цели ставится в соответствие комплекс мероприятий по ее реализации. Например, цели «разработать конкретный тип турбогенератора с определенными параметрами» ставится в соответствие мероприятие «осуществить комплекс мероприятий по разработке данного типа генератора с требуемыми характеристиками». Иными словами, принципы структуризации в деревьях целей и мероприятий совпадают, а количество мероприятий на каждом уровне в дереве мероприятий в точности соответствует количеству целей на каждом уровне дерева целей. Какой-либо дополнительной информации о структуре отдельных мероприятий и их содержании при использовании первого подхода мы не получаем. Мы имеем в этом случае только обобщенное дерево мероприятий, структура которого очевидна и без специального его построения, поскольку она повторяет структуру дерева целей. **Как инструмент управления полученное в результате использования первого подхода дерево мероприятий применять нельзя.**

Гораздо более продуктивным является **второй подход**. При его использовании дерево мероприятий является продолжением дерева целей. Каждой подцели, представленной на последнем уровне, ставится в соответствие комплекс мероприятий в виде дерева мероприятий. Иными словами, каждая цель (подцель последнего уровня), имеет свое дерево мероприятий. При этом возможно, что для некоторых подцелей могут иметь место одинаковые мероприятия, входящие в построенные для них деревья мероприятий. При анализе таких частных деревьев мероприятий не следует исключать повторяющиеся элементы, так как при оценке и взвешивании альтернатив некоторые повторяющиеся в разных деревьях мероприятия могут быть исключены как менее эффективные. После количественного анализа всех деревьев мероприятий и выявления в каждом дереве эффективного мероприятия будет сформирован полный перечень мероприятий, выполнение которых позволит обеспечить достижение всех локальных подцелей нижнего уровня дерева целей

Подводя итог, можно сказать, что основное отличие дерева мероприятий от дерева целей заключается в том, что в результате построения дерева целей получается система локальных подцелей, достижение которых обеспечивает решение проблемы, а в результате построения дерева мероприятий - развернутый перечень работ, которые необходимо выполнить, чтобы поставленные подцели были достигнуты.

6.4 Основные проблемы применения метода структуризации

Область применения метода структуризации вне зависимости от уровня управления можно разделить на две группы задач:

- определение направлений развития (цели, мероприятия, ресурсы) отдельных социально-экономических систем (хозяйство республики, концерн, фирма, предприятие и т.д.);
- решение отдельных конкретных проблем и задач (планирование и управление межотраслевой научно-технической разработкой, совершенствование сбыта и т.п.) в рамках улучшения работы социально-экономической системы.

Этот метод дает возможность даже при проведении чисто качественного анализа получить **новые идеи, раскрыть новые возможности решения исследуемой проблемы на разных уровнях планирования и управления**. К этому надо добавить ещё преимущества, которые даёт **ясная картина взаимосвязей между задачами на разных уровнях**. Все это значительно уменьшает возможность упустить из рассмотрения какие-либо важные факторы и взаимосвязи.

Метод структуризации используется при составлении различных организационных структур, детализации и конкретизации функций планирования и управления, а также при расчленении отдельных систем на их элементы. Он также применяется для получения новой информации в результате рассмотрения комбинаций идей, систем, проектов и др.

Метод структуризации улучшает качество управленческих решений, принимаемых по разнообразным вопросам, поскольку его применение способствует конкретизации целей деятельности предприятия (фирмы, концерна, АО), что является одним из важнейших этапов в процессе подготовки решений.

Более ограниченными являются возможности применения в практической работе количественных оценок коэффициентов относительной важности (КОВ), поскольку во многих случаях в основу КОВ положены экспертные оценки. Однако преимущества количественных оценок при анализе систем неоспоримы и поэтому в следующих главах будут рассмотрены основные методы экспертного оценивания и их применения для расчета различных весовых коэффициентов, в том числе и КОВ.

Можно выделить следующие направления применения метода структуризации при принятии решений.

Во-первых, для ранжирования и определения приоритетности порядка и сроков разработки, внедрения, использования отдельных проектов, программ, мероприятий, задач и т.д.

Во-вторых, для выбора наилучших работ с точки зрения обеспечения выполнения целей, стоящих перед каким-либо экономическим объектом того или иного уровня.

В-третьих, для построения организационных структур управления различными экономическими объектами.

В-четвертых, в программно-целевом планировании для выявления проблем, решать которые целесообразно путем разработки комплексных программ, и определения их содержания.

Использование метода структуризации помогает при составлении программ и планов сконцентрировать ресурсы на выполнении мероприятий, самых эффективных для достижения поставленных целей.

Важным вопросом практической реализации метода структуризации является соответствие дерева «цели – средства» иерархической организационной структуре, в рамках которой осуществляется выполнение поставленных задач. Однако на практике осуществить такую привязку трудно. Действительно, поставить в соответствие каждому элементу дерева «цели – средства» организационный элемент не всегда возможно. Здесь практически всегда нарушается принцип однозначного соответствия,

т.е. различные задачи, вытекающие из разных элементов дерева целей, выполняются в одном организационном подразделении или, наоборот, одна задача реализуется в нескольких подразделениях различных организационных структур, а интеграция их деятельности происходит на более высоком уровне управления. Поэтому говорить о реальном содержании такого однозначного соответствия не имеет смысла.

В этом отношении, видимо, более правильным будет говорить о таком соответствии для дерева мероприятий, а не для дерева целей.

Действительно, каждое мероприятие должно иметь строгую адресную привязку, что нельзя сказать о функциональных целях. Обеспечить строгое взаимно - однозначное соответствие между данной целью и определенным элементом организационной структуры управления вряд ли возможно. Правда, эта задача решается проще, если цель получена в результате использования предметного принципа классификации и сформулирована достаточно конкретно. Например, «увеличить производство верхнего трикотажа». За выполнение такой цели должен нести ответственность определенный орган управления.

Дерево *«цели – средства»* является статической моделью, в то же время реальные экономические процессы носят динамический характер. Можно предложить **два подхода к учету динамического характера** реальных экономических процессов в методе структуризации.

Первый подход заключается в построении для каждого временного интервала, на который делится какой-то рассматриваемый период времени, своего дерева *«цели-средства»*, в котором предусматривается изменение состава целей и средств их достижения, а также их относительной важности.

Второй подход предполагает внесение корректировок в раннее построенное для определенного временного интервала дерево *«цели-средства»* в соответствии с постановкой новых целей и изменением условий их реализации. В связи со значительной трудоемкостью этой работы ее нецелесообразно проводить очень часто, например, при составлении каждого годового плана. В то же время частота корректировок должна обеспечивать выявление и своевременное включение в дерево *«цели – средства»* новых целей и задач, учет последних достижений науки и техники, изменений потребностей, области применения выпускаемой продукции и многое другое.

Близкими с точки зрения используемых методов построения к деревьям *«цели – средства»* являются сетевые модели. Однако сходство между ними носит внешний характер, поскольку по своей сути и области применения это различные методы. Деревья *«цели – средства»* строятся для одного определенного момента времени, в то время как сетевые модели характеризуют процесс выполнения комплекса каких-то мероприятий, направленных на достижение определенных целей во времени. Ребра между вершинами в дереве *«цели – средства»* характеризуют отношения вида «входит в состав...». Дуги между вершинами в сетевых моделях планирования и управления характеризуют процессы, направленные на описание последовательности реализации определенных мероприятий.

В отличие от дерева *«цели – средства»* сетевой график позволяет отобразить технологическую взаимосвязь всего комплекса работ в целом и его отдельных элементов, увязать входные и выходные параметры каждого элемента структурируемого мероприятия, учитывая их соподчиненность, определить продолжительность каждого этапа и всего мероприятия в целом.

Сетевые модели планирования и управления следует использовать после построения дерева *«цели – средства»*, когда определены и проанализированы цели и мероприятия по их достижению. Те мероприятия, которые на основе использования метода структуризации были включены в планы, в дальнейшем детализируются с помощью сетевой модели. Таким образом, сетевые модели дополняют дерево *«цели – средства»*, позволяют детально проработать плановые задания. Для целей планирования они помогают ответить на вопросы: «что нужно сделать», «когда работа будет выполнена», «кто в ней участвует».

Чисто внешнее сходство дерево «цели – средства» имеет и с деревом решений, имеющим также древовидную структуру. Однако в этой структуре узлы обозначают точки принятия решений, а ребра - различные альтернативные варианты решений или условий внешней среды. Дерево решений применяется для выбора наилучшего варианта решения из ряда альтернативных вариантов с учетом вероятностей реализации различных условий внешней среды. Дерево решений может дополнять дерево цели - средства и использоваться для выбора лучшего варианта мероприятий достижения поставленной цели из числа альтернативных, для того чтобы лучший вариант включить затем в дерево «цели – средства». Если дерево мероприятий (с полным набором альтернативных вариантов) рассматривать как средство оценки и выбора более эффективной цепочки мероприятий, то такое дерево, по существу, является деревом решений. В основе применения дерева решений лежат формальные методы динамического программирования и теории статистических решений.

Методу структуризации присущи также определенные недостатки. Известное недоверие к методу структуризации объясняется и тем, что деревья «цели – средства», как правило, системные аналитики строят самостоятельно, без привлечения руководителей исследуемого объекта. Необходимо, как это уже указывалось, привлекать к работе по практическому применению метода структуризации и лиц, принимающих решения, и экспертов для получения количественных оценок различных аспектов анализируемой проблемы.

6.5 Заключительные замечания

Применяя рассмотренные выше методы структуризации необходимо придерживаться следующих правил.

При структуризации целей (построении дерева целей) необходимо:

- при разбиении цели (подцели) на составные части следить за соблюдением логики «И»;
- элементы одного уровня дерева целей должны формироваться на основании одного принципа разбиения.

При структуризации мероприятий (построении дерева мероприятий) следует:

- строить дерево мероприятий для каждой подцели нижнего уровня дерева целей (продолжая дерево целей);
- генерировать и включать в один уровень обязательно альтернативные мероприятия (обеспечивать соблюдение логики «ИЛИ»);
- избегать эффектов зависания ветвей.

Дерево ресурсов рекомендуется строить для каждой альтернативной стратегии дерева мероприятий и использовать количественные оценки (количество, стоимость и т.п.) для сравнительного анализа альтернатив.

6.6 Вопросы для самопроверки:

1. *Основное назначение метода структуризации.*
2. *Понятие "дерево взаимосвязей". Назначение дерева взаимосвязей.*
3. *Общий вид дерева взаимосвязей. Основные обозначения.*
4. *Основные принципы детализации деревьев взаимосвязей.*
5. *Принцип адресности при детализации деревьев взаимосвязи.*
6. *Методика построения деревьев взаимосвязей и порядок применения основных принципов.*
7. *Распределение и назначение элементов дерева взаимосвязей в зависимости от уровней дерева.*
8. *Дерево целей и порядок его построения.*
9. *Метод структуризации и деревья взаимосвязей в задачах принятия решений.*
10. *Основные направления применения метода структуризации при принятии решений*

7 МЕТОДЫ ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

Основной целью данной главы является рассмотрение методов количественной оценки локальных подпроблем (подпроцессов), полученных в результате структуризации проблем. Поскольку речь идет об анализе компонент сложных проблем (систем), имеющих, как правило, качественное описание, то для количественной оценки этих компонент используются методы и технологии экспертного оценивания. Рассматриваемые в главе процедуры экспертного оценивания также могут быть использованы непосредственно на этапах структуризации проблемы (генерация локальных проблем и их качественное описание).

7.1 Некоторые особенности экспертных оценок

Практический опыт использования методов системного анализа показал, что предпочтение, где такое возможно, следует отдавать достаточно простым методам. Это положение относится и к экспертным методам. Экспертные методы широко используются при определении коэффициентов относительной важности (КОВ) в деревьях взаимосвязей и, вообще, когда необходимо из указанного множества свойств и взаимосвязей отобрать лишь существенные, наиболее важные. Приходится также прибегать к помощи экспертов, чтобы проранжировать рассматриваемые свойства и взаимосвязи по степени их важности и существенности. В данной главе будут рассмотрены некоторые из методов экспертных оценок, которые могут быть использованы как при построении деревьев взаимосвязей и выборе предпочтительных управленческих решений, так и при разрешении других проблем с помощью аппарата системного анализа.

Следует отметить, что при анализе сложных систем некоторые из существенных свойств и взаимосвязей либо вообще не допускают количественного описания, либо не представляется возможным в рассматриваемый момент времени получить о них количественные данные. Поэтому в этих случаях необходимо с помощью экспертов получить информацию качественного характера, основанную на опыте и интуиции специалистов. Такие качественные оценки носят название **экспертных оценок**.

Более того, выработка сложных решений в ситуациях неопределенности требует участия не одного эксперта, а группы эрудированных специалистов, хорошо осведомленных во многих областях знаний. Основное преимущество групповой оценки как раз и заключается в возможности разностороннего анализа количественных и качественных аспектов таких проблем. Кроме того, существуют проблемы, где без участия группы специалистов просто невозможно обойтись. Таковы прогнозы в области политики, науки и техники, а также задачи выбора предпочтительной альтернативы с учетом комплекса качественно различных факторов.

При использовании мнений группы экспертов предполагается, что организованное взаимодействие между специалистами позволит компенсировать смещения оценок отдельных членов группы и что сумма информации, имеющейся в распоряжении группы экспертов, будет больше, чем информация любого члена группы. Кроме того, очевидно, что сумма факторов, которые имеют отношение к данной проблеме и могут быть рассмотрены группой специалистов, как правило, больше или, по крайней мере, так же велика, как сумма факторов, которые может учесть отдельный эксперт. Анализ прогнозов, выполненных отдельными специалистами и оказавшихся неверными, показал, что одна из наиболее распространенных ошибок

заклучалась в том, что принимались во внимание факторы, которые впоследствии оказались малозначащими, и, наоборот, упускались наиболее существенные факторы.

В общем случае предполагается, что мнение группы экспертов надежнее, чем мнение отдельного индивидуума, т.е. что две группы одинаково компетентных экспертов с большей вероятностью дадут аналогичные ответы на ряд вопросов, чем два индивидуума. Предполагается, что коллективная ответственность позволяет специалистам принимать более рискованные решения и что интервал оценок, полученных от группы экспертов, включает в себя «истинную» оценку.

Однако групповым оценкам присущи известные недостатки. Хотя правило «ум хорошо, а два лучше» и служит одной из основных предпосылок организации групповых экспертиз, существует много трудностей, препятствующих получению надежной и согласованной групповой оценки.

Существенные затруднения связаны с решением проблемы соизмерения и объединения оценок экспертов, входящих в группу. Вопрос о возможности соизмерения и объединения индивидуальных оценок правомерен даже в тех случаях, когда все признаки, характеризующие рассматриваемые объекты, измерены с помощью одной и той же шкалы. Традиционные способы получения групповой оценки с помощью средних величин оказываются применимы только тогда, когда коллектив экспертов однороден в смысле характера ответов. В случае неоднородности коллектива средние оценки теряют содержательный смысл и могут оказаться в определенном смысле «хуже», чем индивидуальные оценки, на основе которых они получены. Значительные трудности возникают и из-за различной «чувствительности» экспертов к предпочтениям. Имеются и другие проблемы при групповой экспертизе. И все же практика показывает, что экспертные методы дают более надежные результаты, чем любые другие методы групповых решений.

Для рационального использования информации, полученной от экспертов, необходимо преобразовать ее в форму, удобную для дальнейшего анализа. Возможности формализации информации зависят от особенностей объекта анализа, надежности и полноты имеющихся данных.

Важным для формализации информации является наличие у эксперта системы предпочтений, что означает способность эксперта сравнивать и оценивать возможные значения признаков объекта анализа путем приписывания каждому признаку определенного числа. В зависимости от того, по какой шкале заданы эти предпочтения, экспертные оценки содержат больший или меньший объем информации.

При использовании экспертов для анализа предметной области вводится понятие **фактора**, которым определяются свойства, характеристики и признаки объектов или взаимосвязи между ними. Условно факторы можно разделить на дискретные и непрерывные. Под дискретными понимают факторы с определенным (обычно небольшим) числом уровней. Если уровни образуют непрерывное множество, такие факторы рассматриваются как непрерывные. При формализации экспертной информации используются различные шкалы: порядковые, шкалы отношений, номинальные и др.

Наиболее распространенными в практике экспертных оценок являются анкетные методы и методы групповой экспертизы. В анкетных методах, в зависимости от используемой шкалы, выделяют метод ранжирования (ранговая шкала) и нормирования (интервальная шкала). Эти методы обработки экспертных данных будут подробно рассмотрены ниже, так как они хорошо подходят для определения коэффициентов относительной важности элементов дерева взаимосвязей. Наиболее перспективными при групповой экспертизе являются метод Дельфы и некоторые его модификации.

7.2 Анкетные методы

Достоинством этих методов является простота, относительно малая стоимость, возможность одновременного охвата больших групп экспертов, возможность получения количественных результатов на основе статистического анализа экспертных данных. Недостатки этих методов следующие:

- * незнание отношения опрашиваемого (серьезное или нет, заинтересованность в результатах и т.п.);
- * неуверенность в том, правильно ли были поняты вопросы, поставленные в анкете;
- * субъективность интерпретации вопросов;
- * неполнота и возможность частичных ответов на вопросы.

Применительно к построению дерева взаимосвязей анкетными методами можно оценить коэффициенты относительной важности (КОВ) одного уровня дерева, так как по существу нужно упорядочить элементы (цели, подцели) по важности с точки зрения обеспечения цели верхнего уровня.

Метод ранжирования. Наиболее распространенными из анкетных методов являются ранжирование и нормирование. *Метод ранжирования* состоит в том, что эксперту предлагается присвоить числовые ранги каждому из приведенных в анкете факторов. Ранг, равный единице, присписывается наиболее важному, по мнению эксперта, фактору, ранг, равный двум, присваивается следующему по важности фактору и т.д.

Порядковая шкала, получаемая в результате ранжирования, должна удовлетворять условию равенства числа рангов N числу ранжируемых элементов. Иногда возникает ситуация, когда эксперт затрудняется провести четкое разграничение между некоторыми элементами. В этом случае вводятся так называемые *стандартизованные* или *связанные ранги (R_{св})*.

Например, эксперту предлагается проранжировать по важности факторы, используемые в отделе труда и заработной платы предприятия (см. таблицу 7.1). Факторам 3 и 5, поделившим между собой второе и третье места присписывается связанный ранг

$$R_{св} = (2 + 3)/2 = 2.5,$$

а факторам 2,4 и 6, поделившим соответственно 4,5 и 6 места, присписывается

$$R_{св} = (4 + 5 + 6)/3 = 5.$$

В итоге получается следующая ранжировка (последний столбец таблицы).

Таблица 7.1

Номер фактора	Наименование фактора	Ранг эксперта	Связанный ранг R _{св}
1	Квалификация	1	1,0
2	Профессия	3	5,0
3	Стаж	2	2,5
4	Возраст	3	5,0
5	Общее образование	2	2,5
6	Семейное положение	3	5,0
21	С У М М А	14	21,0

Сумма рангов S_n , полученная в результате ранжирования n факторов, равна сумме чисел натурального ряда:

$$S_n = n * (n + 1)/2.$$

При большом числе оцениваемых факторов их «различимость», с точки зрения эксперта, уменьшается. Поэтому число факторов не должно быть более 20, а наибольшая надежность процедуры ранжирования обеспечивается при $n < 10$.

Известно, что одним из недостатков анкетных методов является значительная субъективность экспертной оценки, поэтому для повышения степени ее объективности обычно проводят анкетирование нескольких экспертов. В случае, если ранжирование производится несколькими экспертами, то наивысший ранг присваивается фактору, получившему наименьшую сумму рангов, и наоборот, фактор, собравший наибольшую сумму рангов, получает самый низкий ранг N . Для формализации этой процедуры удобно воспользоваться относительными весами факторов, которые можно вычислить путем следующей обработки анкет.

Результаты опроса m экспертов относительно n факторов сводятся в матрицу размерности $m \times n$ (см. таблицу 7.2), которая называется **матрицей опроса**. Здесь A_{ij} - ранг j -го фактора, данный i -м экспертом. При обработке матриц опроса переходят к преобразованным рангам по формуле

$$S_{ij} = A_{max} - A_{ij}.$$

Таблица 7.2

Эксперт	ФАКТОРЫ					
	1	2	...	j	...	n
1	A11	A12	...	A1j	...	A1n
2	A21	A22	...	A2j	...	A2n
...
i	Ai1	Ai2	...	Aij	...	Ain
...
m	Am1	Am2	...	Amj	...	Amn

При этом матрица опроса преобразуется в матрицу преобразованных рангов (Таблица 7.3), для каждого столбца которой определяется сумма

$$R_j = \sum_{i=1}^m S_{ij}$$

Таблица 7.3

Эксперт	ФАКТОРЫ					
	1	2	...	j	...	n
1	S11	S12	...	S1j	...	S1n
2	S21	S22	...	S2j	...	S2n
...
i	Si1	Si2	...	Sij	...	Sin
...
m	Sm1	Sm2	...	Smj	...	Smn
Сумма	R1	R2		Rj		Rn

По данным таблицы 7.3 определяется относительный вес каждого фактора по всем экспертам:

$$W_j = R_j / \sum_{j=1}^n R_j, \quad \text{где} \quad \sum_{j=1}^n W_j = 1$$

Для примера рассмотрим ситуацию: четыре эксперта проранжировали по важности три фактора из таблицы 5.1. Матрица опроса приведена в таблице 7.4.

Таблица 7.4

Эксперт	ФАКТОРЫ					
	1	2	3	4	5	6
1	3	2	1	4	6	5
2	3	1	2	6	4	5
3	2	3	1	5	4	6
4	3	2	1	4	5	6

Полученная согласно приведенным выше формулам матрица преобразованных рангов приведена в таблице 7.5. Найдем суммарный вес каждого фактора (по всем экспертам) R_j , после чего вычислим относительный вес факторов и запишем их в последней строке этой же таблицы.

Таблица 7.5

Эксперт	ФАКТОРЫ						
	1	2	3	4	5	6	
1	3	4	5	2	0	1	
2	3	5	4	0	2	1	
3	4	3	5	1	2	0	
4	3	4	5	2	1	0	
Сумма (Rj)	13	16	19	5	5	2	60
Wj	0,217	0,267	0,317	0,083	0,083	0,033	

Таким образом, самый большой относительный вес имеет третий фактор (0.317), который и получает наивысший ранг R=1, а наименьший ранг R=6 получит шестой фактор с самым низким весом (0.033).

При анализе оценок, полученных от экспертов, часто возникает необходимость выявить **конкорданцию** - согласованность их мнений по нескольким факторам. Для этого используют **коэффициент конкордации**, который является числовым критерием согласованности мнений экспертов в рассматриваемой группе. Коэффициент конкордации определяется по формуле

$$V = S / S_{max}$$

где S - сумма квадратов разностей рангов (отклонений от среднего), определяемая по формуле

$$S = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m A_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1) \right)^2$$

S_{max} - максимальное значение S , которое имеет место в случае, когда все эксперты дают одинаковые оценки.

Можно показать, что суммарное квадратичное отклонение от их среднего значения для суммарных (по всем экспертам) рангов факторов при наилучшей согласованности будет определяться значением

$$S_{max} = \frac{1}{2} nm^2 (n^2 - 1)$$

В приведенных формулах, как и ранее, m - число экспертов в группе, n - число факторов. Величина коэффициента конкордации может меняться в пределах от 0 до 1, причем его равенство единице означает, что все эксперты дали одинаковые оценки, а равенство нулю означает, что связи между оценками, полученными от

разных экспертов, не существует. Коэффициент конкордации удобно рассчитывать по формуле, предложенной Кендаллом:

$$V = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}$$

В случае $V < 0.2 - 0.4$ говорят о слабой согласованности экспертов, а большие величины $V > 0.6 - 0.8$ свидетельствуют о сильной согласованности экспертов. Слабая согласованность обычно является следствием следующих причин:

- - в рассматриваемой группе экспертов действительно отсутствует общность мнений;
- - внутри группы существуют коалиции с высокой согласованностью мнений, однако, обобщенные мнения коалиций противоположны.

В рассмотренном выше примере для $m=4$, $n=3$ (таблица 7.4) найдем сумму квадратов отклонений в соответствии с приведенной выше формулой:

$$S = (11 - 8)^2 + (8 - 8)^2 + (5 - 8)^2 = 18,$$

в этой формуле среднее значение определяется как $m(n+1)/2 = 8$.

Полученная величина коэффициента конкордации $V = 0.56$ показывает среднюю степень согласованности мнений экспертов.

Для определения степени согласованности мнений двух экспертов удобно пользоваться коэффициентом ранговой корреляции (по Спирмену):

$$\rho = 1 - \frac{6}{n^3 - n} \sum_{j=1}^n (x_j - y_j)^2$$

где X_j и Y_j - ранги, установленные двумя экспертами; n - число факторов.

Величина коэффициента ранговой корреляции принимает значения в интервале от -1 до 1. В случае наименьшей зависимости между двумя рядами номеров рангов величина коэффициента корреляции будет малой (близкой к нулю).

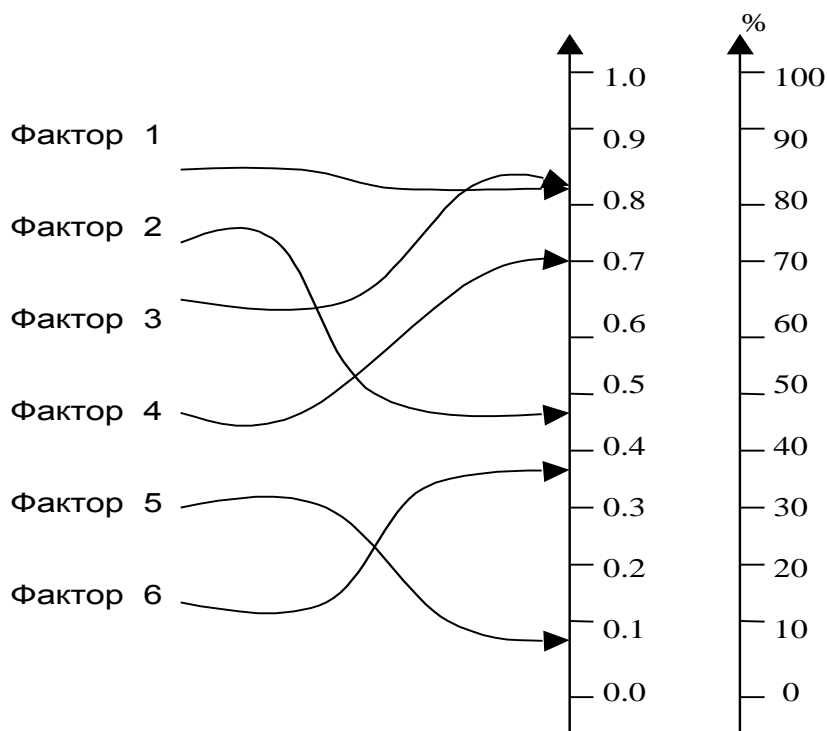


Рис. 7.1 Назначение весов факторам

Метод нормирования. Метод нормирования или последовательного сравнения сводится к следующему. Факторы Ф1 - Фn, подлежащие экспертной оценке, выписываются напротив шкалы, размеченной в процентах или относительных величинах от 0 до 1. Эксперту предлагается соединить линией каждый фактор с требуемой (по мнению эксперта) точкой шкалы. Допускается проводить к одной точке шкалы несколько линий (см. рис. 7.1)

Результаты опроса нескольких экспертов сводятся в матрицу опроса (таблица 7.6), на основании которой производятся вычисления следующих величин:

- сумма весов, даваемых i-м экспертом всем факторам,

$$B_i = \sum_{j=1}^n b_{ij}$$

- относительный вес j-го фактора на основании оценки i-го эксперта

$$w_{ij} = b_{ij} / B_i;$$

- результирующий вес j-го фактора

$$W_j = \frac{\sum_{i=1}^m w_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_{ij}}$$

Таблица 7.6

Эксперт	ФАКТОРЫ						Сумма
	1	2	...	j	...	n	
1	b11	b12	...	b1i	...	b1n	B1
2	b21	b22	...	b2j	...	b2n	B2
...	
i	b _{i1}	b _{i2}	...	b _{ij}	...	b _{in}	B_j
...	
m	b _{m1}	b _{m2}	...	b _{mj}	...	b _{mn}	B_m

Рассмотрим расчет результирующих весов на небольшом примере. В таблице 7.7 приведены результаты опроса четырех экспертов по двум факторам.

Таблица 7.7

Эксперт	ФАКТОРЫ			
	1	2	3	4
1	0,6	0,2	0,5	0,7
2	0,4	0,2	0,5	0,3
3	0,8	0,4	0,7	0,6
4	0,4	0,8	0,4	0,5

После расчета сумм весов, даваемых i-м экспертом всем факторам получим таблицу 7.8

Таблица 7.8

Эксперт	ФАКТОРЫ				Сумма B _i
	1	2	3	4	
1	0,6	0,2	0,6	0,4	1,8
2	0,5	0,2	0,5	0,3	1,5
3	0,5	0,4	0,7	0,6	2,2
4	0,4	0,8	0,6	0,5	2,3

Далее рассчитываем относительные веса всех факторов по всем экспертам и результирующие веса каждого фактора. Все расчеты сведены в таблицу 7.9

Таблица 7.9

Эксперт	ФАКТОРЫ				Сумма В _i
	1	2	3	4	
1	0,33	0,11	0,33	0,22	1
2	0,33	0,13	0,33	0,20	1
3	0,23	0,18	0,32	0,27	1
4	0,17	0,35	0,26	0,22	1
Результир. вес фактора	1,07	0,77	1,25	0,91	1,00

7.3 Методы групповой экспертизы

Как было сказано, основная идея экспертных методов состоит в том, чтобы использовать групповой интеллект людей, их способность искать и находить решения слабо формализованных задач. Однако способность интеллектуальной деятельности людей состоит в том, что она во многом зависит от внешних и внутренних условий. Поэтому в методиках групповой экспертизы специальное внимание уделяется созданию благоприятных условий и нейтрализации факторов, неблагоприятно влияющих на работу экспертов.

При групповой экспертизе необходимо учитывать, что оценка даваемая экспертом, может зависеть от межличностных отношений с другими экспертами и иногда даже от того, известна ли его оценка другим лицам. На ход экспертизы могут повлиять и личная заинтересованность эксперта, т.е. его необъективность, и другие личностные качества (самолюбивость, конформизм, сила характера и пр.). С другой стороны, обычно сложность проблемы выходит за рамки возможностей одного человека. Поэтому, несмотря на различные сложности организации групповой работы было неразумно не использовать тот очевидный факт, что коллективная деятельность открывает дополнительные возможности для взаимного стимулирования экспертов.

Поскольку взаимодействие между экспертами может как стимулировать, так и подавлять их деятельность, в различных случаях используют методики экспертиз, имеющих различную степень и характер взаимного влияния экспертов друг на друга: анонимные и открытые опросы и анкетирование, совещания (комитеты, коллегии, комиссии, штабы), дискуссии (консилиумы, суды и др.), деловые игры, мозговой штурм и т.д. Одним из методов групповой экспертизы является метод Дельфы, который мы рассмотрим подробнее.

7.3.1 Метод Дельфы

Метод Дельфы является одним из наиболее перспективных методов формирования групповой оценки экспертов. Этот метод получил название от древнегреческого города Дельфы и мудрецов, славившихся предсказаниями будущего. Метод представляет собой ряд последовательно осуществляемых процедур, направленных на формирование группового мнения экспертов. Для этого метода характерны следующие три основные черты:

- - анонимность;
- - регулируемая обратная связь;
- - групповой ответ.

Анонимность предполагает использование специальных вопросников и других средств индивидуального опроса, в частности диалоговых средств персональных компьютеров.

Регулируемая обратная связь осуществляется путем проведения нескольких туров опроса, причем обработка результатов каждого тура осуществляется с помощью статистических методов и результаты ее сообщаются экспертам.

Применение статистических методов обработки группового ответа позволяет уменьшить статистический разброс индивидуальных оценок (снижение в знаниях неопределенности вероятностного характера) и получить групповой ответ, в котором наиболее верно отражено мнение каждого эксперта.

Опыт показывает, что если проводить оценку альтернатив в несколько туров, сообщая после каждого его полные итоги и сохраняя анонимность, то эксперты склонны не только критиковать, но и прислушиваться к критике, относящейся к ним лично. Устранение психологических трудностей, связанных с персональной критикой, придает самой критике большую деловитость, объективность, она легче воспринимается.

Следовательно, анонимность опроса позволяет ослабить влияние отдельных "доминирующих" экспертов, а регулируемая обратная связь снижает влияние индивидуальных и групповых интересов, не связанных с решаемыми задачами, т.е. обратная связь повышает объективность и надежность групповой оценки. Таким образом, итеративная процедура проведения опросов в несколько туров (с информированием экспертов о результатах предыдущих этапов опроса и предложениями, в ряде случаев, обосновать свое мнение) приводит к уменьшению разброса в индивидуальных ответах и создает несомненные преимущества дельфийского метода по сравнению с "простым" статистическим объединением индивидуальных мнений при обработке экспертных данных анкетными методами.

При обработке результатов опроса на каждом туре полученные экспертные оценки K_i ($i=1,2,\dots,n$) упорядочиваются, например, в порядке убывания и определяются характеристики положения и разброса. При этом в связи с тем, что обычно используют незначительное число экспертов, вместо традиционных числовых характеристик в виде математического ожидания и среднеквадратического отклонения предпочтительно в качестве характеристик положения и разброса использовать более устойчивые - медиану и квартили.

Медиана служит характеристикой группового ответа, предпочтительный **интервал квартилей** - показателем разброса индивидуальных оценок. За медиану **Me** принимается член ряда, по отношению к которому число экспертных оценок с начала и конца ряда (справа и слева от медианного значения) будет одинаковым (см. рис. 7.2). Затем определяются верхний и нижний квартили, представляющие собой интервалы, в каждый из которых попадает 25% значений ряда. Средние квартили, расположенные слева и справа от медианы, считаются предпочтительными как характеристики разброса. (**Qн-Qв**).

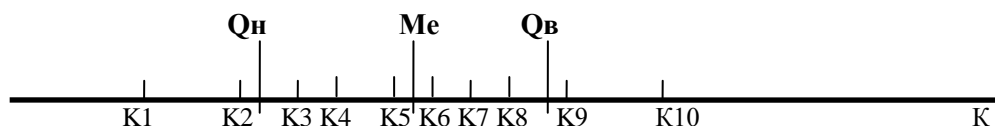


Рис. 7.2

На следующем туре каждому эксперту сообщаются значения полученных характеристик. Экспертов, чьи оценки оказались в крайних квартилях (справа от **Qв** или слева от **Qн**), просят обосновать их мнения и причины расхождения с групповым мнением. Так как ответы экспертов анонимны, они имеют возможность пересмотреть свои мнения, данные на предыдущем туре, и при желании исправить оценки. Такая процедура позволяет всем экспертам принять в расчет обстоятельства, которые они могли случайно пропустить или которыми они пренебрегли в предыдущих турах.

После получения новых оценок определяются новые медиана и квартили. Процедура может повторяться 3-4 раза.

Такая итеративная процедура позволяет после каждого тура эффективно уменьшать разброс индивидуальных экспертных оценок. При этом средняя оценка экспертов, изменивших свое мнение, сдвигается по направлению средней оценки группы (медианы), а эксперты, не изменившие свои оценки, дают более точное и строгое их обоснование.

Экспериментально установлено, что при использовании метода Дельфы наличие в группе менее знающих экспертов оказывает более слабое влияние их на групповую оценку, чем при простом усреднении оценок, поскольку итерация помогает этим специалистам улучшить свои оценки за счет использования информации от более компетентных специалистов.

7.4 Заключительные замечания

При исследовании сложных и очень сложных систем и процессов возникают проблемы, выходящие за пределы формальной постановки и решения задачи. В таком случае единственным выходом является привлечение экспертов. Не зря говорят, что одно из достоинств системного анализа в том, что он умеет объединять формальные и эвристические (экспертные) знания. Кроме случаев рассмотренных выше, привлечение экспертов оправдано также в ситуациях необходимости принятия решений в отягчающих условиях дефицита времени или других экстремальных обстоятельств.

Однако существуют и естественные пределы человеческих способностей при восприятии и обработке информации. Работу экспертов лимитируют не только межличностные отношения, но и внутренние психологические и физиологические причины. Оказывается человек одновременно может оперировать лишь с небольшим числом операндов (понятий, идей, моделей, альтернатив и т.д.). Психологи говорят о пределе возможностей, иногда называют это законом «семь плюс – минус два». Кроме того, столкнувшись, например, с многокритериальной задачей, эксперт часто проявляет непостоянство, неуверенность, нелогичность, стремление к резкому упрощению задачи. Наконец, в ряде случаев играет роль и низкое быстродействие нервной и мышечной системы человека.

Эти особенности человека – эксперта и быстрый прогресс в области создания систем искусственного интеллекта привели к созданию компьютерных экспертных систем, которые могут эффективно использоваться на этапах подготовки управленческих решений.

7.5 Вопросы для самопроверки:

1. *Какое место занимает экспертное оценивание в методах системного анализа? Какие оценки называются экспертными?*
2. *В каких случаях используются экспертные оценки?*
3. *Какие методы экспертного оценивания используются наиболее часто? Достоинства и недостатки анкетных методов экспертного оценивания.*
4. *Основные этапы экспертного оценивания методом ранжирования.*
5. *Основные расчетные соотношения, используемые при обработке экспертных оценок в методе ранжирования.*
6. *Как производится оценивание степени согласованности мнений группы экспертов?*
7. *Основные соотношения метода нормирования в экспертном оценивании.*
8. *Основные отличительные черты метода Дельфы.*
9. *Технология экспертного оценивания в методе Дельфы.*
10. *Понятие медианы и квартилей в методе Дельфы.*

8 КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ДЕРЕВЬЕВ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ

Целью данной главы является демонстрация на конкретных примерах методов количественной оценки компонент различных деревьев взаимосвязей. Наличие таких численных оценок (коэффициентов относительной важности) позволяет проводить достаточно полный количественный анализ как деревьев взаимосвязей, так и проблем и задач, которые эти деревья представляют в структурированном виде.

8.1 Дерево целей

8.1.1 Построение дерева целей

В отличие от предыдущих глав рассмотрим построение и расчет деревьев взаимосвязей на простых и достаточно понятных примерах.

Допустим, перед нами стоит приятная проблема (бывают и такие), связанная с планированием и организацией своих действий на период рождественских праздников (каникул). Хотя такое понятие только входит в наш обиход, мы, тем не менее, должны ничего не забыть и учесть все, что необходимо сделать в этот период. Для этого мы вначале построим и проанализируем дерево целей. На рисунке 8.1 представлен один уровень такого дерева. При построении этого уровня использовался принцип полного охвата всех сторон данной проблемы. Мы исходили из того, что период рождественских праздников включает три основных этапа, отраженных в виде подцелей.

Первая подцель требует для своей реализации наших действий, связанных с поздравлением друзей и знакомых католиков (приобретение подарков, отправление почтовых и других поздравлений, возможные посещения друзей и праздничных мероприятий и т.п.).



Рис. 8.1 Дерево целей проблемы: "Проведение рождественских праздников"

Вторая и третья подцели прописаны для тех, кто чтит православные праздники. Если в данном дереве мы не проводим дальнейшей детализации подцелей первого уровня, то мы можем далее строить в нашем дереве уровень дерева мероприятий. Здесь мы поступим следующим образом: вначале определим коэффициенты относительной важности (КОВ) для всех подцелей дерева целей. Затем для подцели, которая будет иметь наибольший вес, построим дерево мероприятий и также рассчитаем для него КОВ и определим наиболее приемлемый вариант мероприятий для достижения данной подцели.

8.1.2 Расчет коэффициентов относительной важности

Для расчета КОВ используем методы экспертного оценивания, рассмотренные в предыдущей главе. Ниже приведен вариант расчетов с использованием метода ранжирования. Следует сказать, что все эти расчеты достаточно просты и легко реализуются в любом табличном процессоре, например EXCEL. Ниже приведены таблицы с расчетами, выполненными в Excel.

Последовательность расчетов следующая (см. п. 7.2 предыдущей главы):

- опрос экспертов и формирование матрицы опроса,
- расчет матрицы преобразованных рангов,
- определение удельных весов (коэффициентов относительной важности).

Матрица опроса экспертов

Эксперты	Ранги экспертов для подцелей		
	Католическое рождество	Встреча Нового года	Православное рождество
1	3	1	2
2	2	1	3
3	3	1	2
4	3	2	1
5	2	1	3
6	3	2	1

Чтобы получить преобразованные ранги, необходимо для каждой клетки матрицы применить формулу (МАХ ранг - ранг эксперта), т.е. для нашего случая (3 - ранг эксперта).

Матрица преобразованных рангов

Эксперты	Преобразованные ранги экспертов			
	Католическое рождество	Встреча Нового года	Православное рождество	
1	0	2	1	
2	1	2	0	
3	0	2	1	
4	0	1	2	
5	1	2	0	
6	0	1	2	
Сумма (R _j)	2	10	6	18
К О В (W _j)	0,11	0,56	0,33	

Очень важное замечание. При расчете КОВ для разных уровней дерева целей мы должны обеспечить выполнение следующих условий:

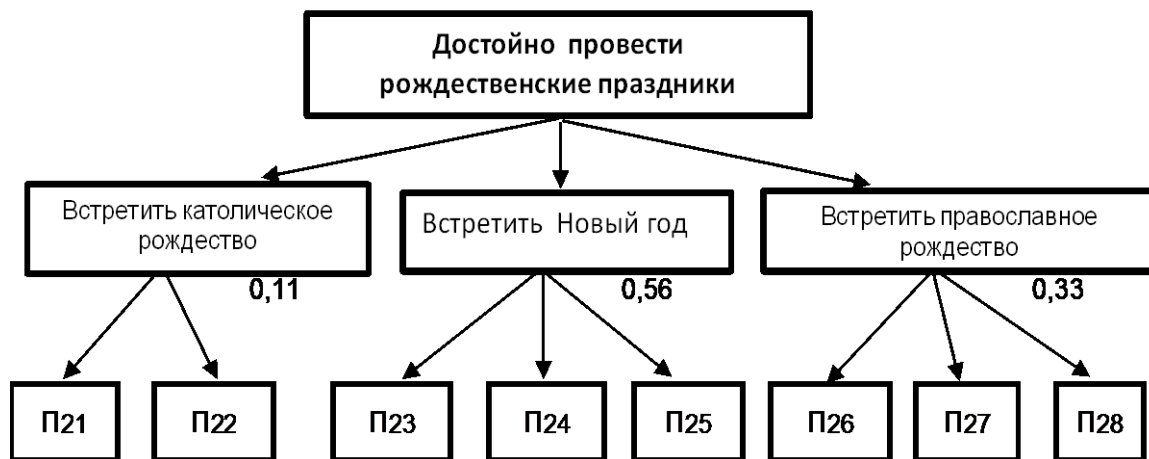
- сумма КОВ подцелей одного уровня должна составлять 1;
- сумма КОВ подцелей должна быть равна КОВ вышестоящей цели, которая расчленяется на эти подцели (поскольку при детализации цели (подцели) подлежит разбиению и ее КОВ).

Первое условие объясняется тем, что достижение всех подцелей любого уровня означает полное (100 процентное) достижение главной (глобальной) цели. По существу, коэффициент относительной важности (независимо от уровня) должен показывать вклад данной подцели в достижение общей глобальной цели. Как мы видим из проведенных выше расчетов, для первого уровня это условие выполняется всегда. При переходе на низшие уровни дерева целей мы должны следить за выполнением второго условия, т.к. его выполнение будет гарантировать нам выполнение и первого условия.

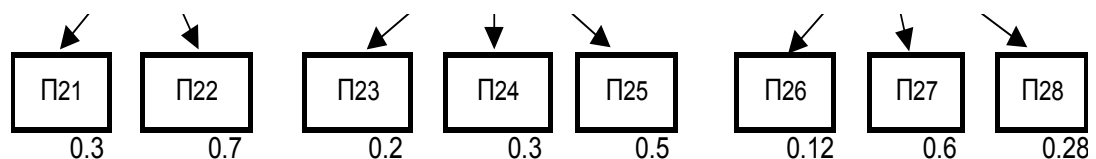
При оценке КОВ с помощью экспертов возникают два варианта опроса:

- мы предъявляем экспертам все подцели уровня и просим проранжировать их с точки зрения важности для достижения глобальной цели;
- экспертов просят последовательно проранжировать подцели, подчиненные одной цели (подцели) вышестоящего уровня.

Для многоуровневых деревьев с высокой степенью детализации первый вариант будет практически невыполним, т.к. не удастся соблюсти оба условия. Очевидно, второй вариант более предпочтителен, т.к. эксперту проще анализировать подцели данного уровня, соизмеряя каждую из них с подцелью предыдущего уровня, т.е. с той подцелью, составной частью которой они являются. В этом случае можно полностью следовать последовательности расчетов КОВ, приведенной выше (когда сумма КОВ подцелей равна единице), а затем выполнять операцию нормировки для получения окончательных КОВ, удовлетворяющих второму условию. Рассмотрим это на примере. Для простоты не будем в дереве примера прописывать содержательные формулировки подцелей, а рассмотрим это на структурном уровне. Допустим, в нашем дереве мы продолжили детализацию и получили еще один уровень подцелей, и стоит задача определения КОВ для этого уровня. Теперь дерево выглядит следующим образом:

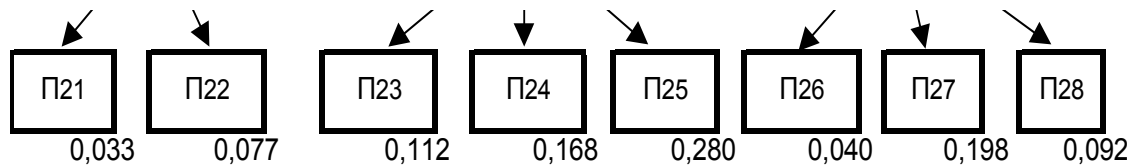


На втором уровне появились подцели П21 – П28, которые детализируют подцели первого уровня. Используя методику расчета КОВ, которую мы применяли при определении КОВ подцелей первого уровня, будем рассчитывать КОВ подцелей второго уровня. При этом мы вначале определим в какой пропорции вышестоящая подцель первого уровня разбивается на составные части, а затем в этой же пропорции разделим и КОВ этой подцели. Ниже приведены для подцелей 2-го уровня эти пропорции в виде удельных весов.



Чтобы получить окончательные значения КОВ, отвечающие сформулированным выше условиям, необходимо выполнить операцию нормировки, которая заключается в следующем: мы умножаем полученные КОВ подцелей на КОВ той подцели вышестоящего уровня, составной частью которой они являются. Это обеспечит выполнение в первую очередь второго условия и затем соответственно и первого. Для подцелей П21 – П22 соответственно получаем следующие значения КОВ $0.3 * 0.11 = 0.033$, $0.7 * 0.11 = 0.077$ и т.д.

После выполнения операции нормировки получим следующие значения уже КОВ для подцелей второго уровня дерева целей.



Как видим, для полученных КОВ выполняются оба условия. Таким образом, предложенная схема расчетов КОВ первого уровня дерева целей является общей и при расчете КОВ подцелей последующих уровней она дополняется только достаточно простой операцией нормировки.

8.2 Дерево мероприятий

8.2.1 Особенности построения дерева мероприятий

Дерево мероприятий, как мы уже говорили выше, может быть продолжением дерева целей (его следующим уровнем) или строиться как самостоятельное дерево, но после построения дерева целей. С помощью дерева мероприятий может быть решена достаточно сложная проблема, связанная с принятием решения по выбору конкретной стратегии достижения поставленной цели. Причем, детализация этой стратегии (комплекса мероприятий и работ) становится более подробной по мере того, как ветвление дерева мероприятий продвигается вниз по уровням. В верхних уровнях отражаются предварительные или промежуточные мероприятия и только на самом нижнем уровне мы выходим на конкретные работы и операции по реализации данной стратегии (пути) достижения цели. Конкретный путь (стратегия) определяется, конечно, в контексте всей ветви (начиная от верхнего уровня).

Существенным отличием дерева мероприятий от дерева целей является то, что в деревьях мероприятий используется логика ИЛИ (дизъюнкция), т.е. детализация сводится к вычленению альтернативных вариантов действий (нужно принять одно ИЛИ другое ИЛИ третье ИЛИ и т.д.). Следует отметить, что дерево мероприятий имеет много общего (а в некоторых случаях полностью совпадает) с деревом решений, так как каждое ветвление есть принятие решения по выбору той или иной альтернативы действий при решении задачи формирования пути (мероприятия) по достижению цели.

На рис. 8.2 представлено дерево мероприятий для подцели «Встреча Нового года». Вершины (элементы) этого дерева пронумерованы (цифры слева внизу прямоугольника вершины) и далее веточки альтернатив и сами вершины мы будем рассматривать, используя эти обозначения. Детализацию элементов этого дерева вполне можно продолжать и далее. Например, в элементах дерева 3.1 и 3.2 можно детализировать, каких гостей следует пригласить, в 3.5 и 3.6 - кого бы мы хотели (или кого необходимо) пригласить, в 3.7 и 3.8 - указать цель путешествия и т.д. Вот только для решения 3.4, пожалуй, трудно найти дальнейшую детализацию.

Такое дерево дает отличный обзор всего поля альтернативных мероприятий и обеспечивает проверку его полноты. Существует столько вариантов достижения нашей подцели, сколько ветвей в дереве. Основной вопрос состоит в том, как получить такой отличный обзор, если, конечно, поле мероприятий вообще можно представить подобным образом?

Очевидно, для решения такой задачи нужно строить цепочки мероприятий, в которых общность должна снижаться по мере перехода к более низким уровням иерархии. Следовательно, в перечне беспорядочно собранных вариантов мероприятий (первый шаг) неявно уже должна быть заключена некоторая иерархическая система, которую нам надлежит отыскать. Надо в таком ещё беспорядочном наборе образовать группы, классы или найти общие черты, которые можно обнаружить при обобщении понятий. Если при всех стараниях это не получается, значит, задача непригодна для подобного представления.

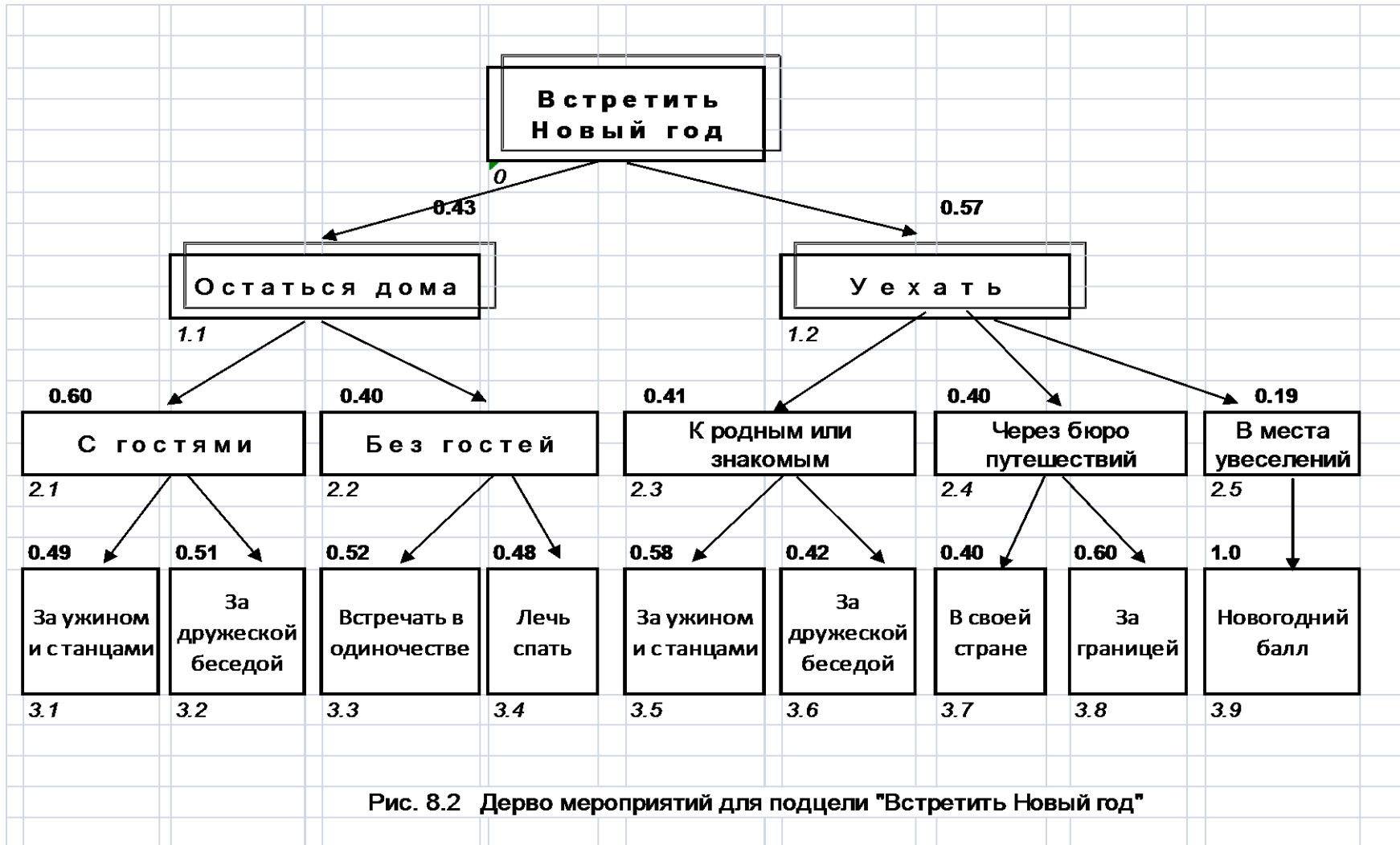


Рис. 8.2 Дерво мероприятий для подцели "Встретить Новый год"

8.2.2 Семейства в дереве мероприятий

Итак, в общем виде дерево мероприятий представляет обозримый набор множества вариантов достижения поставленной цели. Интересной представляется задача оценки дерева мероприятий для отыскания наилучшего варианта (веточки дерева) набора мероприятий.

Мы уже знаем, что дерево мероприятий (как частный случай дерева взаимосвязей) состоит из элементов (вершин графа) и ветвей (рёбра графа). Теперь мы введём понятие **семейства**. Семейство дерева мероприятий охватывает какой-нибудь известный элемент и непосредственно с ним связанные элементы нижнего уровня. В нашем примере о праздновании Нового года имеется 8 семейств (перечисляем вершины):

Номер семейства	Коды вершин
1	0, 1.1, 1.2
2	1.1, 2.1, 2.2
3	1.2, 2.3, 2.4, 2.5
4	2.1, 3.1, 3.2
5	2.2, 3.3, 3.4
6	2.3, 3.5, 3.6
7	2.4, 3.7, 3.8
8	2.5, 3.9

На верхнем уровне надо оценить для каждого семейства «дочерние» элементы, сравнив их с «материнскими». Для семейства 1 это означает оценить два основных варианта решений: встречать ли Новый год дома или уехать куда-нибудь. Остальные детали не принимаются во внимание.

Для семейства 2 этот вопрос выглядит следующим образом: как оцениваются альтернативы «с гостями» и «без гостей», если принято решение остаться дома? Для семейства 3 надо оценить варианты: посещение родных или знакомых, поездку через бюро путешествий и посещение мест общественных увеселений, причём факт самого отъезда следует рассматривать как заданный. Таким же образом продолжается сравнительная оценка оставшихся вариантов.

При оценке предпоследнего семейства исходят из того, что выбрана поездка через бюро путешествий и остается сравнить между собой два возможных варианта (с выездом за рубеж или в пределах родины).

Последнее семейство представляет особый случай. Здесь больше нет разветвлений, значит, нет и необходимости в оценке. Элемент 3.9 практически не отличается от элемента 2.5 и введён только для того, чтобы довести все ветви до одного уровня (исключаем эффект зависания).

8.2.3 Численная оценка дерева мероприятий

Для получения количественных оценок дерева мероприятий необходимо рассматривать различные альтернативы с учетом различных факторов, влияющих на оценку различных мероприятий. Такие факторы, по существу, можно трактовать как критерии выбора того или иного варианта. Без этого эффект данного метода пропадает. Здесь можно одновременно учитывать не один, а несколько критериев, причём различного характера. Лучше всего сначала, не выбирая, записать все критерии, определяющие выбор в данной задаче, а затем упорядочить этот список, приписывая каждый набор критериев соответствующему семейству. Как обычно поступают при выборе варианта встречи Нового года? Рассматривают следующие критерии:

- - денежные расходы;
- - затраты времени на подготовку;
- - степень новизны;

- - ожидаемые впечатления;
- - возможные отрицательные последствия;
- - пожелания гостей;
- - собственные склонности;
- - встречи (желательные или нежелательные).

Конечно, есть множество и других обстоятельств. Быть может, кое-кто захочет уточнить или исключить тот или иной критерий. Оставим, однако, их в указанном виде.

Было бы, наверно, нецелесообразно и слишком накладно применять все 8 критериев для всех 7 семейств нашего дерева. В дальнейшем мы будем использовать не более 4 критериев одновременно, приспособлявая их к особенностям каждого семейства. Рассматриваемый метод обладает требуемой гибкостью.

Ниже приведен набор таблиц для каждого семейства. В этих таблицах в первом столбце выписаны выбранные для данного семейства критерии, во втором, обозначенном буквой КВ, - весовые коэффициенты, учитывающие важность того или иного критерия для оценки альтернатив данного семейства. Сумма чисел этого столбца должна быть равной единице, то есть весовые коэффициенты критериев должны быть долями единицы. Последующие столбцы содержат оценки предпочтительности для альтернативных вариантов мероприятий (решений) при оценке по каждому критерию. В этих клетках записываются значения оценок, причём сумма по горизонтали должна равняться единице. Это значит, что предпочтение делится между элементами таким образом, что их сумма образует единицу. Более предпочтительные (с точки зрения данного критерия) варианты оцениваются высоко, менее предпочтительные - низко.

Нетрудно видеть, что количественные оценки для рассматриваемых критериев (КВ) и оценки альтернатив по каждому критерию можно получить, используя, например, метод экспертных оценок, рассмотренный в предыдущей главе и уже примененный нами для дерева целей.

Рассмотрим более подробно технологию расчета для таблиц семейств, приведенных ниже. Последовательность расчетов можно разбить на следующие этапы:

- ◆ формирование с помощью экспертов набора критериев (факторов) для оценки альтернатив в предлагаемом дереве взаимосвязей;
- ◆ выбор с помощью экспертов отдельных групп критериев для конкретных семейств дерева (из сформированного на предыдущем этапе набора);
- ◆ получение с помощью экспертного опроса коэффициентов важности (КВ) критериев для каждого семейства;
- ◆ получение с помощью экспертного опроса оценок альтернатив семейства по каждому критерию;
- ◆ заполнение расчетной таблицы семейства и получение обобщенных численных оценок альтернатив дерева мероприятий.

Первые два этапа связаны с генерацией набора критериев и их анализом. Здесь можно применить технологии экспертного оценивания типа «мозгового штурма». Дальнейшие этапы требуют уже применения методов экспертного оценивания, позволяющих получить количественные оценки. Мы будем для этих целей продолжать использовать метод ранжирования. При оценке КВ для набора критериев этот метод полностью подходит, так как он позволит получить удельные веса критериев, которые и есть коэффициенты важности или весовые коэффициенты.

Не останавливаясь на этапах формирования набора критериев и их привязки к семействам, рассмотрим порядок расчетов при выполнении остальных этапов. Ниже приведены таблицы расчетов, полученные с помощью Microsoft Excel.

Матрица опроса экспертов при определении КВ критериев семейства 1

КРИТЕРИИ	Ранги экспертов						
	1	2	3	4	5	6	7
Затраты времени на подготовку	1	2	1	2	2	1	2
Денежные расходы	3	3	2	4	3	3	3
Ожидаемые впечатления	2	4	4	3	4	4	1
Возможные контакты с родными и знакомыми	4	1	3	1	1	2	4

Матрица преобразованных рангов и расчет КВ

КРИТЕРИИ	Ранги экспертов							Сумма	КВ
	1	2	3	4	5	6	7		
Затраты времени на подготовку	3	2	3	2	2	3	2	17	0,4
Денежные расходы	1	1	2	0	1	1	1	7	0,2
Ожидаемые впечатления	2	0	0	1	0	0	3	6	0,1
Возможные контакты с родными и знакомыми	0	3	1	3	3	2	0	12	0,3
								42	

Далее рассмотрим порядок расчета оценок альтернатив в семействе 1 по первому критерию. Порядок расчета для остальных критериев такой же и может быть реализован на базе этих же таблиц, так как изменяются данные только в матрице опроса.

Матрица опроса предпочтения альтернатив по критерию "Затраты времени на подготовку"

ЭКСПЕРТЫ	РАНГИ АЛЬТЕРНАТИВ	
	"Остаться дома" 1.1	"Уехать" 1.2
1	2	1
2	1	2
3	2	1
4	1	2
5	2	1
6	2	1

Матрица преобразованных рангов и расчет удельных весов альтернатив по критерию "Затраты времени на подготовку"

ЭКСПЕРТЫ	РАНГИ АЛЬТЕРНАТИВ	
	"Остаться дома" 1.1	"Уехать" 1.2
1	0	1
2	1	0
3	0	1
4	1	0
5	0	1
6	0	1
Сумма	2	4
Весы альтернатив	0,3	0,7

Повторяя эти расчеты для всех критериев и семейств, мы получаем данные для заполнения расчетных таблиц по семействам, которые позволяют получить итоговые веса альтернатив, учитывающие все критерии данного семейства. Ниже приведены таблицы для всех семейств дерева.

Таблица семейства 1

Критерии	КВ	1.1	1.2	Сумма
Затраты времени на подготовку	0.4	0.3	0.7	1
Денежные расходы	0.2	0.6	0.4	1
Ожидаемые впечатления	0.1	0.1	0.9	1
Возможные контакты с родными и знакомыми	0.3	0.6	0.4	1
Итоговые оценки		0.43	0.57	1

Таблица семейства 2

Критерии	КВ	2.1	2.2	Сумма
Затраты времени на подготовку	0.3	0.2	0.8	1
Денежные расходы	0.2	0.2	0.8	1
Возможные контакты с родными и знакомыми	0.5	1.0	0.0	1
Итоговые оценки		0.60	0.40	1

Таблица семейства 3

Критерии	КВ	2.3	2.4	2.5	Сумма
Степень новизны	0.3	0.1	0.7	0.2	1
Денежные расходы	0.2	0.6	0.1	0.3	1
Ожидаемые впечатления	0.2	0.1	0.7	0.2	1
Возможные контакты с родными и знакомыми	0.3	0.8	0.1	0.1	1
Итоговые оценки		0.41	0.40	0.19	1

Таблица семейства 4

Критерии	КВ	3.1	3.1	Сумма
Собственные желания	0.2	0.2	0.8	1
Денежные расходы	0.2	0.4	0.6	1
Последствия	0.2	0.2	0.8	1
Предполагаемые желания гостей	0.5	0.7	0.3	1
Итоговые оценки		0.49	0.51	1

Таблица семейства 5

Критерии	КВ	3.3	3.4	Сумма
Склонности	0.8	0.6	0.4	1
Денежные расходы	0.1	0.2	0.8	1
Последствия	0.1	0.2	0.8	1
Итоговые оценки		0.52	0.48	1

Таблица семейства 6

Критерии	КВ	3.5	3.6	Сумма
Желания гостей	0.6	0.7	0.3	1
Денежные расходы	0.1	0.5	0.5	1
Последствия	0.3	0.2	0.8	1
Итоговые оценки		0.53	0.47	1

Таблица семейства 7

Критерии	КВ	3.7	3.8	Сумма
Степень новизны	0.4	0.3	0.7	1
Денежные расходы	0.2	0.8	0.2	1
Ожидаемые впечатления	0.4	0.8	0.9	1
Итоговые оценки		0.40	0.60	1

Рассмотрим несколько примеров из этих таблиц:

Семейство 1. Критерий «впечатления» по сравнению с другими критериями имеет наименьший вес (КВ=0.1). Решение 1.1 («встречать Новый год дома») дает гораздо меньше оснований ожидать новых впечатлений, чем решение 1.2 («уехать»). Поэтому для 1.1 получается вес (количественная оценка) 0.1, а для 1.2 - 0.9.

Семейство 2. Критерий «встреча с родственниками и знакомыми», по мнению экспертов, наиболее важный из трёх. Поскольку решение 2.2 («без гостей») однозначно исключает какие-либо визиты, в соответствующей клетке получается 0. И в этом случае вариант 2.1 логично оценивается единицей.

Семейство 3. Критерий «денежные расходы» (КВ=0.2) менее важен, чем степень новизны и возможные контакты с родными и знакомыми, и располагается на одном уровне с критерием «впечатления».

Для трёх вариантов 2.3, 2.4 и 2.5 расходы оцениваются соответственно в отношении 1:6:2.

Поездка, организованная бюро путешествий, стоит дороже всего. Однако веса в соответствующих клетках имеют значения 0.6, 0.1 и 0.3. Почему? Да потому, что высокие цены надо рассматривать как недостаток данного варианта, они характеризуют его отрицательно и весовые коэффициенты должны быть низкими. Отсюда проистекает обратный характер зависимости, которая в точности соответствует приведенной выше пропорции (мы уже обращали внимание на то, что в некоторых случаях коэффициенты и сами значения критериев обратны).

Теперь надо рассмотреть последнюю строку оценочной таблички семейства 1, строку сумм. Итоговые оценки для альтернатив 1.1 и 1.2, учитывающие оценки по всем критериям, образуются в результате сложения произведений из оценок альтернатив и весовых коэффициентов соответствующих критериев. По существу, эта итоговая оценка получается как взвешенная сумма..

Итоговая оценка альтернативы 1.1 вычисляется так:

$$0.4*0.3+0.2*0.6+0.1*0.1+0.3*0.6=0.43.$$

Для альтернативы 1.2 надо подсчитать следующую сумму

$$0.4*0.7+0.2*0.4+0.1*0.9+0.3*0.4=0.57.$$

Сумма по горизонтали в строке итоговых оценок, как и в вышерасположенных строках, получается равной 1, что свидетельствует о корректности расчетов..

После того, как для всех семейств оценочные таблички будут заполнены, числа, образовавшиеся в строке «итоговые оценки» альтернатив, надо выписать возле соответствующего элемента на графическом изображении дерева решений. На этом заканчивается первый этап алгоритма оценки. На следующем, втором, этапе остаётся перемножить оценки, стоящие возле элементов дерева и относящиеся к каждой ветви

(различные пути от элемента 0 до элементов нижнего уровня, в нашем примере - до элементов 3.1, 3.2, ..., 3.9).

Если при построении дерева решений принять, что каждый элемент (кроме 0) имеет лишь один подчинённый элемент, то есть исключить какие бы то ни было горизонтальные связи, то дерево решений будет иметь ровно столько ветвей, сколько элементов на последнем уровне:

Ветвь 1 (0 - 3.1): $0.43 \cdot 0.60 \cdot 0.49 = 0.126$

Ветвь 2 (0 - 3.2): $0.43 \cdot 0.60 \cdot 0.51 = 0.132$

Ветвь 3 (0 - 3.3): $0.43 \cdot 0.40 \cdot 0.52 = 0.089$

Ветвь 4 (0 - 3.4): $0.43 \cdot 0.40 \cdot 0.48 = 0.083$

Ветвь 5 (0 - 3.5): $0.57 \cdot 0.41 \cdot 0.53 = 0.124$

Ветвь 6 (0 - 3.6): $0.57 \cdot 0.41 \cdot 0.47 = 0.110$

Ветвь 7 (0 - 3.7): $0.57 \cdot 0.40 \cdot 0.40 = 0.091$

Ветвь 8 (0 - 3.8): $0.57 \cdot 0.40 \cdot 0.60 = \mathbf{0.137}$ Максимум!

Ветвь 9 (0 - 3.9): $0.57 \cdot 0.19 \cdot 1.00 = 0.108$

С у м м а = 1.000

По этим результатам можно непосредственно увидеть ранжированную (по степени важности) последовательность вариантов решений. Наибольшую величину произведения мы находим у элемента 3.8 - **поездка за границу**, затем следуют:

3.2 - встречать Новый год дома с гостями без танцев;

3.1 - встречать Новый год дома с гостями и танцами;

3.5 - встречать Новый год у родственников или знакомых с танцами;

3.6 - встречать Новый год у родственников или знакомых без танцев;

3.9 - посетить увеселительные заведения;

3.7 - путешествие по своей стране, организованное бюро путешествий;

3.3 - встречать Новый год дома без гостей;

3.4 - тихо в собственной постели во сне «вползти» в Новый год.

На этом заканчивается второй этап этого метода оценки вариантов и дерево мероприятий выполнило поставленную перед ним задачу. Оценки альтернатив, очевидно, можно выразить и в процентах, поскольку их сумма составляет 1.0. Для этого достаточно соответствующие веса альтернатив умножить на 100.

На первый взгляд, этот метод оценки выглядит весьма основательным. К сожалению, это не совсем так. Чтобы результаты в итоге были действительно сравнимы, метод должен непременно удовлетворять следующим двум условиям:

- число ветвлений на каждом уровне должно быть одинаковым;
- каждая ветвь должна быть доведена до самого нижнего уровня, а не обрываться раньше.

Первое условие требует того, что за каждым элементом одного какого-нибудь уровня должны следовать всегда два или три элемента более низкого уровня. Второе условие требует, чтобы ветвление, в соответствии с первым условием, продолжалось до тех пор, пока не будет достигнут последний уровень решения. Оба условия являются кардинальными. Однако даже в нашем небольшом примере они не выполняются. Крайняя правая ветвь (0 - 3.9) доведена до самого нижнего уровня только искусственно. По существу она заканчивается на элементе 2.5. Первое условие не удовлетворяется, поскольку:

- на втором уровне встречается два и три дочерних элемента;
- на третьем уровне имеем по два дочерних элемента и один раз встречается один дочерний элемент.

Это означает, что результаты будут не совсем точными и, строго говоря, не отражают действительного соотношения значимости 9 вариантов возможных решений. Однако, можно утверждать, что эти недостатки не имеют решающего значения и не обесценивают сам метод. Этим методом можно пользоваться, если:

- попытаться еще на стадии первоначального построения дерева мероприятий по возможности полнее удовлетворить упомянутые два условия;

- в случае отклонения результатов от идеального вида не абсолютизировать их. При оценке этих результатов не стоит игнорировать возможные ошибки.

При некотором навыке можно оценить, где эти ошибки становятся заметными и где следует внести коррективы. Кроме того, существуют чисто математические приемы, позволяющие скорректировать результаты для случая дерева, не удовлетворяющего основным условиям.

8.3 Вопросы для самопроверки:

1. Особенности расчета коэффициентов относительной важности для элементов дерева целей. Основные условия на суммарные значения КОВ. Операция нормировки при расчете КОВ.
2. Что такое дерево мероприятий, поле вариантов альтернативных мероприятий (решений) ?
3. Понятие "семейства" в дереве мероприятий.
4. Критерии (факторы) при оценке альтернативных вариантов.
5. Весовые коэффициенты критериев, порядок их расчета и применения.
6. Порядок численной оценки альтернативных вариантов по одному критерию.
7. Оценка альтернатив по совокупности критериев.
8. Исчисление весов отдельных ветвей дерева мероприятий.
9. Порядок выбора наиболее эффективного варианта.
10. Условия получения надёжных оценок при анализе дерева мероприятий.

9 МЕТОДЫ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

В предыдущих главах были рассмотрены методы, позволяющие расчленять сложные проблемы на составные части и разрабатывать комплексы работ и мероприятий для разрешения как составных частей, так и всей проблемы в целом. Целью данной главы является рассмотрение методов, логично дополняющих рассмотренные ранее методы и позволяющих разработать эффективные расписания (планы) выполнения всех работ (мероприятий), необходимых для разрешения проблемы. Эти методы позволяют ответить на вопрос: что делать и в какой последовательности, чтобы работы были выполнены в срок и с минимальными затратами ресурсов.

9.1 Основные понятия и определения

9.1.1 Возникновение и становление метода

Мы уже говорили о том, что сложную систему можно представить сетью или графом. При этом узлы графа соответствуют отдельным блокам (элементам, подсистемам), а дуги, соединяющие эти узлы, будут указывать на связи или зависимости между блоками.

Анализ правильно выбранной и построенной сетевой модели очень часто помогает составить достаточно ясное представление о системе и её функционировании. Общее изучение систем на основе сетевого анализа приобретает всё возрастающее значение.

В последние десятилетия сетевые модели стали широко использоваться для описания во времени последовательностей работ, выполняемых при реализации сложных проектов. В нашей стране методы, реализующие эти подходы, называют методами сетевого планирования и управления (СПУ), причём сфера их применения непрерывно расширяется. Особенно широкое распространение получили эти методы, начиная с середины 50-х годов прошлого столетия, за рубежом. В США наиболее часто они используются под названиями СРМ (английская аббревиатура, означающая *метод критического пути*) и PERT (Programme Evaluation and Review Technique – *метод оценки и обзора программ*). Система СРМ была впервые применена при управлении строительными работами, система PERT – при разработке системы «Поларис». В последнее время за рубежом эти методы чаще называют методами управления проектами.

Применение сетевых методов планирования и управления расширилось с невероятной быстротой при реализации масштабных проектов в области строительства крупных объектов, эксплуатации заводов, организации больниц, проектирования зданий, в области космических полетов и т.п. Последовательность выполнения работ в любом проекте, большом или малом, от взятия пробы лунного грунта до чистки пары ботинок может быть успешно описана и проанализирована с помощью **сетевой модели**.

Системы СПУ представляют такие системы управления, в которых объектом управления является коллективы исполнителей, располагающих определёнными ресурсами и выполняющими комплекс операций, призванных обеспечить достижение намеченного конечного результата. СПУ основано на моделировании процесса с помощью сетевого графика и представляет собой совокупность расчетных методов,

организационных и контрольных мероприятий по планированию и управлению комплексом работ.

Система СПУ позволяет:

- ◆ формировать календарный план реализации некоторого комплекса работ (мероприятий);
- ◆ выявлять и мобилизовывать резервы времени, трудовые, материальные и денежные ресурсы;
- ◆ осуществлять управление комплексом работ по принципу «узкого места» («ведущего звена») с прогнозированием и предупреждением возможных срывов в ходе работ;
- ◆ повышать эффективность управления в целом при четком распределении ответственности между руководителями разных уровней и исполнителями работ.

Процесс построения и использования сетевой модели включает три основных этапа: **этап планирования, этап анализа и этап управления.**

9.1.2 Основные определения.

Сетевая модель представляет собой план выполнения некоторого комплекса взаимосвязанных работ (мероприятий), заданного в специфической форме сети, графическое изображение которой называется **сетевым графиком**. Главными элементами сетевой модели являются *работы* и *события*.

Работа. В сетевой модели весь комплекс операций расчленяется на отдельные **операции (работы)**, располагаемые в строгой технологической последовательности. Сетевым графиком представляет собой изображение на плоскости хода выполнения проекта.

Термин **работа** может иметь следующие значения:

- * *действительная работа* в прямом смысле слова, то есть трудовой процесс, требующий затрат времени и ресурсов;
- * *ожидание*, не требующее затрат труда, но занимаемое некоторое время (например, процесс затвердения бетона);
- * *«фиктивная» работа*, то есть логическая связь между двумя или несколькими операциями, не требующая ни затрат времени, ни ресурсов, но указывающая, что возможность начала одной работы непосредственно зависит от результатов другой работы.

Пример 9.1

Задание. Вскипятить чайник с водой. Множество работ:

a1 - наполнить чайник водой;

a2 - поставить чайник, наполненный водой, на плитку, включить её и ждать, пока он не закипит.

Ясно, что работа **a1** должна быть закончена, прежде чем начнётся работа **a2**.

Пример 9.2

Задание. Приготовить чашку растворимого кофе с молоком. Множество работ:

a1 - вскипятить воду (как в предыдущем примере);

a2 - вскипятить молоко (эта процедура аналогична **a1**);

a3 - положить в чашку ложечку растворимого кофе;

a4 - добавить одновременно соответствующее количество молока и воды.

В этом примере последовательность работ во времени не так очевидна, как в первом случае. Если мы предположим, что существуют две конфорки, то работы «вскипятить молоко» и «вскипятить воду» можно выполнять одновременно. Если же в наличии имеется только одна конфорка, то эти работы необходимо выполнять последовательно. Работу **a3** можно выполнять только после того, как и молоко и вода

вскипят; очевидно, также, что работа **a4** не может быть начата до тех пор, пока все работы **a1**, **a2** и **a3** не будут окончены.

З а м е ч а н и я:

1. В общем случае разбиение большой программы (плана) на множество работ не единственно. Например, работы «вскипятить воду» или «вскипятить молоко» могут быть разбиты при желании на более мелкие работы. Выбор множества работ для некоторого плана зависит от необходимого уровня анализа. Очень часто первое разбиение бывает грубым, при этом ориентируются на основные действия процесса. Дальнейшее разбиение направлено на выявление зависимостей внутри групп работ, соответствующих более низкому уровню деятельности.

2. Работа может соответствовать заданию, выполнение которого сопряжено с определёнными усилиями; наоборот, работа может быть бездеятельной, например, ожидание чего-то, что должно произойти (для рассмотренного примера это будет ожидание кипения воды).

3. Иногда в множество работ полезно включить **фиктивную работу**. Это работы, которые не занимают времени и для которых не используются никакие ресурсы.

4. Имеется несколько специальных случаев, зависимостей между работами, которые должны быть рассмотрены при построении сетевых моделей (например, параллельное выполнение работ, зависимость одной работы от нескольких предшествующих и т.п.).

Событие. Очевидно, что если какая-либо работа может быть начата только после окончания нескольких определённых работ, то необходимым и достаточным исходным условием для её начала являются лишь сумма частных результатов этих работ, то есть их суммарный результат. Этот суммарный результат и принято называть термином **событие**. **Событие** означает точку во времени, которая отделяет различные стадии осуществления проекта.

Событие может свершиться только тогда, когда закончатся все работы, ему предшествующие. Последующие работы могут начаться только тогда, когда событие свершится. Отсюда *двойственный* характер события: для всех непосредственно предшествующих ему работ оно является *конечным*, а для всех непосредственно следующих за ним – *начальным*. При этом предполагается, что событие не имеет продолжительности и свершается как бы мгновенно. Поэтому каждое событие, включаемое в сетевую модель, должно быть полно, точно и всесторонне определено, его формулировка должна включать в себя результат всех непосредственно предшествующих ему работ. Среди событий сетевой модели выделяют *начальное* и *конечное* события. Начальное событие не имеет предшествующих работ и событий, относящихся к рассматриваемому в модели комплексу работ. Конечное событие не имеет последующих работ и событий.

Пример 9.3

В задании «вскипятить чайник воды» (пример 9.1) мы можем выделить три точки времени, которые называются событиями:

- * - время начала выполнения задания (*начальное* событие);
- * - время, когда мы ставим чайник на конфорку после завершения работы «наполнить чайник»;
- * - время начала кипения, характеризующее конец выполнения задания (*конечное* событие).

9.1.3 Графическое представление расписаний работ

Существует два основных вида графического представления расписаний (графиков) работ. Это *сетевые графики* и *диаграммы Ганта*. Мы вначале рассмотрим графическое представление в виде классических сетевых графиков (опираясь на упоминавшуюся выше теорию графов), а в конце главы продемонстрируем представление возможные модификации сетевых графиков, а также представление расписаний в виде диаграмм Ганта.

Графическое изображение событий и работ. В сетевых графиках работы обычно изображаются стрелками (т.е. направленными дугами) графа. Действительные работы изображаются на сетевом графике сплошными стрелками, а фиктивные работы - пунктирами. Описания работ при желании могут записываться вдоль стрелок. События должны быть занумерованы. Как правило, вершины графа обозначаются некоторыми геометрическими фигурами (например, кружочками). Внутри этих фигур проставляется соответствующий номер. Описание события может быть тоже записано внутри кружочка.

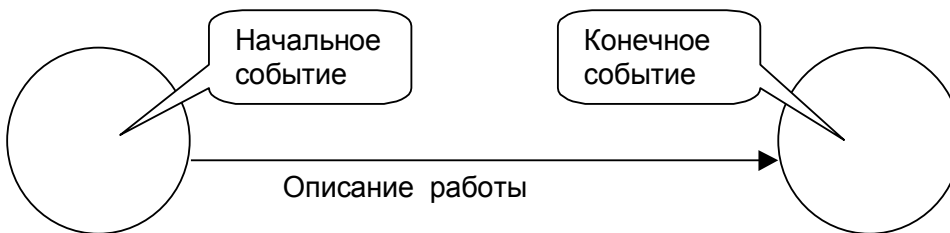


Рис. 9.1 Графическое изображение событий и работ

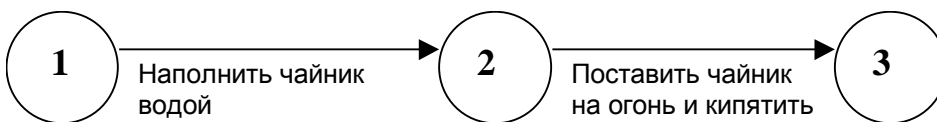


Рис. 9.2 Сетевой график примера 9.1

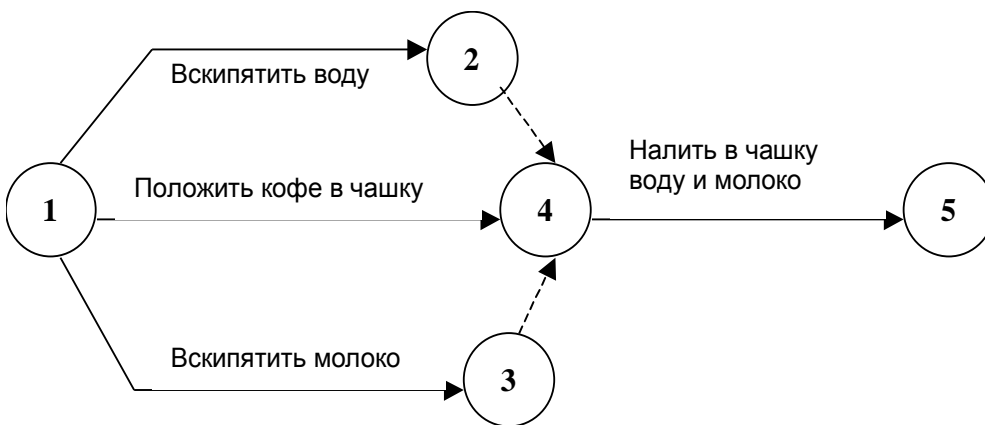


Рис. 9.3 Сетевой график примера 9.3

Работа должна быть выполнена в течение времени между двумя событиями, обозначенными своими номерами в концах соответствующей стрелки. Событие, соответствующее началу стрелки, называется начальным (или предшествующим)

событием; конец стрелки называют конечным (или последующим) событием. Любая работа может быть определена своими числами, которые соответствуют начальным и конечным событиям.

На рис. 9.1 - 9.3 иллюстрируются графические изображения сетей.

З а м е ч а н и я

1. *Фиктивные работы (время выполнения равно нулю) необходимы для изображения параллельных работ. Три параллельные работы – «вскипятить воду», «вскипятить молоко», «положить в чашку кофе» - имеют одни и те же начальные и конечные события; для большей ясности события 2 и 3 (которые соответствуют событию 4) показаны на графике. Фиктивные работы 2 - 4 и 3 - 4 обозначены пунктиром.*
2. *Длина стрелок и расположение дуг не имеют значения.*
3. *Желательно придерживаться следующих правил:*
 - * *время изменяется слева направо;*
 - * *конечным событиям всегда присваиваются большие номера, чем соответствующим начальным событиям. (Числа не обязательно должны подчиняться естественному порядку 1, 2, 3, На практике часто используются числа с промежутками между ними, например, в сетевой модели «Приготовить чашку кофе» этими числами могли быть 1, 5, 6, 7, 10.)*

Основная работа и отношения между событиями. При составлении сети необходимо принимать во внимание следующее:

- * - событие нельзя считать наступившим (или достигнутым), если все работы, ведущие к этому событию, не окончены;
- * - работа не может быть начата до тех пор, пока начальное событие данной работы не наступило.

Например, в сети на рис. 9.3 мы находим, что событие 4 не может быть достигнуто, пока не будут достигнуты события 2 и 3 и работы 1-2, 1-3 и 1-4 не будут окончены. Далее, как видим, работа 4-5 не может быть начата, пока событие 4 не будет достигнуто.

Продолжительность работы. После того как конечное множество работ задано и сеть проекта нарисована, необходимо оценить продолжительность выполнения каждой работы, которая должна быть подписана под соответствующей стрелкой.

Продолжительность работы есть время ее выполнения. Заметим, что это не то же самое, что время между начальным и конечным событием. Например, начальное и конечное события некоторой работы могут происходить в 3-й и 7-й день соответственно, тогда как продолжительностью работы может быть только один день; в таком случае мы говорим, что работа имеет резерв в три дня. Вопросы резерва работ будут рассмотрены далее.

Пример 9.4

Задание. Покрасить дверь (один маляр и один помощник).

Список работ (в скобках указана их продолжительность в минутах):

- a1** - счистить старую краску (75);
- a2** - прошкурить дверь (30);
- a3** - открыть банку и размешать краску (4);
- a4** - приготовить кисти (5);
- a5** - вытереть дверь (4), сделать до **a6**;
- a6** - покрасить дверь (15);
- a7** - вычистить кисти и собрать инструменты (6).

Сетевая модель этого проекта изображена на рис.9.4.

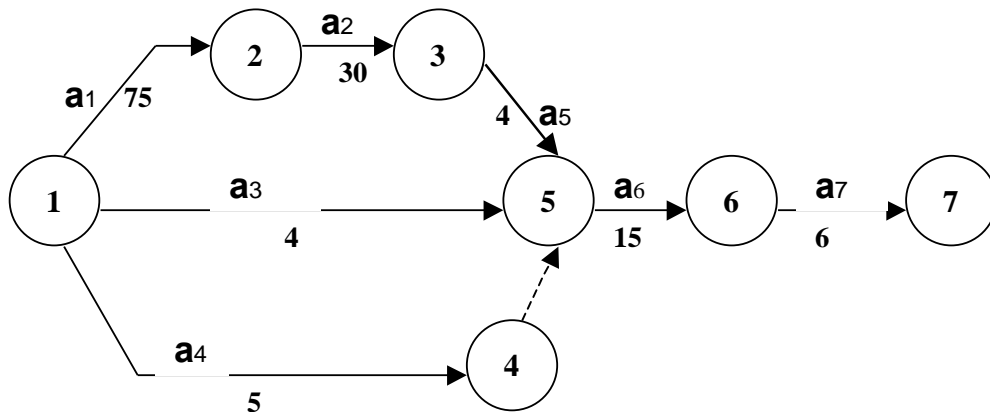


Рис. 9.4 Сетевой график примера 9.4

9.2 Анализ сетевого графика

9.2.1 Понятие критического пути

Разбиение проекта на множество работ и определение связей между работами во времени - задача весьма трудоемкая. Ее решение помогает выявлению промежуточных целей и направления действий, которым должен следовать руководитель. Это дает возможность решить, какие работы должны быть выполнены для осуществления различных подпроектов, позволяет правильно распределить все работы. После построения сетевой модели ход действий становится ясным и можно приступить к выполнению проекта; другими словами, сетевое планирование предусматривает выработку некоторой стратегии действий.

При решении задачи планирования может быть извлечена дополнительная информация из сетевой модели самого плана. Это приводит нас к стадии анализа, в котором такие понятия, как критический путь и резерв времени работы, играют ключевую роль.

Критический путь. Первый шаг в анализе графа работ заключается в нахождении *критического пути* (или путей) сети. Для определения этого понятия мы рассмотрим простейшую сеть, изображенную на рис. 9.5.

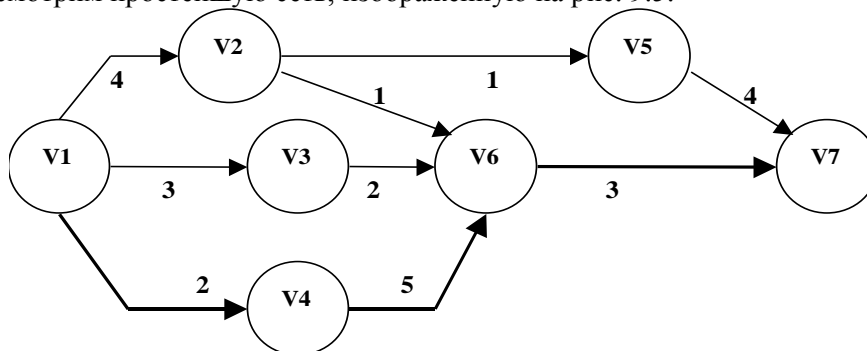


Рис. 9.5

Замечания. В наших примерах мы не будем обсуждать реального смысла работ, как это делалось в предыдущих примерах и упражнениях. Как правило, вся символика будет той же, что на рис. 9.5. Символом V (вершина) обозначаются события; пара (V_i, V_j) определяет работу a_{ij} ; число, стоящее около каждой стрелки, означает время выполнения соответствующей работы.

В сети на рис. 9.5 $V1$ означает начало проекта, а $V7$ - его окончание. Заметим, что от вершины $V1$ к вершине $V7$ можно пройти по сети четырьмя различными путями; для каждого пути мы можем определить его временную продолжительность -

длину пути, т.е. сумму продолжительностей последовательных работ, образующих путь. Пути и их продолжительности будут следующими.

<i>Путь</i>	<i>Продолжительность</i>
V1 - V2 - V5 - V7	4 + 1 + 4 = 9
V1 - V2 - V6 - V7	4 + 1 + 3 = 8
V1 - V3 - V6 - V7	3 + 2 + 3 = 8
V1 - V4 - V6 - V7	2 + 5 + 3 = 10

Определения:

1. Максимальное значение в множестве продолжительностей всех путей (оно может достигаться на нескольких путях) называется **полным временем осуществления проекта**. Это значение определяет наикратчайшее время, за которое может быть выполнен весь проект.

2. Любой путь, длина которого равна полному времени осуществления проекта, называется **критическим путем**.

В приведенном примере максимальная продолжительность пути равна 10 единицам. Невозможно закончить все работы сети до истечения 10 единиц времени, если отчет начинается со времени совершения события V1. Отсюда следует, что полным временем осуществления проекта будет 10 единиц, а критическим путем V1-V4-V6-V7.

Чтобы уменьшить полное время осуществления проекта, необходимо сократить продолжительность работ, лежащих на критическом пути. Уменьшение продолжительности работы, не принадлежащей критическому пути, не отразится на изменении полного времени осуществления проекта.

9.2.2 Методы определения критического пути

Нахождение критического пути может быть выполнено с помощью методов, требующих информации, которая используется на последующих стадиях анализа. Эти методы легко применимы при счете вручную, и могут быть запрограммированы для компьютера. На практике для большой сетевой модели, тем более, если анализ должен повторяться через определенные интервалы времени, применение компьютерной программы значительно упрощает задачу.

Процедура отыскания критического пути состоит в следующем. Прежде всего, составляется список всех событий в той последовательности, в которой они должны выполняться, т.е. по сети слева направо. Затем для каждого события вычисляются так называемые ранний срок (E) и поздний срок (L) свершения события. Если отыскание критического пути выполняется вручную, то эти значения можно записать сразу на графике. Тогда любой путь, такой, что для всех событий, входящих в него, E = L, будет одним из возможных критических путей.

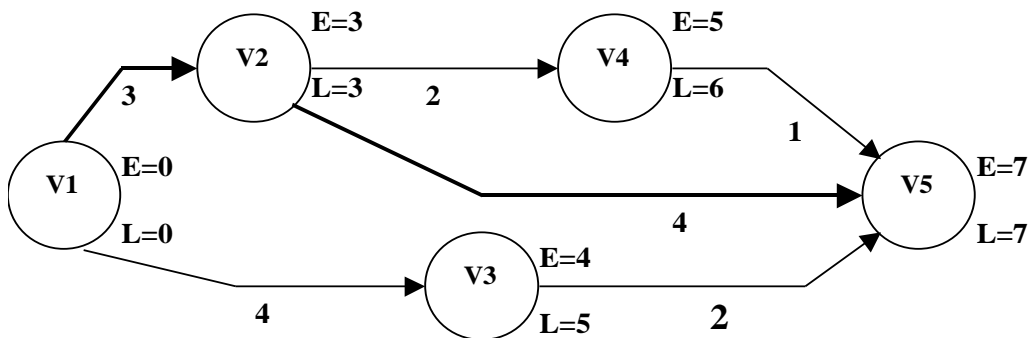


Рис. 9.6 Определение критического пути

Для иллюстрации описанной процедуры рассмотрим следующую простейшую сетевую модель, представленную на рис. 9.6 (критический путь обозначен жирной линией). Все объяснения даны на графике и в таблице.

Событие (V)	Ранний срок E (V)	Поздний срок L(V)
V1	0	0
V2	3=(0+3)	3=(7-4)*
V3	4=(0+4)	5=(7-2)
V4	5=(3+2)	6=(7-1)
V5	7=(3+4)*	7

Значения, помеченные звездочкой, требуют специальных пояснений (см. далее п.п. 5 и 8).

Нахождение раннего срока свершения события E (V).

1. Предположим (произвольно), что событие V1 происходит в момент времени, равный нулю.

2. Для нахождения E(V2) прибавим к раннему сроку свершения события E(V1) продолжительность работы a12. Получим

$$E(V2)=E(V1) +(\text{продолжительность } a_{12})=0 +3 =3.$$

Это говорит нам о том, что событие V2 не может наступить раньше, чем пройдет три единицы времени с момента начала проекта.

3. Аналогично

$$E(V3)=E(V1) +(\text{продолжительность } a_{13}) =0 + 4 = 4$$

и

$$E(V4)=E(V2) +(\text{продолжительность } a_{24}) =3 +2 =5.$$

4. Для каждого из рассмотренных событий характерно, что к нему ведет только одна стрелка (работа). В таком случае

$$E(V_j)=E(V_i) + (\text{продолжительность } a_{ij}), \text{ где } a_{ij}\text{-единственная работа, ведущая в } V_j.$$

5. Если к событию Vj ведут более одной стрелки, то ранний срок свершения события E(Vj) вычисляет так, как показано далее. В модели нашего примера три стрелки-работы из V2, V3, V4 ведут в V5. Поэтому необходимо рассчитать три момента времени и выбрать из них наиболее поздний. Таким образом:

$$E(V2) + (\text{продолжительность } a_{25}) = 3 +4 =7;$$

$$E(V3) + (\text{продолжительность } a_{35}) = 4 +2 =6;$$

$$E(V4) + (\text{продолжительность } a_{45}) = 5 +1 =6.$$

Первое значение наибольшее, оно и будет равно E(V5). Итак, E (V5) = 7; событие V5 не может наступить раньше, чем с начала проекта пройдет 7 единиц времени. Отсюда следует, что полным временем осуществления проекта будет 7 единиц. Если следовать сетевой модели, проект не может быть выполнен раньше, чем через 7 единиц времени.

Нахождение позднего срока свершения события L (V).

6. Возможный наиболее поздний срок выполнения всего проекта по определению равен полному сроку выполнения проекта, т.е. L (Vоконч) = E (Vоконч).

7. Произведем теперь процедуру вычисления раннего срока свершения события в обратном порядке, для этого будем двигаться по сети справа налево. Таким образом,

если из V_i выходит только одна стрелка, которая ведет к V_j , то время позднего срока свершения этого события будет равно

$$L(V_i) = L(V_j) - (\text{продолжительность } a_{ij}) = 7 - 1 = 6$$

Для сети нашего примера

$$L(V_4) = L(V_5) - (\text{продолжительность } a_{45}) = 7 - 1 = 6,$$

$$L(V_3) = L(V_5) - (\text{продолжительность } a_{35}) = 7 - 2 = 5.$$

Последнее значение говорит нам о том, что, если мы хотим закончить проект максимум за 7 единиц времени, событие V_3 должно произойти не позже чем через 5 единиц времени с начала осуществления проекта.

8. Если из события ведут более одной стрелки, например, как для V_2 , то необходимо вычислить все множество значений «позднего» времени и выбрать из него наименьшее. Таким образом,

$$L(V_4) - (\text{продолжительность } a_{24}) = 6 - 2 = 4,$$

$$L(V_5) - (\text{продолжительность } a_{25}) = 7 - 4 = 3.*$$

Значение, помеченное звездочкой, будет наименьшим, т.е.

$$L(V_2) = 3.$$

Нахождение критического пути (путей). Любой путь от исходного события до завершающего, такой, что:

1. $E(V) = L(V)$, для всех входящих в него событий V , будет критическим путем, причем

2. время продолжительности каждой работы равно разности между временем конечного и начального события. (Оба критерия 1 и 2 должны быть проверены для каждого события и работы.)

9.2.3 Резерв времени работы

Если та или иная работа не принадлежит критическому пути, то мы имеем возможность увеличить время ее выполнения без увеличения полного времени осуществления проекта. Эту возможность иногда полезно использовать. В таком случае, например, можно было бы людские ресурсы переключить на выполнение других работ, увеличив таким способом общую эффективность. Однако увеличение продолжительности любой работы, не входящей в критический путь, имеет определенный максимум. Слишком большое увеличение приведет к возникновению нового критического пути и увеличению полного времени осуществления проекта.

Чтобы правильно спланировать использование ресурсов, т.е. распределить их по различным работам наиболее эффективным образом, необходимо найти некоторые величины, так называемые **резервы времени**. Мы рассмотрим три вида резервов, соответствующие работам, которые называются соответственно **общими, свободными и независимыми**. Каждый из этих видов резервов мы проиллюстрируем на фрагменте некоторой сетевой модели (рис. 9.7). Предположим, что единица времени равна одному дню.

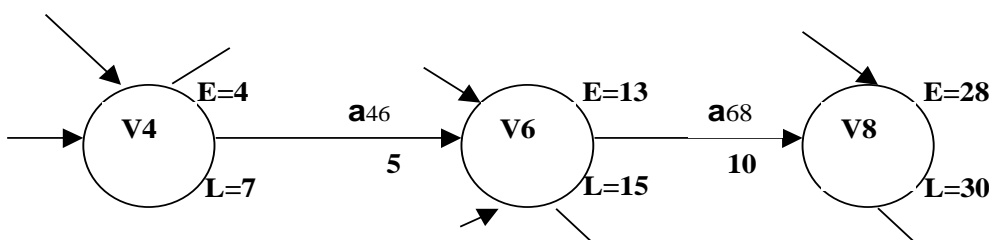


Рис. 9.7 Фрагмент сетевого графика

1. Полные резервы. Для работы **a46** имеем:

- поздний срок свершения события **V6** = 15-й день
- ранний срок свершения события **V4** = 4-й день
- разность = 11 дней
- продолжительность работы = 5 дней
- полный резерв = 6 дней

Это означает, что если событие **V4** наступит как можно раньше и если событие **V6** наступит как можно позже, то работа **a46** может быть выполнена в любое время в промежутке 11 дней, т.е. имеется 6 резервных дней. Это хорошо иллюстрируется на графике с временной осью (рис.9.8).



Рис. 9.8 Полный резерв

З а м е ч а н и е. Отрезок АВ может быть расположен в любом месте, лишь бы он лежал в заданном интервале длиной 11 дней.

Полный резерв работы может быть использован на стадии планирования или на стадии выполнения проекта. Использование полного резерва данной работы может изменить (уменьшить) резервы последующих или предыдущих работ. Для исследования этой возможности необходимо найти значения двух других видов резервов.

2.Свободные резервы. Для работы **a46** имеем:

- ранний срок свершения события **V6** = 13-й день
- ранний срок свершения события **V4** = 4-й день
- разность = 9 дней
- продолжительность работы = 5 дней
- свободный резерв = 4 дня

Это означает, что начало работы **a46** можно отодвинуть от самого раннего срока не больше чем на 4 дня, не влияя на наступление раннего срока свершения события **V6**. Как видим, **свободный резерв** времени работы является той частью ее полного резерва, которая может быть использована без изменения резерва последующих работ. Использование свободного резерва времени на стадии планирования уменьшает резервы предшествующих работ.

График с временной осью изображен на рис. 9.9.



Рис. 9.9 Свободный резерв

3. Независимые резервы. Иногда продолжительность времени работы может быть увеличена на некоторую величину без изменения резервов времени как последующих, так и предшествующих работ. Это возможное увеличение времени работы и называется независимым резервом работы.

На примере работы **a46** эта величина вычисляется следующим образом:

- ранний срок свершения события **V6** = 13-й день
- поздний срок свершения события **V4** = 7-й день
- разность = 6 дней
- продолжительность работы = 5 дней
- независимый резерв = 1 день

Таким образом, продолжительность работы **a46** может быть увеличена до $5 + 1 = 6$ дней без изменения резерва времени любых других работ проекта. В некоторых случаях эту возможность целесообразно использовать. Создатель проекта должен найти независимые резервы всех работ с тем, чтобы при необходимости использовать их. Он может перебросить ресурсы (например, рабочих или материалы) на критические работы или работы, близкие к ним, и таким образом уменьшить полное время осуществления проекта.

Замечание. В некоторых случаях при вычислении независимых резервов могут получиться отрицательные числа: полагаем тогда их равными нулю.

График на временной оси трех видов резервов. На примере работы **a46** покажем, как все три вида резервов можно изобразить на графике с временной осью (рис. 9.10).

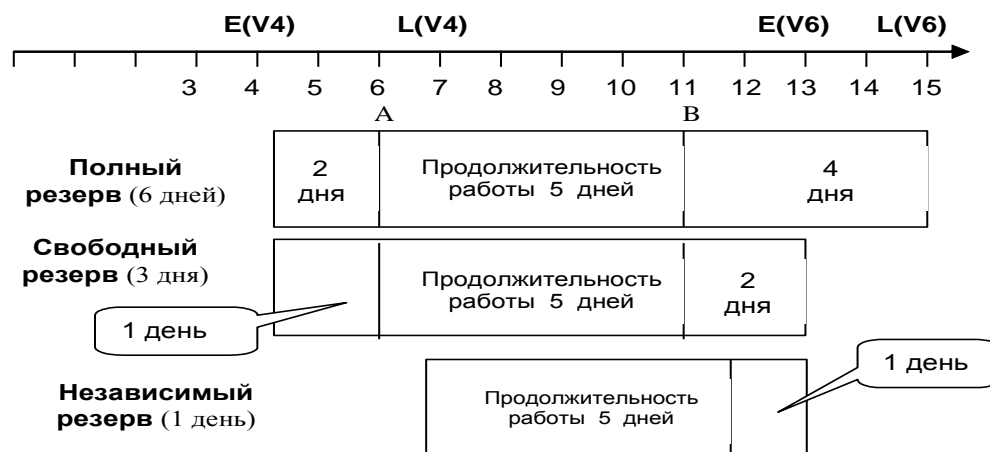


Рис. 9.10 Три вида резервов

Замечание. Теоретически резервы могут располагаться в любой части интервала: в начале, в конце или в середине работы.

9.2.4 Ранний и поздний сроки выполнения работ

Для каждой работы, как правило, вычисляют четыре величины времени. Способ вычисления этих величин мы покажем на примере работы **a46**.

1. Ранний срок начала работы E_s . Работа **a46** не может начаться раньше наступления события **V4**. Поэтому наиболее раннее время начала работы будет равно $E_s = E(V4) = 4$ дня, начиная с нуля.

В общем случае E_s совпадает с $E(V_i)$, т.е. $E_s = E(V_i)$.

2. Ранний срок окончания работы Ef. Очевидно, что наиболее раннее время окончания работы a_{ij} равно сумме продолжительности времени работы и раннего срока начала работы. Таким образом, $Ef = Es + dij$.

3. Поздний срок окончания работы Lf. Если мы не хотим изменить полное время выполнения проекта, то должны стремиться закончить работу a_{ij} не позднее последнего срока для события V_j . Поэтому $Lf = L(V_j)$.

4. Поздний срок начала работы Ls. Поскольку продолжительность работы равна dij , мы должны начинать работу a_{ij} не позднее чем в момент времени $Lf - dij$, для того чтобы успеть закончить ее к моменту Lf . Отсюда $Ls = Lf - dij$.

Пример. Для примера с работой **a46** последовательно находим:

$$Es = E(V4) = 4;$$

$$Ef = Es + d46 = 4 + 5 = 9;$$

$$Lf = L(V6) = 15;$$

$$Ls = Lf - d46 = 15 - 5 = 10.$$

9.3 Табличная запись результатов расчёта сетевого графика

Для любой сети все работы можно записать в виде списка с указанием четырех значений времени для работ и их резервов. Один из возможных вариантов такой записи приведен в следующем примере:

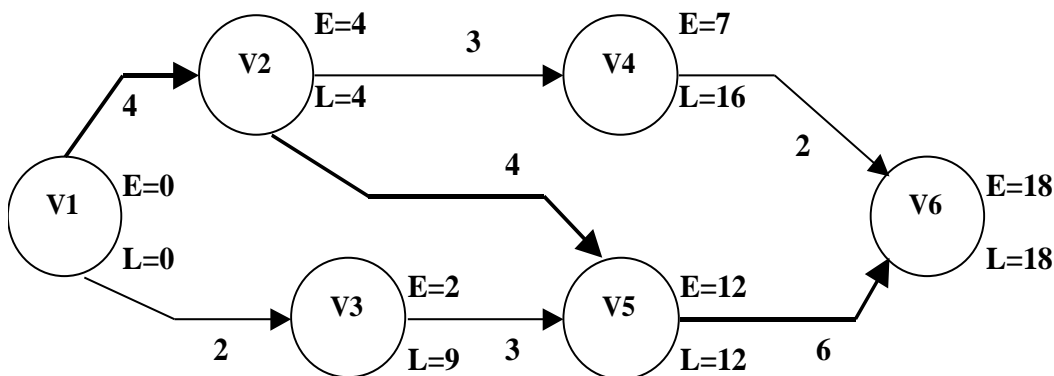


Рис. 9.11 Сетевой график

Работа	Продолжительность	Время начала		Время окончания		Резервы		
		Es	Ls	Ef	Lf	ПОЛНЫЙ	СВОБОДНЫЙ	НЕЗАВИСИМЫЙ
V1 - V2	4	0	0	4	4	0	0	0*
V1 - V3	2	0	7	2	9	7	0	0
V2 - V4	3	4	13	7	16	9	0	0
V2 - V5	8	4	4	12	12	0	0	0*
V3 - V5	3	2	9	5	12	7	7	0
V4 - V6	2	7	16	9	18	9	9	0
V5 - V6	6	12	12	18	18	0	0	0*

Полное время осуществления проекта равно 18, критический путь будет **V1 - V2 - V5 - V6**. Звездочкой в последней колонке помечены величины, которые соответствуют работе, принадлежащей критическому пути.

9.4 Другие виды графического представления расписания работ

9.4.1 Варианты графического представления сетевого графика

Рассмотренные выше примеры сетевых графиков демонстрируют то, что не всегда удобно на дугах (стрелках) графика прописывать содержание (название) работ, так как стрелки иногда удобнее делать ломанными, изогнутыми и т.д. Поэтому в целях более компактного представления расписаний (график плюс текст) используют представления графика, где узлами являются описания работ с указанием длительности, а стрелки указывают только последовательность работ. В таких представлениях изображение промежуточных событий, как таковых отсутствует.

В качестве примера такого представления рассмотрим расписание по подготовке научного семинара. В таблице приведено описание работ (действий) с указанием их продолжительностей и последовательности. Последовательность задается через указание непосредственно предшествующей работы.

Обозначение работы	Описание работы (действия)	Продолжительность (дни)	Предшествующая работа
a1	Утвердить дату семинара	1	-
a2	Составить повестку дня	1	-
a3	Составить и напечатать приглашение	3	a2, a7
a4	Разослать приглашения	1	a3
a5	Выяснить состояние возможных мест проведения	2	-
a6	Проверить наличие помещений	2	a1, a5
a7	Выбрать помещение	1	a6
a8	Организовать питание	1	a7
a9	Получить доклады	8	a2
a10	Собрать тексты всех докладов	3	a9
a11	Напечатать доклады	2	a10
a12	Вручить участникам уведомл.	2	a4

Сетевой график для данного расписания может быть следующим



Пути и их длительности:

a1-a6-a7-a8 = 5 дней; a5-a6-a7-a8 = 6 дней, a2-a3-a4-a12 = 7 дней, a1-a6-a7-a3-a4-a12 = 10 дней, a5-a6-a7-a3-a4-a12 = 11 дней, a2-a9-a10-a11-a12 = 14 дней (критический).

В представленном графике, в отличие от предыдущих, фиксируются два события НАЧАЛО и КОНЕЦ. Работы представлены узлами сети (прямоугольниками), где кроме

названия работы указана и ее продолжительность. Стрелки соединяют предшествующие и последующие работы, фиксируя, таким образом, их последовательность. Такое представление позволяет просчитывать суммарную продолжительность работ, входящих в одну цепочку (принадлежащих одному пути), определять критический путь и список работ, в него входящих.

9.4.2 Диаграмма Ганта

Диаграмма Ганта, названная так в честь ее создателя, - это одно из наиболее популярных средств описания последовательности работ (действий), позволяющих наглядно продемонстрировать очередность и длительность работ. В диаграмме Ганта отдельные работы изображаются отрезками, параллельными оси времени. Длина каждого из отрезков пропорциональна планируемой продолжительности соответствующей работы. Диаграмма Ганта просто строится и благодаря наглядности легко воспринимается. Это делает диаграмму особенно полезной, когда необходимо отобразить информацию о последовательности и продолжительности как отдельных работ, так и всего проекта в целом.

Диаграмма Ганта может быть использована на любом этапе процесса планирования – от этапа предварительного обдумывания до этапа составления оперативных планов. Она полезна при отображении как сложных, так и простых проектов. В сложных случаях диаграмма Ганта может детализироваться посредством построения для отдельных ее полос (работ) дополнительных диаграмм Ганта, которые в свою очередь, могут быть детализованы тем же способом.

На рисунке 9.12 приведена диаграмма Ганта для рассмотренного выше примера по организации научного семинара. Следует отметить, что в представленном на рисунке виде диаграмма не совсем удобна для анализа суммарных длительностей работ, принадлежащих разным цепочкам (путям), и выявления критического пути. Для обеспечения этих возможностей на диаграмме можно изобразить связи в виде линий между последовательными работами.

Диаграммы Ганта также легко поддаются компьютеризации, так как в их основе, как и всех других подходов, лежит формальный аппарат теории графов. Существуют различные компьютерные программы, автоматизирующие расчеты и графические представления, расписаний выполнения работ. Примером такой программы является программная система управления проектами Time Line.

В Time Line создание расписаний, а также ряда других операций производится посредством манипуляции с объектами на экране. При этом для отображения информации о расписании различными способами задействованы разные типы окон. В окне табличного представления отображаются работы (задачи) проекта в виде иерархического списка и различные исходные и расчетные параметры работ. Окно диаграммы Ганта, как правило, используется совместно с табличным окном (списком задач) и является основным, так как оно позволяет осуществлять манипулирование объектами и сразу видеть результаты изменения структуры расписания. Принимаемые по умолчанию параметры добавленной в расписание задачи (работы) могут быть изменены графически. Например, для увеличения продолжительности задач достаточно удлинить ее образ на временной диаграмме; для установления связи по времени между задачами достаточно соединить их линией связи.

Формат каждого из окон можно изменить таким образом, чтобы оно отображало только необходимые данные. Пользователь самостоятельно определяет перечень столбцов расчетных данных, включаемых в электронную таблицу (окно таблиц), а также имеет возможность отобразить на диаграмме только те задачи, которые удовлетворяют заданным критериям (например, задачи, начинающиеся после определенной даты). Кроме того, задачи могут быть отсортированы по любому из столбцов данных.

На рисунке 9.13 приведено расписание работ по организации научного семинара, построенное в системе Time Line.

Обозначение работы	Содержание работы	Продолжительность (дни)	Начало работы	Окончание работы	Я Н В А Р Ь															
					3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Н А Ч А Л О	0	03.янв	03.янв	▲															
a1	Утвердить дату	1	03.янв	03.янв	■															
a2	Выяснить состояние возможных мест проведения	2	03.янв	04.янв	■															
a3	Составить повестку дня	1	03.янв	03.янв	■															
a4	Получить доклады	8	04.янв	13.янв	■															
a5	Проверить наличие помещений	2	05.янв	08.янв	■															
a6	Выбрать помещение	1	07.янв	07.янв	■															
a7	Организовать питание	1	10.янв	10.янв	■															
a8	Составить и напечатать приглашение	3	10.янв	12.янв	■															
a9	Разослать приглашения	1	13.янв	13.янв	■															
a10	Вручить участникам уведомления	2	14.янв	17.янв	■															
a11	Собрать тексты всех докладов	2	14.янв	18.янв	■															
a12	Напечатать доклады	2	19.янв	20.янв	■															
	К О Н Е Ц	0	20.янв	20.янв	▲															

Критическая работа ■ Некритическая работа ■ Резерв времени ■ Опорная точка (событие) ▲

Рис. 9.12 Представление графика работ в виде диаграммы Ганта

9.5 Анализ и оптимизация сетевого графика

После нахождения критического пути и определения резервов времени работ должен быть проведен всесторонний анализ сетевого графика и приняты меры по его оптимизации. Этот этап анализа является важным, так как он позволяет привести сетевое расписание в соответствие с заданными сроками и возможностями организации, разрабатывающей проект.

Анализ сетевого графика начинается с *анализа топологии* сети, включающего контроль построения сетевого графика, установление целесообразности выбора работ, их последовательности и степени детализации.

Затем проводится классификация и группировка работ по величине *временных резервов*.

Оптимизация сетевого графика представляет процесс улучшения организации выполнения комплекса работ с учетом срока их выполнения. Оптимизация проводится с целью сокращения длительности критического пути, выравнивания степени напряженности работ, рационального использования ресурсов. В первую очередь принимаются меры по сокращению продолжительности работ, находящихся на критическом пути. Это достигается:

- ◆ перераспределением всех видов ресурсов, как временных (использование резервов времени не критических путей), так и трудовых, материальных, энергетических (например, перевод части исполнителей, оборудования с не критических путей на работы критического пути); при этом перераспределение ресурсов должно идти, как правило, из зон, менее напряженных, в зоны, объединяющие наиболее напряженные работы;
- ◆ сокращение трудоемкости критических работ за счет передачи части работ на другие пути, имеющие резервы времени;
- ◆ параллельное выполнение (там, где это возможно) работ критического пути;
- ◆ пересмотром топологии сети, изменением состава работ и структуры сети.

В процессе сокращения продолжительности работ критический путь может измениться, и в дальнейшем процесс оптимизации будет направлен на сокращение продолжительности работ нового критического пути и так будет продолжаться до получения удовлетворительного результата. В идеале длина любого из полных путей может стать равной длине критического пути. Тогда все работы будут вестись с равным напряжением, а срок завершения проекта существенно сократится.

9.6 Заключительные замечания

Как было сказано выше, процесс разработки и использования сетевого графика включает три этапа:

- ◆ проектирование графика;
- ◆ анализ графика;
- ◆ управление работами в соответствии с графиком.

Первые два этапа, как правило, выполняются совместно, так как выполняя анализ разработчик должен ответить на следующие вопросы: какова цель работы, каковы сроки выполнения работы (нельзя ли ее выполнить раньше или позже), можно ли работу выполнить лучше, в более короткий срок, применяя другие методы, привлекая других людей, существует ли более рациональная последовательность работ. Вообще говоря, первоначальная сеть дает только базовый план. Далее этот план необходимо систематически изучать с целью построения нового плана, где лучше используются имеющиеся трудовые ресурсы, машины и материалы; при этом к минимуму сводилось бы продолжительность работ и величина издержек.

Первые этапы завершаются после того как сеть проекта построена, найден критический путь, определены все резервы времени и проведена оптимизация сетевого

графика. Затем администрация должна решить, является ли план, изображаемый сетью, допустимым. Если вышестоящая организация (или руководство) обнаруживает, что предложенный план не удовлетворяет имеющимся ограничениям, то необходимо выполнить дальнейший анализ сетевой модели, который помог бы его улучшить.

Если план оказался удовлетворительным, то необходимо закончить его составление, указав количество необходимых ресурсов и определив плановые сроки завершения работ. После этого предложенный план необходимо утвердить, чтобы он стал директивным документом обязательным для исполнения.

После утверждения сетевого графика начинается третий этап – управление работами в соответствии с принятым планом.

Опытные управленцы знают, что успех реализации сложного проекта, даже при самых благоприятных обстоятельствах, зависит от того насколько четко и реалистично сформулированы цели, насколько оптимально выбрана стратегия реализации проекта и стратегия управления работами, насколько хорошо продуман график работ и установлены процедуры по контролю их выполнения.

Все эти возможности как раз и представляют методы сетевого планирования и управления в сочетании с процедурами системного анализа.

9.7 Вопросы для самопроверки:

1. *Какие задачи позволяет решать метод сетевого планирования и управления?*
2. *Дайте определения основных понятий метода СПУ (работа, событие).*
3. *Как в графическом виде изображается сетевой график?*
4. *Что такое продолжительность работы и критический путь?*
5. *Каким образом определяется критический путь?*
6. *Как определяется ранний срок и поздний срок свершения события?*
7. *Какие резервы для работ Вы знаете?*
8. *Что такое полный резерв работы и как он определяется?*
9. *Что такое свободный резерв и как он определяется?*
10. *Что такое независимый резерв, как он определяется?*
11. *Объясните на временном графике соотношение всех видов резервов.*
12. *Ранний и поздний сроки начала и окончания работы, что они дают для расчёта численных характеристик графика?*
13. *Технология составления и анализа сетевого графика.*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В предыдущих главах были рассмотрены методы системного анализа, позволяющие расчленять сложные проблемы на составные части и далее разрабатывать расписания выполнения комплексов работ и мероприятий для разрешения, как составных частей, так и всей проблемы в целом. В данной главе мы еще раз покажем на нескольких примерах необходимость построения эффективных систем управления и применения научных методов управления.

Научно обоснованное управление и компетентность решений содержит огромный потенциал эффективности общественного производства. Поэтому исследование и анализ систем управления и внедрение методов научного управления в широкую практику являются актуальнейшими задачами сегодняшнего дня, особенно учитывая все ускоряющийся динамизм социально-экономических процессов и острейшую необходимость скорейшего вывода экономики из кризиса и приобщения нашей страны к мировой цивилизации.

Задачей задач является подъем уровня управленческой деятельности, который у нас крайне низок по следующим причинам:

- ◆ неразработанность теорий управления и самоорганизации как прямое следствие отторжения науки управления существовавшей системой;
- ◆ слабая управленческая подготовка в вузах (только в последние годы здесь произошли некоторые сдвиги);
- ◆ отчуждение людей от собственности, от бизнеса, блокирование возможности их самообучения экономике и управлению.

Рассмотренные в курсе методы исследования систем управления позволяют сформулировать представления о границах устойчивости любых сложных систем, выход за которые почти наверняка приводит к гибели системы. Каковы же условия устойчивости системы? Как было показано в главе 3, отклонения параметров от нормы является источником активности функциональной системы. При полном отсутствии отклонений, когда нет сигнала обратной связи, система управления (ее датчик и исполнительные органы) находятся «на нуле», фактически как бы не работает. Интересно, что этот, казалось бы, идеальный случай – не лучший вариант для функциональной системы, Оказывается, для любых систем лучше, когда есть некоторые отклонения параметров от нормы, благодаря чему система включается в работу и находится в состоянии не статического, а динамического равновесия.

Так, согласно экспериментальным данным, в живом организме в период беременности некоторый дефицит пищи, кислорода и удобств – не ущерб, а благо для развития плода, ибо эти отклонения являются тем стимулом, физиологическим стрессом, который заставляет плод двигаться, а весь организм – активно функционировать, подключать резервы, развиваться. Отклонения и вызванная ими мышечная активность становятся ключом, «запускающим» генетическую программу всего организма [19].

Искусственное устранение отклонений (например, созданием комфортных условий) ведет к снижению собственной активности организма и в результате к незрелости потомства, к деградации живого. Это подтвердилось и в экспериментах с растениями: опыты со злаковыми показали, что колосья, испытавшие действие ветра и дождя (колышущиеся), при прочих равных условиях оказались крепче и дали урожай на 40% выше, чем неподвижные (в условиях лаборатории).

Следовательно, отклонения полезны, они осуществляют синергетический принцип «упорядоченности через флуктуации» [20]. Однако отклонения не должны

быть большими. Существуют жесткие ограничения в виде допустимого диапазона отклонений, в пределах которого функциональная система способна осуществлять саморегуляцию. Это положение верно для любых систем, включая технические. Так, в автопилотах допустимый диапазон угловых отклонений объекта составляет 20%. При его превышении автопилот не в состоянии сохранять заданный курс самолета.

Весьма ограничен диапазон допустимых отклонений параметров жизнедеятельности живой субстанции, флоры и фауны (температура тела, состав крови и т.п.), в пределах которого осуществляется саморегуляция. Каждый контур саморегуляции здесь имеет свой так называемый «гомеостатический диапазон» отклонений, превышение которого приводит к деструкции (болезням), опасному возрастанию энтропии, к возможности гибели живой субстанции.

«Наш организм как биологическая машина работает в очень узких пределах, - писал И. Ефремов, - и всю жизнь мы как бы балансируем «на лезвии бритвы». Чуть больше сахара в крови – потеря сознания и, если положение не будет исправлено, смерть; чуть меньше – потеря сознания, коллапс, смерть» [21].

Аналогичное положение в биосфере и экосфере. Природа, как тончайшая паутина, сложнейшая живая цепь, вся состоит из великого множества контуров саморегуляции, их переплетения. Причем нарушение равновесия в одной системе сказывается на других системах. Поэтому Человек – «царь природы» – во взаимодействии с ней должен находиться в определенном (ограниченном) диапазоне воздействия на природу, превышение которого грозит разрушением биосферы.

Следует подчеркнуть, что вне поля деятельности человека биосфера организована по принципу безотходной технологии: продукты жизнедеятельности одних видов жизненно необходимы другим. Все утилизируется в великом круговороте биосферы, обеспечивая необходимое равновесие в пределах допустимого отклонения соответствующих параметров. Однако антропогенное воздействие на природу с некоторых пор стало нарушать это равновесие, а в XX веке масштабы этого воздействия столь возросли, что в ряде случаев уже привели к выходу за пределы допустимого. Экстенсивное развитие народного хозяйства, тенденции к неограниченной экспансии (осваивая – покорять, добывая – исчерпать) и урбанизация ведут к опасному нарушению экологического равновесия. Снизились темпы самоочищения биосферы, в частности воды и воздушного бассейна. Природа, ее атмосфера, реки и моря, их механизм саморегуляции уже не справляются с тем огромным, все возрастающим по объему инородным грузом, который человек в нее выбрасывает. Газеты сообщают о гибели сотен малых рек, о проблеме спасения Волги, о напряженной экологической обстановке в ряде регионов России. Уже упущен момент, когда можно было еще спасти Арал. В Уфе в результате аварии на заводе Химпрома отравлена питьевая вода, в которой содержание диоксина – сильнейшего яда – превысило предельно допустимую концентрацию (ПДК) в 236 тысяч раз. Северные моря становятся кладбищем отработанных ядерных реакторов. Подобных фактов можно привести великое множество.

Глубокие деструктивные процессы произошли и в социально-экономической сфере. В разрушительный «год великого перелома» (1929) многие параметры этой сферы жизнедеятельности страны были выведены из «гомеостатического диапазона» отклонений. С тех пор система землепользования, товарно-денежные отношения, система цен и многое другое пребывает в состоянии глубокой разрегулированности.

Соотношение понятий «управление», «исправление», «перестройка». И в научном, и в практическом плане исключительно актуален вопрос о связи величины отклонения с качеством регулирования, с оптимизацией управления.

Как известно, в устойчивых системах авторегулирования отклонения бывают (и должны быть) достаточно *малыми*, что обеспечивается обратной связью и управляющим звеном, оперативно формирующим команды исполнительным органам, стремящимся уменьшить возникшее отклонение, свести его к нулю. Величина

отклонения прямо связана с качеством регулирования (управления). Для оптимального процесса характерно движение с малыми отклонениями и соответственно с малыми управляющими воздействиями. На рисунке 10.1 процесс устойчивого **управления** отражен поведением отклонения в рамках заданного гомеостатического диапазона.

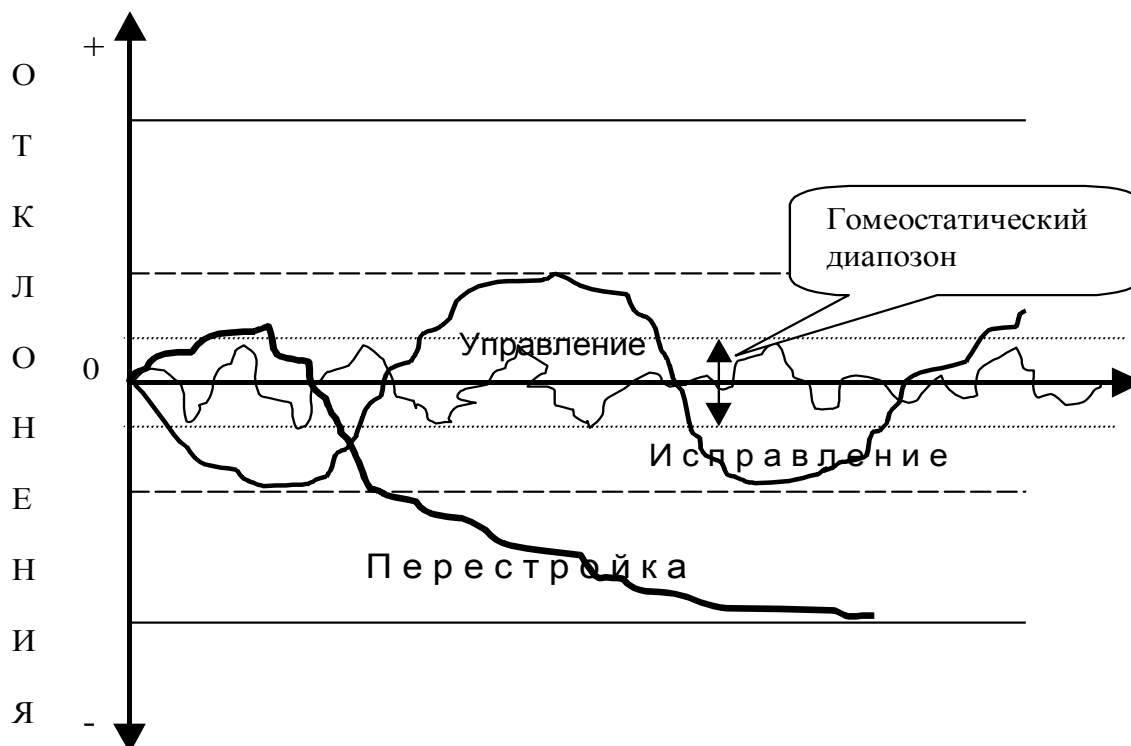


Рис. 10.1 Соотношение понятий «управление», «исправление» и «перестройка» в зависимости от величины отклонения

Если же в системе заторможены (игнорируются или прерваны) обратные связи или в управляющем звене возникают сбои (например, запаздывание с принятием решения, что у нас получается довольно часто), то отклонения, нарастая беспрепятственно, могут быстро достичь критического значения и превысить его. Тогда управляющее звено (если вдруг и заработает в полную силу) уже не сможет вернуть систему в прежнее устойчивое состояние.

Следовательно, *количественный рост* отклонения (перешедшего границу гомеостаза) приводит к новому *качеству*, к новой ситуации, когда уже приходится не **управлять**, а **исправлять**. Наступает разрыв непрерывности, требуется применение внешних сил, дополнительных средств и времени для выправления положения. Поскольку обратные связи в таких ситуациях продолжают действовать с запаздыванием, систему бросает из одной крайности в другую.

В более тяжелых, запущенных случаях, когда обратные связи игнорируются продолжительное время и, по существу, нет компетентного управления, а процессы адаптации и самоорганизации заблокированы, отклонения в процессах целевого функционирования объекта и внутренние его деформации будут столь велики, что может потребоваться коренная **перестройка**.

К большим отклонениям и нарушениям устойчивости сложной системы могут привести и необоснованные управляющие воздействия, волюнтаристические решения. Чем менее научно обоснована социальная основа таких решений, тем более деструктивными будут их последствия. К примеру, явная неэффективность государственно-монополистической экономики привела уже в начале 30-х годов к резкому снижению производительности труда, урожайности полей, массовому голоду и

многим другим негативным явлениям. Информацию обо всем этом руководители административно-командной системы заблокировали, а научное управление заменили десятилетиями правления вслепую. Здесь следует отметить, что Ленин в одной из работ справедливо указывал на недопустимость в управлении неоправданно больших рывков и остро критиковал охотников «перестраивать на всяческий лад». «Малый шаг вперед! Надо проникаться спасительным недоверием к скоропалительному быстрому движению вперед. Надо задуматься над проверкой тех шагов вперед, которые ежедневно провозглашаем» [22].

Представляется очевидным, что неожиданный на первый взгляд призыв «малый шаг вперед!» объясняется единственной заботой не допустить разрыва цепи обратной связи, не потерять управляемости процесса. Он отнюдь не означает запрета ускоренного движения, а указывает лишь на цикличность управления, на необходимость квантования движения на малые шаги, на цепь шагов, с проверкой результата каждого очередного шага, чтобы не допустить опасного нарастания отклонения и потери устойчивости. При таком «управлении по результату» можно осуществлять и ускоренное развитие.

Следует отметить, что в цивилизованных странах этот тезис Ленина взят на вооружение и там не только перестройка структур экономики, но даже передача власти осуществляется плавно, без разрыва управленческих связей, чтобы не затормозить процессы функционирования общества. Образцом такой передачи власти является алгоритм передачи власти новому Президенту США. Рабочий контакт уходящей администрации и новой администрации осуществляется в течение двух месяцев в духе сотрудничества, обеспечивает преемственность обновления, ответственность и олицетворяет демократию в действии.

М. Тэтчер в статье «Мы движемся к новой эре» писала о России, что мы, как иногда кажется, пытаемся сделать в течение 5-10 лет то, на что Западу понадобилось более столетия. Следует неуклонно, постепенно улучшать положение, а не пытаться скачкообразно достичь огромного роста производства, что часто дает совершенно обратный результат.

Печальный опыт нашей индустриализации (за счет раскрестьянивания страны) или «культурной революции» в Китае с сотнями доменных печурок в деревнях полностью подтверждают этот тезис. Движение вперед должно идти день за днем, месяц за месяцем, благодаря постоянным упорным, самоотверженным усилиям, но при нормальной жизни людей (без страданий и лишений). В статье Тэтчер подчеркивает также роль человека, его свободы и ответственности: «Не система важна, а каждая личность, которой надо дать свободу предпринимательства. Свобода влечет за собой ответственность. Вот откуда на самом деле идут права ЧЕЛОВЕКА! Мы постепенно увеличиваем ответственность промышленников, руководителей».

Переход к рыночной экономике, к простым и ясным горизонтальным связям между производителями потребовал демонтажа административно-командной системы, устойчивость которой была искусственной, она держалась на силе и за счет больших затрат. Эта коренная перестройка сложнейшей структуры народного хозяйства должна была осуществляться осторожно, плавно, не разрушая старое, пока не созданы и не заработали новые структуры.

Перестройка, начатая в 1985 г. в нашей стране, назревала давно и была объективно необходима обществу. Народ с энтузиазмом воспринял гласность и начало демократических перемен. Однако прошедшие годы показали, что перестройка была начата без ясной, научно обоснованной программы и осуществлялась не продуманными последовательными шагами к цели, а путем проб и ошибок, шараханьем из одной крайности в другую. В результате кризис углубляется. Этот пример демонстрирует результат игнорирования на практике общепринятых научных основ управления.

Профессор психологии Стэнфордского университета Р. Солсо пишет, что «у русских были совершенно утопичные представления о демократии – как о мире, где все возможно, все разрешено». Демократия - это в первую очередь система тщательно отработанных и **строго соблюдаемых законов**, регламентирующих все стороны жизни

государства, права и обязанности граждан. Одним из таких законов в США и является закон о передаче власти, неукоснительно соблюдаемый уже два столетия. Но создание такой совершенной, непротиворечивой, гуманной системы законов требует много труда, борьбы, знаний, интеллектуальных усилий. Отраднo, что мы к этому приступили и теперь необходимо разумно использовать все ценное из зарубежного опыта.

Примеры самоорганизации в процессе становления механизмов управления. Когда управление осуществляется по результату предшествовавших шагов, происходит самообучение управлению и самосовершенствование системы. Данное положение наглядно можно проиллюстрировать на примере эволюции менеджмента

Западная управленческая мысль в XX веке прошла три этапа становления и развития Соответственно им можно обозначить три доктрины (рис. 10.2)

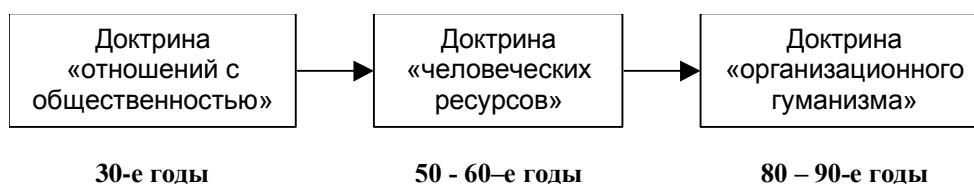


Рис. 10.2 Этапы становления (самоорганизации) менеджмента

1-й этап. Доктрина «отношений с общественностью» (public relations) — специальная система управления социальной информацией, направленная на создание благоприятных обстоятельств и гласности, потребительских стимулов и общественного мнения, отвечающего интересам как монополий, так и населения. Суть этой доктрины: массовое производство требует постоянного спроса, значит, нужно изучать общественное мнение, выявлять потребности, создавать рекламу и добиваться прибылей монополий с учетом интересов масс, даже влияя на эти интересы в выгодном направлении. Это была новая философия менеджмента как результат приспособления системы к новым условиям после кризиса 1929-1931 гг. Образовалась целая армия «пиэрменов» (pr-men). Их лозунгом становится согласие, а не классовая борьба.

Как обратная связь, как момент адаптации, публик рилэйшнз сыграла определенную роль в повышении устойчивости капиталистической системы.

2-й этап. Доктрина «человеческих ресурсов» сформировалась в послевоенных условиях, когда научно-техническая революция открыла новые возможности для повышения эффективности управления. Они стали реализовываться с помощью применения ЭВМ и других технических средств кибернетики, электронного моделирования процессов, количественного анализа хозяйственных проблем.

Таким образом, к 50-60-м годам усложнение техники потребовало нового подхода — повышения образовательного уровня не только управляющих, инженерно-технических работников, но и основной массы работников, чтобы обеспечить оптимальный синтез человека с техникой. Было предпринято массовое обучение новой технике, программированию, делопроизводству и т.п. Существенно поднялся интеллектуальный уровень массы работников и всего общества. Произошло объединение «человеческих ресурсов» с возросшими возможностями технических систем, возросла производительность труда в промышленности и сельском хозяйстве, повысилась качество продукции.

Но и эта доктрина к концу 70-х годов исчерпала свои возможности.

3-й этап. Третьему этапу развития менеджмента соответствует доктрина «организационного гуманизма». Бурное развитие научно-технического прогресса выявило, что его наиболее наукоемкие направления и тонкие технологии могут успешно развиваться лишь при условии, если работник не только высокообразован, но и имеет достойные материальные условия, благоприятный психологический климат, ощущает заботу о себе, не тревожится о завтрашнем дне.

Поэтому в 80-е годы усиленно разрабатываются пути более эффективного использования человеческого потенциала организаций, развития в них правильных

«ценностей» и «организационной культуры», налаживания духа предпринимательства и новаторства. Было обращено пристальное внимание на улучшение материального положения работников, организацию гуманных отношений, социальной защищенности работников.

Это был результат дальнейшей адаптации системы к потребностям прогресса. Прогноз «абсолютного обнищания пролетариата» не оправдался. Невозможно представить себе полуголодного «люмпена» за пультом мощного современного компьютера, а тем более занимающегося производством микропроцессоров высочайшего качества. Результат обследования 62 лучших компаний США, отраженный в работе [23], подобный же анализ многих фирм Германии, Японии и других развитых стран свидетельствуют о высокой эффективности доктрины «организационного гуманизма».

Проведение экономических реформ всегда требует огромных затрат и, следовательно, связано с лишениями для граждан. При этом гуманизм особенно необходим и он может быть реализован путем более или менее равномерного распределения бремени реформы *на всех граждан*. Реформа не должна проходить в обстановке непомерного и незаконного обогащения небольшой части населения и обнищания, бедственного положения масс, как это имеет место у нас.

А опыт гуманного и потому успешного проведения реформы прошел на наших глазах. «Благосостояние для всех» — провозгласил Л. Эрхард, начиная свои реформы в послевоенной полуразрушенной Германии. И провел их шаг за шагом, регулярно через средства массовой информации объясняя населению ход процесса, суть каждого очередного шага правительства, какие будут трудности для населения и как их преодолеть, чтобы идти вперед. Населению понравился такой контакт, оно вскоре ощутило позитивные результаты, поддержало реформу.

Жизнь показала, что главное — в раскрепощении и поддержке работника, что производительность — от человека. Поворот западного менеджмента к человеку как к наивысшей ценности обусловил высокую зарплату, разнообразные льготы, отличные условия труда, медобслуживание и заботу предпринимателей о создании наиболее благоприятных условий жизни для работников.

Возвращаясь к материалу, изложенному в предыдущих главах, необходимо отметить, что знание методов и технологий исследования систем должно базироваться на четком понимании динамики развития механизмов и систем управления. Причем, для организационных социально-экономических систем важно понимание ведущей роли социальных факторов. Поэтому при исследовании и анализе таких систем важное место занимают методы, базирующиеся на эмпирических (экспертных) знаниях. Результатом грамотного анализа экономических систем и процессов, как правило, должны быть предложения, обязательно включающие в себя разделы по формированию или улучшению механизмов, отвечающих за самоорганизацию и саморазвитие сложной экономической системы. Только такой подход позволяет осуществлять **поступательное движение вперед по пути повышения эффективности существующих систем управления сложными социально-экономическими объектами и процессами.**

ЛИТЕРАТУРА

1. Берталанфи Л. Общая теория систем - критический обзор // Исследование по общей теории систем. - М.: Прогресс, 1969.
2. Богданов А.А. Всеобщая организационная наука (тектология). Т.3. – М., 1924.
3. Винер Н. Кибернетика и общество. М.: Изд-во иностранной. литературы, 1958.
4. Андраде Ж. и др. Поля, частицы, кванты. - М.: Мир, 1972.
5. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. - М.: Высш.шк., 1989.
6. Хакен Г. Синергетика: Пер. с англ. – М.: Мир, 1980.
7. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990.
8. Петрушенко Л.А. Единство системности, организованности и самодвижения. - М.: Мысль, 1975.
9. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. - М.: Прогресс, 1986.
10. Философский словарь. - М.: Политиздат, 1991.
11. Киланд Д., Кинг В. Системный анализ и целевое управление. - М.: Сов.радио, 1979.
12. Острейковский В.А. Теория систем. - М.: Высш.шк., 1979.
13. Говалло В.И. Почему мы не похожи друг на друга? - М.: Знание, 1984.
14. Анохин П.К. Психическая форма отражения действительности // Ленинская теория отражения и действительность. – София: Наука и искусство, 1973.
15. Шмальгаузен И.И. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. - М.: Изд-во АН СССР, 1969.
16. Абдеев Р.Ф. Философия информационной цивилизации. - М.: ВЛАДОС, 1994.
17. Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции. - М.: Изд-во АН СССР, 1946.
18. Абдеев Р.Ф. Генезис механизма управления, его системоорганизующая роль и философский статус // Теория, методология и практика системных исследований. Тез. докл. - М.: Изд-во АН СССР, 1984.
19. Аршавский И.А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития. - М.: Наука, 1982.
20. Пригожин И., Николин Ж. Биологический порядок, структуры и неустойчивость //Успехи физических наук. - 1973. - Т.109, - №3.
21. Ефремов И.А. Лезвие бритвы. - М.: Мол. гвардия, 1988.
22. Ленин В.И. Полное собрание сочинений. Т.44. - С.326
23. Питерс Т., Уотерман Р. В поисках эффективного управления: (опыт лучших компаний США). - М.: Прогресс, 1986.