

**БЕЛКООПСОЮЗ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ТОРГОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КООПЕРАЦИИ»**

---

---

Кафедра информационно-вычислительных систем

## **ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ**

**Пособие**  
для студентов специальности 1-26 03 01  
«Управление информационными ресурсами»

УДК 004  
ББК 32.973  
Т 33

Автор-составитель С. В. Кравченко, канд. физ.-мат. наук,  
ст. преподаватель

Рецензенты: В. И. Мисюткин, канд. техн. наук, доцент кафедры информационных технологий Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого;  
В. В. Бондарева, канд. техн. наук, доцент кафедры информационно-вычислительных систем Белорусского торгово-экономического университета потребительской кооперации

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации». Протокол № 5 от 10 июня 2008 г.

**Теория** систем и системный анализ : пособие для студентов специальности  
Т 33 1-26 03 01 «Управление информационными ресурсами» / авт.-сост. С. В. Кравченко. – Гомель : учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», 2009. – 68 с.  
ISBN 978-985-461-651-3

УДК 004  
ББК 32.973

ISBN 978-985-461-651-3

© Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», 2009

## ВВЕДЕНИЕ

Теория систем – термин, введенный в 30-е гг. XX в. Л. фон Берталанфи, которого считают основоположником этого направления. Биолог по своей профессии, Берталанфи первый доклад о своей новой концепции сделал на философском семинаре, пользуясь в качестве исходных понятий терминологией философии. Берталанфи положил начало различным обобщающим направлениям. Так, прикладные направления теории систем получили названия «системотехника» и «системология», причем понятие «системотехника» используется применительно к техническим системам. Для обобщения дисциплин, связанных с исследованием и проектированием сложных систем, используется термин «системные исследования».

В настоящее время наиболее общим понятием, которое обозначает все возможные проявления систем, является «системность». Системность – довольно сложное и многообразное явление, проявляющееся в трех аспектах: в системном подходе, теории систем, системном методе. Системный подход – это принцип деятельности. Системный подход направляет человека на системное видение действительности, он заставляет рассматривать мир с системных позиций, точнее – с позиций его системного устройства. Теория систем, или научное знание о системах, объясняет происхождение, устройство, функционирование и развитие систем различной природы. Системный метод выступает как некоторая интегральная совокупность относительно простых методов и приемов познания, а также преобразования действительности.

Для того, чтобы ориентироваться в сложных производственных ситуациях, характеризующихся переплетением экономических, социальных, демографических, экологических и технических факторов, экономист должен развить в себе системное мышление, что предполагает умение анализировать сложные ситуации, ставить задачи, формировать варианты решений и выбирать из них лучший для конкретных условий. Системный анализ как раз и разрабатывает методологию проектирования и исследования систем управления.

Данное пособие предназначено для студентов дневной формы обучения, а также студентов заочной формы обучения при подготовке к тестированию. Пособие может быть использовано для проведения занятий и по другим дисциплинам. В частности, в курсе «Корпоративные информационные системы» при изучении темы «Проектирование корпоративных информационных систем» можно использовать методологию структурного анализа и проектирования.

## 1. ПОНЯТИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СТРУКТУРУ СИСТЕМЫ

### 1.1. Понятия, входящие в определение системы

*Система* – множество элементов, составляющих единство, их связей и взаимодействий между собой и между этими элементами и внешней средой, образующих присущую данной системе целостность, качественную определенность и целенаправленность.

Системой может являться любой объект живой и неживой природы, общества, процесс или совокупность процессов, научная теория, если в них определены элементы, образующие единство (целостность) со своими связями и взаимодействиями, что создает в итоге совокупность свойств, присущих только данной системе и отличающих ее от других систем.

*Автоматизированная система* – это совокупность частей (технических средств, математических методов, коллектива исполнителей), образующая организационное комплексное единое целое и обеспечивающая решение требуемого набора задач автоматизации с заданной точностью в пределах ограничений во времени и стоимости.

*Особенности системы* следующие:

1. Система обладает новыми свойствами по сравнению с элементами, из которых она состоит. При этом система не есть просто механический набор элементов, это целенаправленное их соединение в виде определенных структур и взаимосвязей.

2. Система обладает свойством оптимальности, т. е. из возможных вариантов действий выбирается наилучший. Система проектируется с учетом критериев оптимальности и функционирует согласно построенным заранее оптимальным планам.

3. У системы есть цель или назначение. Она создается для достижения какой-либо цели, для решения определенных задач.

*Элемент* – неделимая часть системы, обладающая самостоятельностью по отношению к данной системе и характеризующаяся конкретными свойствами. Неделимость элемента означает, что при изучении данной модели внутреннее строение элемента не рассматривается. Элемент – это предел членения системы с точки зрения аспекта рассмотрения системы, решения конкретной задачи, поставленной цели.

Элемент системы характеризуется только его внешними (а не внутренними) проявлениями в виде связей и взаимосвязей с другими элементами.

Систему можно расчленять на элементы различными способами в зависимости от формулировки задачи, цели и ее уточнения в процессе проведения системного исследования. При необходимости можно изменять принцип расчленения, выделять другие элементы.

Каждый элемент характеризуется конкретными свойствами (вес, температура и т. д.), которые определяют его в данной системе однозначно. Совокупность всех свойств элемента будем называть *состоянием элемента*. Состояние элемента в зависимости от различных факторов может меняться. Последовательные изменения состояния элемента будем называть *движением элемента*.

*Подсистема* – это совокупность взаимосвязанных элементов, обладающая свойствами системы, способная выполнять относительно независимые функции, подцели, направленные на достижение общей цели системы. Отличие подсистемы от простой группы элементов состоит в том, что для подсистемы формулируются подцели ее функционирования.

Так, например, синонимами термина «подсистема» являются термины «агрегат», «блок», «узел», «механизм» в технике; «подпрограмма», «программный модуль», «логический блок» в программировании; «подразделение», «комиссия» в организации и управлении.

Если же части системы не обладают свойством целостности и способностью выполнять независимые функции, а представляют собой совокупность однородных элементов, то такие части называют *компонентами*.

## 1.2. Структуры, их виды и формы представления

*Связь* – совокупность зависимостей свойств одного элемента от свойств других элементов системы. Установить связь между двумя элементами – это значит выявить наличие зависимостей их свойств.

Связь определяют как ограничение степени свободы элементов. Действительно, элементы, вступая в связь друг с другом, утрачивают часть своих свойств, которыми они потенциально обладали в свободном состоянии.

Зависимость свойств элементов может быть односторонней и двусторонней. Двусторонняя зависимость свойств одного элемента от свойств другого называется *взаимосвязью*.

Выделяют следующие виды связи:

- по направлению – направленные и ненаправленные;
- по силе – сильные и слабые;
- по характеру – равноправные, генетические (связи порождения), связи подчинения, связи управления;
- по направленности процессов – прямые и обратные;
- по месту приложения – внутренние и внешние.

Связи в конкретных системах могут быть одновременно охарактеризованы несколькими из названных признаков.

*Взаимодействие* – совокупность взаимосвязей и взаимоотношений между свойствами элементов, когда они приобретают характер взаимодействия друг другу.

*Структура системы* – совокупность элементов системы и связей между ними. Одна и та же система может быть представлена разными структурами в зависимости от стадии познания объектов или процессов в системе, аспекта их рассмотрения, цели создания. При этом по мере развития исследований или в ходе проектирования структура системы может изменяться.

Принятый способ описания структур – графическое изображение. В таком графе элементы, компоненты, подсистемы и прочие объекты системы отображаются в виде вершин графа; связи между объектами представляют в виде дуг.

Рассмотрим основные способы представления структур.

*Сетевая структура* представляет собой декомпозицию системы во времени. Такие структуры могут отображать порядок действий технической системы, этапы деятельности человека (рис. 1).

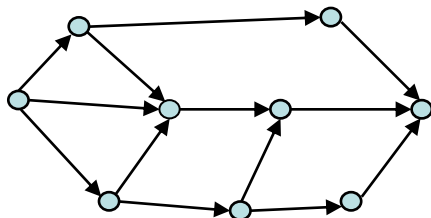


Рис. 1. Сетевая структура

*Линейная структура* характеризуется строго упорядоченным взаимоотношением элементов «один к одному» (рис. 2).

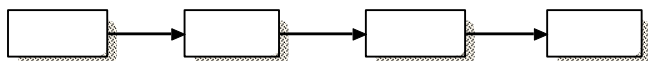


Рис. 2. Линейная структура

Кольцевая (циклическая) структура имеет замкнутые контуры в соответствующих графах.

Иерархическая структура представляет собой декомпозицию системы в пространстве и применяется, прежде всего, для описания подчиненности элементов в структурах управления. Все компоненты и связи существуют в этих структурах одновременно (не разнесены во времени). В иерархических структурах важно лишь выделение уровней соподчиненности, а между уровнями и компонентами в пределах уровня могут быть любые взаимоотношения. Структуры, в которых каждый элемент нижележащего уровня подчиняется только одному элементу вышележащего уровня, называют структурами типа «дерево», иерархическими структурами с «сильными» связями (рис. 3).

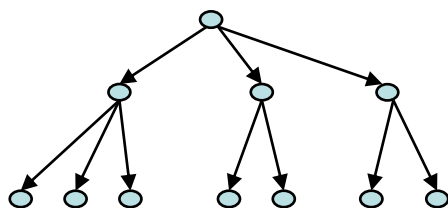


Рис. 3. Иерархическая структура с «сильными» связями

Структуры, в которых элемент нижележащего уровня может быть подчинен двум и более элементам вышележащего уровня, называют иерархическими структурами со «слабыми» связями (рис. 4). Например, предприятия и организации имеют, как правило, двойное подчинение – отраслевым министерствам и региональным органам управления, т.е. имеет место иерархия со «слабыми» связями.

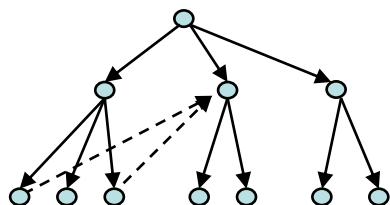


Рис. 4. Иерархическая структура со «слабыми» связями

Любая иерархия сужает возможности и, особенно, гибкость системы. Элементы нижнего уровня скрываются доминированием сверху, они способны влиять на это доминирование (управление) лишь частично и, как правило, с задержкой. Однако введение иерархии резко упрощает создание и функционирование системы, и поэтому ее можно считать вынужденным, но необходимым приемом рассмотрения сложных технических систем. Недаром та или иная степень иерархии наблюдается в подавляющем большинстве естественных систем. Отрицательные последствия введения иерархии во многом могут быть преодолены предоставлением отдельным элементам возможности реагировать на часть воздействий без жесткой регламентации сверху.

В теории иерархических структур выделяют особые классы многоуровневых иерархических структур: страты, слои, эшелоны, отличающиеся различными принципами взаимоотношений элементов в пределах уровня и различным правом вмешательства вышестоящего уровня в организацию взаимоотношений между элементами нижележащего уровня.

Стратифицированное представление системы – это задание системы семейством моделей, каждая из которых описывает поведение системы с точки зрения соответствующего уровня абстрагирования. Для каждого уровня существуют характерные особенности, законы и принципы, с помощью которых описывается поведение системы на этом уровне. Уровни абстрагирования называют стратами. Страты дают, с одной стороны, простоту описания сложной системы, с другой стороны, детализацию описания (рис. 5).

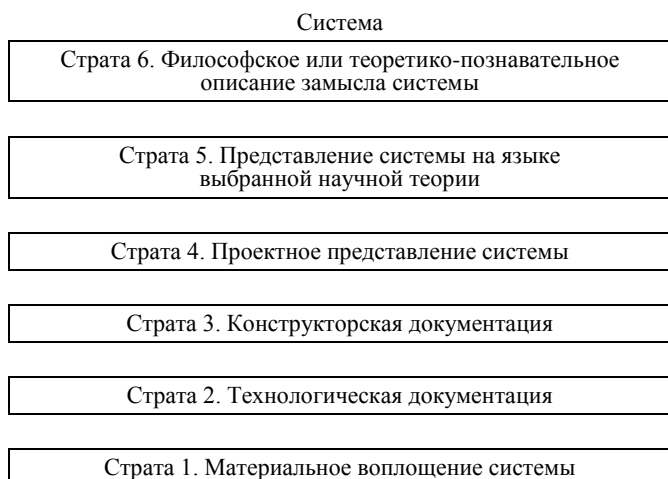


Рис. 5. Пример стратифицированного представления системы

В стратифицированном виде можно представить структуру текста (буквы – слова – предложения – абзацы – текст), структуру банков и баз данных (физический уровень хранения данных – логический уровень – системно-логический уровень).

«Слои» (*уровни сложности*) – вид многоуровневой структуры для организации процесса принятия решений. Слои, или уровни сложности, принимаемого решения выделяются для уменьшения неопределенности ситуации, при этом определяется совокупность последовательно решаемых проблем. При этом выделение проблем осуществляется так, чтобы решение вышележащей проблемы определяло ограничения при моделировании на нижележащем уровне, т. е. снижало неопределенность нижележащей проблемы, но без утраты замысла решения общей проблемы. Каждый слой представляет собой блок, принимающий решения и вырабатывающий ограничения для нижележащего блока.

*Многоэшелонная иерархическая система* – это система, представленная в виде относительно независимых, взаимодействующих между собой подсистем. При этом некоторые или все подсистемы имеют право принятия решений, а иерархическое расположение подсистем определяется тем, что некоторые из них находятся под влиянием или управляются другими подсистемами. Уровень в такой иерархии называется эшелон. Предоставление свободы действий в принятии решений компонентам всех эшелонов иерархической структуры повышает эффективность ее функционирования.

*Матричная структура* – многомерное представление сложных систем как эквивалент табличной формы (рис. 6).

Цели	Подцели
1. ...	1.1. ...
	1.2. ...
	1.3. ...
2. ...	2.1. ...
	2.2. ...

	1	2
1.1	+	+
1.2	+	-
1.3	+	+
2.1	+	+
2.2	-	+

Рис. 6. Примеры матричных структур

Для построения и исследования структур сложных систем широко применяется теория графов, которая составляет отдельный раздел математики.

### 1.3. Внешняя среда

Система существует среди других материальных объектов, которые не вошли в нее. Они объединяются понятием «внешняя среда».

*Внешняя среда* – это набор существующих в пространстве и во времени объектов, которые, как предполагается, действуют на систему.

По сути дела, очерчивание системы есть разделение некоторой области материального мира на 2 части, одна из которых рассматривается как система, т. е. объект анализа, а другая – как внешняя среда. На первых этапах системного анализа важно отделить (отграничить) систему от среды, с которой взаимодействует система.

*Внешняя среда* есть совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему, а также тех объектов, чьи свойства меняются в результате поведения системы. Важно прогнозировать не только состояние системы, но и разрабатывать, учитывать прогноз состояния среды, что особенно важно для систем управления экономикой. В последнем случае следует учитывать неоднородность среды: наряду с естественно-природной средой существует собственно экономическая среда, социальная среда.

Частным случаем выделения системы из среды является определение ее через «входы» и «выходы», посредством которых система общается со средой. В кибернетике и теории систем такое представление системы называют «черным ящиком». В этом случае рассматривают только внешние связи – связи системы со средой, а внутренние не рассматривают.

### Вопросы для обсуждения и задания

1. Дайте определение системы.
2. Приведите примеры систем.
3. Что такое морфологическое описание системы?
4. Для следующих систем обоснуйте, что они действительно являются системами, найдите все признаки и особенности системы: Солнечная система; живой организм; вычислительный центр; промышленное предприятие; электрическая схема; уголовный кодекс страны; правила дорожного движения; система линейных уравнений; отрасль промышленности; система социального обеспечения; операционная система ЭВМ; АСУ технологическим процессом; сердечно-сосудистая система.
5. Что такое состав системы? В чем различия состава и структуры системы? Изобразите графически состав и структуру системы.

6. Какими причинами обусловлена множественность вариантов модели состава системы?
7. Дайте определение связи.
8. Может ли число элементов системы превышать число связей между ними?
9. Как изменяется число связей в системе с увеличением числа ее элементов?
10. В приведенных примерах систем выделите элементы и связи между ними:
  - Солнечная система;
  - промышленное предприятие;
  - система линейных уравнений.
11. В чем заключается структуризация?
12. Какой математический аппарат в наибольшей степени пригоден для построения структурных моделей систем?
13. Могут ли системы, имеющие одинаковый состав, обладать разными свойствами? Обоснуйте ответ.
14. Приведите пример, когда различным целям соответствуют разные модели состава:
  - различающиеся субстратно, т. е. содержащие разные элементы;
  - различающиеся делением на подсистемы, но содержащие одни и те же элементы;
  - различающиеся в определении элементарности.
15. Приведите пример, когда объект является элементом системы, и пример, когда этот же объект является системой.
16. Укажите названия недостающих систем, подсистем и элементов (табл. 1).

Таблица 1. Примеры систем и их части

№ п/п	Система	Подсистемы	Элементы
1	?	?	Налогоплательщики
2	Система телевидения	?	?
3	?	Члены семьи	?
		Имущество семьи	
4	?	Источники тепла	?
		Подсистема распределения и доставки тепла	
		Подсистема эксплуатации	
5	?	?	Компьютеры Компьютерные сети Персонал Информационное и программное обеспечение

17. Зависят ли свойства системы от ее состава? Обоснуйте ответ.
18. Подтвердите примерами выражение, что система обладает новыми свойствами по сравнению с элементами, из которых она состоит.
19. Для вопроса «Как устроена система?» правильным является ответ «состав системы» или «структура системы»?
20. Составьте родословную и представьте ее графически. Определите, какой тип структуры при этом используется.
21. Сколько структурных уровней имеет собрание сочинений как физический носитель и как рубрицированный текст? Рассмотрите конкретное собрание сочинений и опишите структуру его текста.
22. Установите принцип структуризации и опишите структуру авторучки.
23. Дайте определение внешней среды системы.
24. Подберите синоним к термину «внешняя среда системы».
25. Какие модели систем называют «черным ящиком»?
26. При проведении занятия со студентами преподаватель выдает задание на коллективное выполнение одному студенту, который после выполнения дает его другому для дополнений, второй дает третьему и т. д. В результате вклада каждого студента должен получиться хороший и многогранный ответ на один вопрос. Преподаватель не проверяет конечный результат, если студенты сами заинтересованы в хорошем выполнении задания. Какова структура такого занятия?
27. На занятии, в отличие от предыдущего случая, имеется обратная связь, и преподаватель имеет возможность контролировать результат выполнения после каждого ответа студента. Какова структура такого занятия?
28. Представьте себе типовую схему проведения занятий. Преподаватель задает вопрос одному студенту и оценивает его ответ, остальные студенты коллективно дополняют ответ. Роль преподавателя заключается в корректировке и соблюдении технологии проведения занятия. Какова структура такого типового занятия?
29. Преподаватель дает список вопросов старосте для всей группы. Староста сам определяет, кому какой вопрос дать для подготовки ответов, так как предполагается, что староста лучше преподавателя знает возможности и степень подготовки студентов своей группы. Какова структура такого занятия?
30. Структура станций метро на одной (не кольцевой) линии – это:

- иерархическая структура;
- линейная структура;
- сетевая структура;
- структура матричного типа.

Выберите правильный вариант формулировки.

31. Что включает внешняя среда банка?

32. Представьте себе автомат для производства некоторого изделия. Что включает его морфологическое описание? Приведите примеры нескольких различных морфологических описаний этого автомата.

33. Примером какой структуры является структура управления вузом «ректор – проректоры – деканы – заведующие кафедрами и подразделениями – преподаватели кафедр и сотрудники других подразделений»?

34. Что общего между понятием «элемент системы» и моделью «черного ящика»?

35. Установите необходимые взаимосвязи между помещениями медицинского центра с целью обеспечить систематический поиск взаимосвязей между элементами в рамках данной проблемы:

- определите понятия «элемент» и «взаимосвязь» таким образом, чтобы другие специалисты могли выявить ту же конфигурацию элементов и взаимосвязей, что и авторы определения;
- составьте матрицу взаимодействий, в которой каждый элемент может быть сопоставлен с любым другим;
- определите на основе объективных данных наличие или отсутствие взаимосвязи между каждой парой элементов;
- постройте граф проектной проблемы в виде узлов (представляющих элементы), соединенных ребрами (отражающими связи между элементами).

## 2. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

### 2.1. Понятия, определяющие функционирование системы

*Состояние системы* – совокупность состояний ее  $n$  элементов и связей между ними. Понятием «состояние» обычно характеризуются мгновенная фотография, «срез» системы, остановка в ее развитии. Двусторонних связей не может быть больше чем  $n(n-1)$  в системе с  $n$  элементами. Если связи в системе неизменны, то ее состояние – это совокупность состояний ее элементов.

Задание конкретной системы сводится к заданию ее состояний, начиная с зарождения и кончая гибелью или переходом в другую систему.

Реальная система не может находиться в любом, произвольном состоянии, так как всегда есть ограничения – некоторые внутренние и внешние факторы (например, человек не может жить 1000 лет).

Состояние системы определяют либо через входные воздействия и выходные сигналы (результаты), либо через макропараметры, макросвойства системы (давление, скорость, ускорение). Так, говорят о состоянии покоя (стабильные входные воздействия), о состоянии равномерного прямолинейного движения (стабильная скорость) и т. д. Если зафиксировать все значения рассматриваемых характеристик системы, то такая ситуация называется *состоянием системы*.

*Входы системы* – это различные приложения влияния (воздействия) внешней среды на систему. Входами системы могут быть информация, вещество, энергия, которые подлежат преобразованию.

*Выходы системы* – это различные точки приложения влияния (воздействия) системы на внешнюю среду. Выход системы представляет собой результат преобразования информации, вещества и энергии.

Типичными входами и выходами являются пары «сигнал – отклик», «воздействие (раздражение) – реакция», «запрос – ответ», «аргумент – решение» или, более широко, «информация – принятие решения», «управление – движение» и др.

*Обратная связь* – то, что соединяет выход со входом системы и используется для контроля за изменением выхода (рис. 7).

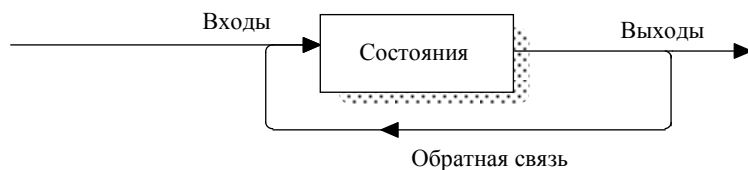


Рис. 7. Обратная связь в системе

Обратная связь может быть:

- отрицательной, противодействующей тенденциям изменения выходного параметра, т. е. направленной на сохранение, стабилизацию требуемого значения параметра (например, стабилизацию выходного напряжения или в системах организационного управления – количества выпускаемой продукции и т. п.);
- положительной, сохраняющей тенденции происходящих в системе изменений того или иного выход-



ного параметра (что используется при разработке генераторов разного рода, при моделировании развивающихся систем).

Обратная связь – одно из фундаментальных понятий теории систем. Первоначально это понятие было исследовано в теории автоматического управления. Обратная связь является основой саморегулирования, развития систем, приспособления их к изменяющимся условиям существования. При разработке моделей функционирования сложных саморегулирующихся, самоорганизующихся систем в них, как правило, одновременно присутствуют и отрицательные, и положительные обратные связи.

Понятие «обратная связь» предполагает, что часть выхода из системы снова подается на ее вход, чтобы уточнить, а если потребуется, и скорректировать развитие системы на последующих этапах. Принцип обратной связи настолько прост и распространен, что мы буквально живем в петлях обратной связи, принимая их как нечто само собой разумеющееся. Процесс утоления жажды является хорошим примером действия обратной связи в живом организме. Ощувив жажду, вы берете стакан с водой и пьете, пока не утолите жажду. Уровень жажды определяет количество выпитой вами жидкости. По мере потребления жидкости ощущение жажды уменьшается, пока не исчезает полностью. В обыденной жизни описанный процесс мы воспринимаем как неразрывное действие, но в действительности это петля (рис. 8). Утоление жажды было бы единым действием, если бы вы знали, сколько жидкости вам нужно, чтобы жажда исчезла.

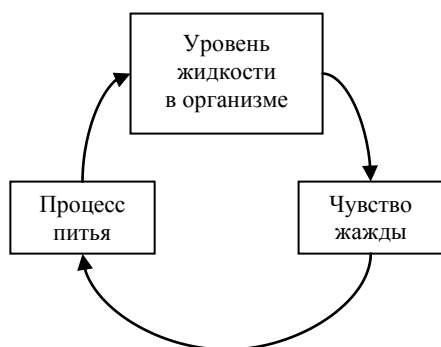


Рис. 8. Процесс утоления жажды

Так, если человек совершает действие и получает за него вознаграждение (деньги, признание или просто одобрительную улыбку), то он будет стремиться многократно повторять это действие для еще большего увеличения благоприятной ответной реакции системы. Такое поведение описывается положительной петлей обратной связи (само по себе вознаграждение нельзя считать обратной связью, если оно не ведет к усилению того же поведения).

Положительная обратная связь всегда усиливает изменения в одном направлении, но как и за счет чего возникает это усиление, не всегда очевидно. Например, трудно установить, по какому закону увеличивается уровень наших знаний и эрудиции, но то, что они подвержены действию положительной обратной связи, сомнений не вызывает. Чем больше мы знаем, тем больше можем еще узнать, используя для этого уже накопленный багаж знаний.

Положительную обратную связь не следует связывать с обязательно хорошим результатом. Положительная обратная связь может быть полезной, а может стать причиной несчастья и привести систему к гибели. Все зависит от того, по какому пути она толкает исследуемую систему. Например, если общение инициируется в недоброжелательном тоне, то отношения могут быстро стать враждебными. Когда между людьми возникает недоверие, то они склонны негативно истолковывать слова и поступки друг друга. Пока петлю обратной связи не разорвать, будет взаимная враждебность, которая может перерасти в насилие.

*Ограничения системы* – то, что определяет условия ее функционирования (реализацию процесса). Ограничения бывают внутренними и внешними. Одним из внешних ограничений является цель функционирования системы. Примером внутренних ограничений могут быть ресурсы, обеспечивающие реализацию того или иного процесса.

При отсутствии ограничений положительная обратная связь порождает экспоненциальный рост, когда прирост пропорционален достигнутому результату, а время удвоения постоянно. Таким образом, независимо от начального состояния экспоненциальный рост обеспечивает постоянное время удвоения начальной величины (например, капитала, кредита, численности населения и т. п.).

Если система способна переходить из одного состояния в другое, то говорят, что система обладает *поведением*.

*Движение системы* – это процесс последовательного изменения ее состояния.

*Вынужденное движение системы* – изменение ее состояния под влиянием внешней среды. *Собственное движение системы* – изменение состояния системы без воздействия внешней среды только под действием внутренних причин.

*Равновесие* – способность системы при отсутствии внешних возмущающих воздействий (или при постоянных воздействиях) сохранять свое поведение сколь угодно долго. Состояние системы называется *состоянием равновесия*. Простейший пример равновесия – равновесие шарика на плоскости.

*Устойчивость* – способность системы возвращаться в состояние равновесия после того, как она была из этого состояния выведена под влиянием внешних возмущающих воздействий. Эта способность обычно присуща системам только тогда, когда отклонения не превышают некоторого предела.

Состояние равновесия, в которое система способна возвращаться, называют *устойчивым состоянием равновесия*. Возврат в это состояние может сопровождаться колебательным процессом. Соответственно, в сложных системах возможны неустойчивые состояния равновесия.

Можно определить систему, обладающую свойством поведения, как материальный объект, взаимодействующий с окружающей средой на материальном, энергетическом и информационном уровнях. А вот какой из уровней обмена имеет преимущественное значение, зависит от назначения системы.

*Развитие* – это необратимое, направленное, закономерное изменение материи и сознания. Это изменение материальных и идеальных объектов, приводящее к возникновению нового качества. Оно является одной из фундаментальных основ всего сущего.

Развитие может представлять собой *пространственное* перемещение и пространственное развертывание системы. Качественные изменения объектов невозможны без физического, социального, информационного и иного рода пространств. Развитие – это изменение систем в пространстве.

Развитием называется развивающийся во времени процесс смены системой ее состояний.

Различают две формы развития:

- эволюционную, связанную с постоянными количественными и качественными изменениями;
- революционную, характеризующуюся скачкообразным неосознанным переходом от одного состояния материи к другому либо скачкообразным изменением сознания без соответствующего изменения базиса.

По вектору развития выделяют прогрессивное и регрессивное развитие. Прогрессивное развитие – это переход от низшего к высшему, от менее к более совершенному; регрессивное – это деградация, понижение уровня знаний и отношений, переход к изжившим себя ранее или уже пройденным формам и структурам.

При развитии происходит изменение состава, структуры, функций системы. Причем изменения носят системный характер и не сводятся к отдельным преобразованиям отдельных частей системы.

Для развития необходим *источник развития*, который бы обеспечивал качественные изменения системы веществом, энергией и информацией. Источники могут находиться внутри системы (определяют саморазвитие системы) или вне системы.

Устойчивость и неустойчивость представляют собой две стороны процесса развития. Любое развитие – это чередование и взаимодействие устойчивости и неустойчивости. Чем более высока сложная цель, которая стоит перед системой, тем вероятнее возникновение ситуаций зависимости системы от факторов окружающей среды. В этом случае система часто находится в неустойчивых состояниях, она отрывается от исходного состояния равновесия, стремясь найти новое состояние равновесия. Устойчивость развития можно рассматривать как последовательное прогнозируемое с высокой степенью вероятности изменение состояний системы, ее способность противодействовать неблагоприятным внешним влияниям.

*Саморазвитие* – это развитие системы за счет внутренних ресурсов и источников в соответствии с собственной программой. Саморазвитие предполагает наличие в системе собственных механизмов.

## 2.2. Математическое описание динамики систем

Обозначим входы системы через вектор  $x$ , а выходы системы через  $y$ . С течением времени входы и выходы системы изменяются, они не остаются неизменными, поэтому и входы, и выходы зависят от времени  $t$ , т. е.  $x(t)$  и  $y(t)$ .

Опередим теперь, как связаны между собой входы и выходы системы  $x(t)$  и  $y(t)$ . Понятно, что выход системы зависит от входа, причем в общем случае выход определяется не только значением входа в данный момент времени, но и теми значениями, которые были на входе в предыдущие моменты. Более того, в самой системе с течением времени как под влиянием входных воздействий, так и независимо от них могут происходить изменения, что также следует отразить в модели. В наиболее общем описании это достигается введением понятия *состояния системы* как некоторой (внутренней) характеристики системы, значение которой в настоящий момент времени определяет текущее значение выходной величины. Состояние можно рассматривать как своего рода хранилище информации, необходимой для предсказания влияния настоящего на будущее. Обозначим это состояние через  $z(t)$ .

Все изложенное выше означает существование отображения  $\eta : X \times T \rightarrow Y$ , где

$$y(t) = \eta(t, z(t)), \quad t \in T. \quad (1)$$

Явная зависимость  $\eta$  от  $t$  введена для учета возможности изменения зависимости выхода от состояния с течением времени. Это отображение (1) называется *отображением выхода*.

Для завершения построения модели нужно описать связь между входом и состоянием, т. е. ввести отображение  $\mu : Z \cdot X \rightarrow Z$  заданных для всех значений параметров  $t \in T$ ,  $\tau \in T$  и  $\tau \leq t$ . Это означает, что состояние в любой момент  $\tau > t$  однозначно определяется  $Z_{(t)}$  состоянием в момент  $t$  и отрезком реализации входа  $x_{(t-\tau)}$  от  $\tau$  до  $t$ :

$$z(t) = \mu(z_\tau, x_{(t-\tau)}) = \sigma(t; \tau, z_\tau, x_{(t-\tau)}). \quad (2)$$

Отображение (2) называют *переходным отображением*.

Итак, математическая модель динамики системы, соответствующая уровню «белого ящика», – это задание множеств входов состояний и выходов, а также связей между ними:

$$X \xrightarrow{\sigma} Z \xrightarrow{\eta} Y. \quad (3)$$

Конкретизируя множества  $X$ ,  $Z$  и  $Y$  и отображения  $\sigma$  и  $\eta$ , можно перейти к моделям различных систем. Так, говорят о *дискретных и непрерывных по времени* системах в зависимости от того, дискретно или непрерывно множество  $T$ . Далее, если множества  $X$ ,  $Z$  и  $Y$  дискретной по времени системы имеют конечное число элементов, то такую систему называют *конечным автоматом*. Это довольно простой класс систем в том смысле, что для исследования конечных автоматов необходимы лишь методы логики и алгебры, в то же время это широкий и практически важный класс, так как в него входят все дискретные (цифровые) измерительные, управляющие и вычислительные устройства, в том числе и ЭВМ.

*Теория автоматов* – раздел теоретической кибернетики, в котором изучаются математические дискретно-детерминированные и дискретно-стохастические модели – *автоматы*.

Кибернетическая система представляется в виде автомата, перерабатывающего дискретную информацию и меняющего свои внутренние состояния лишь в допустимые моменты времени.

Автомат можно представить как «черный ящик», на который подаются входные сигналы, снимаются выходные и который может менять свои состояния. Если число входных и выходных сигналов, состояний конечно, то такой автомат называется конечным (КА). Конечный автомат можно представить как математическую схему ( $F$ -схему), характеризующуюся шестью элементами:

- множеством входных сигналов  $x(t) \in X$ ;
- множеством выходных сигналов  $y(t) \in Y$ ;
- множеством внутренних состояний  $z(t) \in Z$ ;
- начальным состоянием  $z_0 \in Z$ ;
- функцией переходов  $\varphi(x, z)$ ;
- функцией выходов  $\psi(x, z)$ .

Автомат, задаваемый  $F$ -схемой

$$F = \langle Z, X, Y, \varphi, \psi, z_0 \rangle,$$

функционирует в дискретном автоматном времени, моментами которого являются такты, т. е. примыкающие друг к другу равные интервалы времени:  $t$  – автоматное дискретное время, следующий такт ( $t + \tau$ ),  $\tau$  – время перехода. По характеру отсчета дискретного времени конечные автоматы делятся на *синхронные и асинхронные*. В синхронных  $F$ -автоматах моменты времени, в которые автомат «считывает» входные сигналы, определяются принудительно синхронизируемыми сигналами ( $\tau = \text{const}$ ). В этом случае реакция автомата на каждое значение входного сигнала заканчивается за один такт, длительность которого определяется интервалом между соседними синхронизирующими сигналами.

Функция переходов  $\varphi(x, z)$  задает отображение

$$\varphi : X \cdot Z \rightarrow Z.$$

Функция выходов  $\psi(x, z)$  задает отображение

$$\psi : X \cdot Z \rightarrow Y.$$

Для примера рассмотрим автоматы Мили и Мура.

Если *автомат Мили* на  $t$ -м такте находится в состоянии  $z(t)$  и на его вход подается некоторый сигнал  $x(t)$ , то автомат реагирует переходом в  $(t + \tau)$ -м такте в новое состояние  $z(t + \tau)$  и выдачей некоторого выходного сигнала  $y(t + \tau)$ .

В *автомате Мура* то же самое происходит, но выход зависит только от внутреннего состояния системы.

По числу состояний различают конечные автоматы *с памятью и без памяти*. Автоматы с памятью имеют более одного состояния, а автоматы без памяти обладают лишь одним состоянием.

К способам задания работы автомата относятся табличный, графический, матричный. Простейший табличный способ основан на использовании *таблиц переходов и выходов*, строки которых соответствуют входным сигналам автомата, а столбцы – его состояниям. На пересечении  $i$ -й строки и  $k$ -го столбца помещаются соответствующие значения  $\varphi(x_i, z_k)$  или  $\psi(x_i, z_k)$ .

### Вопросы для обсуждения и задания

1. Что включает функциональное описание систем? Чем оно отличается от морфологического описания?
2. Что понимают под состоянием системы?
3. Что называют входом системы: то, что принадлежит и системе, и среде одновременно; то, что способствует развитию системы; то, что система преобразует, или то, что воздействует на систему?

4. Что называют выходом системы?
5. Что называют обратной связью в системе?
6. Что называют прямой связью в системе?
7. Какие существуют виды обратной связи?
8. Рассмотрите механизм обратной связи в экономических системах.
9. Какой вид обратной связи участвует в формировании цен на товары в рыночном механизме (положительная или отрицательная)?
10. Обсудите проблему множественности входов и выходов на примере знакомой вам системы (радиоприемника, столовой, велосипеда и т. д.). Перечислите при этом нежелательные входы и выходы. Установите, как можно устранить недостатки системы (нежелательные связи с внешней средой).
11. Что называют оператором трансформации? Какие существуют способы задания оператора трансформации?
12. Приведите случаи, когда другие модели системы, кроме модели «черного ящика», не нужны или недопустимы.
13. Какие состояния системы называются устойчивыми состояниями равновесия? Какие состояния называют неустойчивыми состояниями равновесия?
14. Каковы причины нарушений равновесного состояния системы? Приведите конкретные примеры.
15. В каком случае система обладает поведением? Можно ли говорить о поведении парты в учебном классе, швейной машинки?
16. Какие выделяют формы и виды развития систем?
17. Может ли источник развития систем находиться внутри системы, вне ее?
18. Может ли саморазвитие систем осуществляться за счет внешних источников (источников внешней среды системы)?
19. Какие механизмы присутствуют в саморазвивающейся системе?
20. Банк образует систему. Опишите входные и выходные воздействия на банк. Чем характеризуется внутреннее состояние банка?
21. Приведите примеры систем, которые функционируют (обладают только поведением), но не развиваются. В таких системах цель изменяется или остается постоянной, фиксированной?
22. Запишите функцию переходов  $\varphi(x, z)$  и функцию выходов  $\psi(x, z)$  для автомата Мили.
23. Запишите функцию переходов  $\varphi(x, z)$  и функцию выходов  $\psi(x, z)$  для автомата Мура.
24. Составьте таблицы переходов и выходов для автоматов Мили и Мура (в общем виде).
25. Для автомата Мили даны таблицы переходов и выходов (таблицы 2 и 3).

Таблица 2. Таблица переходов для автомата Мили

X	Z		
	$z_0$	$z_1$	$z_2$
$x_1$	$z_2$	$z_0$	$z_0$
$x_2$	$z_0$	$z_2$	$z_1$

Таблица 3. Таблица выходов для автомата Мили

X	Z		
	$z_0$	$z_1$	$z_2$
$x_1$	$y_1$	$y_1$	$y_2$
$x_2$	$y_1$	$y_2$	$y_1$

Постройте ориентированный граф, вершины которого соответствуют различным состояниям автомата, дуги – переходам автомата. Для автомата Мили метки дуг следующие: если входной сигнал  $x_k$  действует на состояние  $z_i$ , то дуга, исходящая из  $z_i$ , помечается  $x_k$  и дополнительно выходным сигналом  $y_j = \psi(x_i, z_k)$ .

Составьте матрицу состояний автомата. Матрица состояний автомата – это квадратная матрица, строки которой соответствуют исходным состояниям, а столбцы – состояниям перехода (выходным состояниям).

26. Для автомата Мура дана таблица переходов (табл. 4).

Таблица 4. Таблица переходов для автомата Мура

X	Z				
	$z_0$	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$
$x_1$	$z_1$	$z_4$	$z_4$	$z_2$	$z_2$
$x_2$	$z_3$	$z_1$	$z_1$	$z_0$	$z_0$

Выход зависит только от состояния автомата (рис. 9).

$$Y = \begin{vmatrix} y_1 & \text{—} & z_0 \\ y_1 & \text{—} & z_1 \\ y_3 & \text{—} & z_2 \\ y_2 & \text{—} & z_3 \\ y_3 & \text{—} & z_4 \end{vmatrix}$$

Постройте ориентированный граф. Составьте матрицу состояний автомата.

27. Опишем поведение родителя, отправившего сына в школу. Сын приносит двойки и пятерки (других оценок нет). Отец не хочет хвататься за ремень каждый раз, как только сын получит очередную двойку, и выбирает более тонкую тактику воспитания. Действия родителя следующие: брать ремень, ругать сына, успокаивать сына, надеяться, радоваться, ликовать.

Сына, получившего одну и те же оценки – двойку, ожидает дома совершенно разная реакция отца в зависимости от предыстории его учебы. Отец помнит, как его сын учился раньше, и строит свое воспитание с учетом его предыдущих успехов и неудач. Например, после третьей двойки (т. е. если сын получил 2, потом 2 и затем 2) сына встретят ремнем, а в случае, если 2, 2, 5, 2 – будут успокаивать.

Представьте граф автомата, моделирующего описанное выше поведение родителя.

### 3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ СИСТЕМ

Использование закономерностей построения, функционирования и развития систем помогает уточнить представления об изучаемом или проектируемом объекте, позволяет разрабатывать рекомендации по совершенствованию организационных систем, методик системного анализа.

#### 3.1. Закономерности взаимодействия части и целого

*Целостность.* Закономерность целостности (эмерджентность) проявляется в системе в возникновении у нее новых интегративных свойств, не свойственных ее компонентам. Так, свойства станка отличаются от свойств деталей, из которых он собран. Эмерджентность является одной из форм проявления диалектического принципа перехода количественных изменений в качественные.

Выделяют две стороны этой закономерности: свойства системы (целого) не являются суммой свойств элементов (частей); свойства системы (целого) зависят от свойств элементов (частей).

Кроме того, объединенные в систему элементы могут терять ряд свойств, присущих им вне системы, т. е. система как бы подавляет некоторые свойства своих элементов.

Закономерность, двойственная по отношению к закономерности целостности, называется физической аддитивностью или суммативностью, или обособленностью. Свойства физической аддитивности проявляются у системы, как бы распавшейся на независимые элементы. В этом крайнем случае говорить о системе нельзя.

Строго говоря, любая система находится всегда между крайними состояниями абсолютной целостности и абсолютной аддитивности, и выделяемое из развивающейся системы состояние можно охарактеризовать степенью проявления одного из этих свойств или тенденций к его нарастанию или уменьшению.

Наблюдаются две тенденции у систем: прогрессирующая факторизация – стремление системы к состоянию со все более независимыми элементами; прогрессирующая систематизация – уменьшение самостоятельности элементов, т. е. стремление к большей целостности. Количественными оценками этих тенденций являются:  $\alpha$  – степень целостности,  $\beta$  – коэффициент использования свойств элементов (они применимы для систем различной природы).

Система как целое может быть представлена в виде формулы

$$C_c = C_o + C_e, \quad (4)$$

где  $C_c$  – системная сложность, представляющая содержание системы как целого;

$C_o$  – собственная сложность элементов системы вне связи их между собой;

$C_e$  – взаимная сложность, характеризующая степень взаимосвязи элементов в системе.

Разделим равенство (4) на  $C_o$ , обозначим  $\alpha = -C_e : C_o$ ,  $\beta = -C_c : C_o$ , получим основной закон систем:

$$\alpha + \beta = 1. \quad (5)$$

Для организационных систем  $\alpha$  может быть интерпретирована как характеристика устойчивости, управляемости, степени централизации управления;  $\beta$  характеризует самостоятельность, автономность частей в целом, степень использования возможностей элементов. Для организационных систем  $\beta$  удобно называть коэффициентом использования элементов в системе.

Из формулы (5) следует, что сумма свободы и связности элементов системы есть величина постоянная. Без обеспечения целостности в системе не могут возникнуть целостные, общесистемные свойства, полезные для ее сохранения и развития. Но в случае большого числа связей в системе она будет подавлять свойства элементов и может утратить часть из них, в том числе и полезных. В то же время при стремлении предоставить элементам больше свободы следует учитывать, что при суммировании, аддитивности свойств элементов могут возникнуть противоречия и конфликтные ситуации, и эти свойства не будут проявляться в системе.

Реальная, сложная, развивающаяся система всегда находится между двумя крайними состояниями –

абсолютной целостностью и абсолютным распадом, хаосом.

*Интегративность.* Интегративными называют системообразующие, системосохраняющие факторы, в числе которых важную роль играют неоднородность и противоречивость элементов, с одной стороны, и стремление их вступать в коалиции, с другой.

*Коммуникативность.* Система не изолирована от других систем, она связана множеством коммуникаций с внешней средой, представляющей собой, в свою очередь, сложное и неоднородное образование, содержащее надсистемы (системы более высокого порядка), задающие требования и ограничения исследуемой системе, подсистемы (нижележащие, подведомственные системы) и системы одного уровня с рассматриваемой.

*Иерархичность.* Более высокий иерархический уровень оказывает направляющее воздействие на ниже лежащий уровень, подчиненный ему. Это воздействие проявляется в том, что подчиненные члены иерархии приобретают новые свойства, отсутствующие у них в изолированном состоянии, а в результате появления этих новых свойств формируется новая целостность, создается другой «облик целого». Возникшее таким образом новое целое приобретает способность осуществлять новые функции, в чем и состоит цель образования иерархий.

Иерархическая упорядоченность мира связана с явлениями дифференциации и негэнтропийными тенденциями, т. е. с закономерностями самоорганизации.

Основные особенности иерархической упорядоченности с точки зрения полезности их использования при проведении системного анализа следующие:

1. В силу закономерности коммуникативности, которая проявляется не только между выделенной системой и ее окружением, но и между уровнями иерархии исследуемой системы, каждый уровень иерархической упорядоченности имеет сложные взаимоотношения с вышележащим и нижележащим уровнями. Каждый уровень по отношению к нижележащему уровню имеет характер автономного целого (системы), а по отношению к узлу вышележащего уровня уровень проявляет свойства зависимой части (элемента вышестоящей системы, каковой является для него составляющая вышележащего уровня, которой он подчинен).

2. Качественные изменения свойств компонентов более высокого уровня иерархии по сравнению с объединяемыми компонентами нижележащего уровня проявляются на каждом уровне иерархии. При этом объединение компонентов в каждом узле иерархии приводит не только к появлению новых свойств у узла и утрате компонентами некоторых свойств, которые были у них до объединения, но и к тому, что каждый подчиненный член иерархии приобретает новые свойства, отсутствующие у него в изолированном состоянии.

3. При использовании иерархических представлений как средства исследования систем с неопределенностью происходит как бы расчленение «большой» неопределенности на более «мелкие», лучше поддающиеся исследованию.

### 3.2. Закономерности осуществимости систем

*Эквифинальность.* Эта закономерность характеризует предельные возможности системы. Применительно к открытой системе эквифинальность – это способность, в отличие от состояний равновесия в закрытых системах, полностью детерминированных начальными условиями, достигать не зависящего от времени состояния, которое не зависит от ее исходных условий и определяется параметрами системы.

Например, можно говорить об уровне крокодила или обезьяны и характеризовать их предельными возможностями, предельно возможным состоянием, к которому может стремиться тот или иной вид, а соответственно и стремлением к этому предельному состоянию из любых начальных условий, даже если индивид появился на свет раньше положенного времени или провёл, как Маугли, некоторый период жизни в несвойственной ему среде.

Само понятие эквифинальности заставляет задуматься о предельных возможностях разрабатываемых систем управления и их оргструктуре.

*Закон «необходимого разнообразия» У. Р. Эшби.* Когда исследователь (лицо, принимающее решение, наблюдатель) сталкивается с проблемой  $D$ , решение которой для него неочевидно, то имеет место некоторое разнообразие возможных решений  $V_D$ . Этому разнообразию противостоит разнообразие мыслей исследователя (наблюдателя)  $V_N$ . Задача исследователя заключается в том, чтобы свести разнообразие  $V_D$  –  $V_N$  к минимуму, в идеале

$$(V_D - V_N) \rightarrow 0.$$

Это означает, что, создавая систему, способную справиться с решением проблемы, обладающей определенным, известным разнообразием (сложностью), нужно обеспечить, чтобы система имела еще большее разнообразие (знания методов решения), чем разнообразие решаемой проблемы, или была способна создать в себе это разнообразие (только разнообразие может уничтожить разнообразие).

Применительно к системам управления закон «необходимого разнообразия» может быть сформулирован следующим образом: разнообразие управляющей системы должно быть больше (или, по крайней мере,

ре, равно) разнообразию управляемого процесса или объекта.

*Закономерность потенциальной эффективности.* Существуют количественные выражения предельных законов надежности, помехоустойчивости, управляемости и других качеств системы. На их основе можно получить количественные оценки осуществимости систем с точки зрения того или иного качества – предельные оценки жизнеспособности и потенциальной эффективности сложных систем.

Эти оценки исследовались применительно к техническим и экологическим системам и пока мало применялись для производственных систем. Но потребность в них есть. Нужно, например, уметь определить, когда исчерпываются потенциальные возможности действующей организационной структуры предприятия и возникает необходимость в ее перестройке, когда устаревают и требуют обновления производственный комплекс, оборудование и т. д.

### 3.3. Закономерности функционирования и развития систем

*Историчность.* Любая система не может быть неизменной, она не только функционирует, но и развивается. Можно привести примеры становления, расцвета, упадка (старения) и даже смерти биологических и социальных систем. При создании сложных технических систем предусматривают их жизненные циклы, рекомендуют при проектировании рассматривать не только вопросы создания и обеспечения развития системы, но и вопрос о том, когда и как ее нужно уничтожить (возможно, предусмотрев и механизм уничтожения системы).

*Закономерность самоорганизации.* Для всех явлений справедлив второй закон термодинамики, т. е. стремление к возрастанию энтропии, распаду, дифференциации, а с другой стороны, наблюдаются негэнтропийные тенденции, лежащие в основе эволюции, развития.

В иерархических системах в зависимости от преобладания энтропийных или негэнтропийных тенденций система любого уровня иерархии может развиваться в направлении к более высокому уровню (или даже переходить на него), или, напротив, может происходить энтропийный процесс упадка и перехода системы на более низкий уровень развития.

Исследования глубинных причин самоорганизации, самодвижения системы показывают, что основой рассматриваемой закономерности является диалектика части и целого в системе. Механизмами формирования качественно новой целостности являются противоречия между развитием и стабильностью, с одной стороны, и когерентные процессы, процессы координации и кооперирования, с другой.

#### Вопросы для обсуждения и задания

1. Какие закономерности входят в группу закономерностей взаимодействия части и целого?
2. Какие закономерности входят в группу закономерностей осуществимости систем?
3. Какие закономерности входят в группу закономерностей функционирования и развития систем?
4. Приведите пример проявления закономерности целостности.
5. Приведите пример проявления закономерности коммуникативности.
6. Приведите пример проявления закона Эшби.
7. Приведите пример проявления закономерности историчности.
8. Приведите примеры эквививальности естественных, искусственных и смешанных систем.

## 4. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

### 4.1. Понятие системы управления

*Управление* – функция системы, ориентированная либо на сохранение основного качества (т. е. совокупности свойств, утрата которых ведет к разрушению системы в условиях изменения среды), либо на выполнение некоторой программы, обеспечивающей устойчивость функционирования, достижение определенной цели.

Процесс целенаправленного воздействия на систему, обеспечивающий повышение ее организованности, достижение того или иного полезного эффекта, также называется *управлением*. Системы, в которых протекают процессы управления, называются *системами управления*.

Управление – специфическая функция, которая реализуется определенными элементами системы. Система, формирующая управляющее воздействие, называется *управляющей подсистемой*. Система, испытывающая на себе внешние воздействия, называется *управляемой подсистемой* (объектом управления). Обе эти системы в совокупности, с учетом их взаимодействия, образуют уже новую систему – систему управления как совокупность двух подсистем (управляющей и управляемой). Если эти две подсистемы совмещены, то такой режим называют *саморегулированием*.

Таким образом, налицо разделение функций управляющей и управляемой подсистем. Подобное разделение объективно необходимо. Оно вызвано усложнением процессов деятельности во всех областях, постоянным ростом общественного характера деятельности, увеличением взаимосвязей различных процес-

сов.

Если управление осуществляется сознательно, то управляющая система создается субъектом управления, который формирует цель управления. Иногда субъект управления отождествляется с управляющей системой, а в качестве цели принимается выполнение программы управления.

Связь управляющей подсистемы с управляемой называется *прямой связью*. Такая связь имеется в любой без исключения системе управления, иначе не будет возможности управлять. Противоположная по направлению действия связь (от управляемой подсистемы к управляющей) называется *обратной связью*.

Структура системы управления представлена на рис. 10.

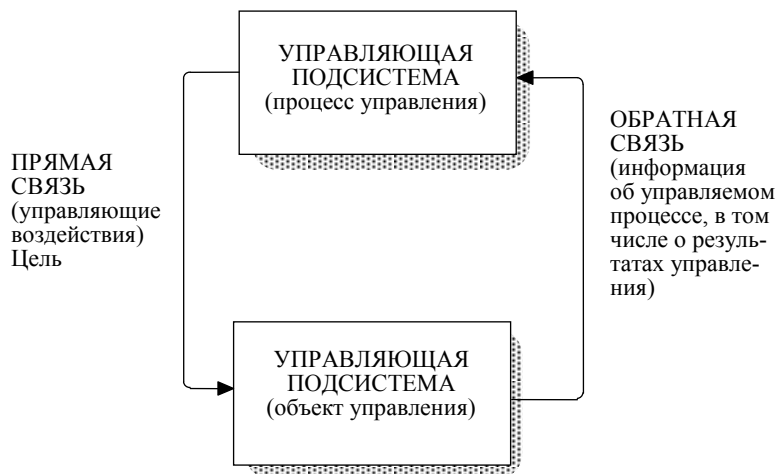


Рис. 10. Структура системы управления

Для исследования процессов управления в технических устройствах разработана теория автоматического управления. В этой теории термин «управление» используется в более узком смысле – как краткое название целенаправленного управляющего воздействия. Большим достижением этой теории являются общие принципы управления, которые названы фундаментальными и являются достаточно общими. Их пытаются применить и для управления в социально-экономических системах.

## 4.2. Способы управления

Основными принципами управления являются следующие:

1. Принцип разомкнутого, или программного, управления. Сущность принципа состоит в том, что управление осуществляется с помощью заданного алгоритма или программы. При таком управлении помехи могут исказить желаемый результат. Тем не менее, благодаря простоте этот принцип широко используется. По разомкнутому принципу построены устройства пуска музыкальной шкатулки, магнитофона и других аудиоустройств, станки с программным управлением, управление конвейером. Подобием этого принципа можно считать управление работой раба в рабовладельческом обществе при жестоких рабовладельцах, не учитывающих потребностей раба как человека, подавляющих его человеческое достоинство и принуждающих его четко выполнять предписанную программу.

2. Принцип компенсации, или управление по возмущениям, или принцип управления с упреждением. При таком принципе используется устройство, измеряющее помехи и вырабатывающее компенсирующие воздействия, которые корректируют закон управления. Простейшим примером такого принципа являются устройства, обеспечивающие стабилизацию напряжения при колебаниях постоянного тока.

Этот принцип используется при планировании на предприятиях: при разработке планов учитывается, что производительность труда зависит от износа оборудования, квалификации рабочих и т. п., и при расчете времени на выполнение плановых заданий вводятся соответствующие корректировки в форме коэффициентов износа оборудования, коэффициентов сменности и т. п.

Применительно к управлению обществом можно считать, что в условиях феодального строя помещик старался учитывать в какой-то мере человеческие потребности крепостного работника, чтобы избежать бунтов или снискать любовь крепостных, что обеспечивало условия для более эффективного их труда.

3. Принцип обратной связи, или управление по отклонению. Обратная связь может быть положительной или отрицательной. Примером строя, основанного на использовании стабилизирующей (отрицательной) обратной связи в управлении, является классический капитализм: обратная связь обеспечивается регулированием рынка рабочей силы, т. е. увольнение работников при перепроизводстве товаров или, наоборот, дополнительный прием на работу при необходимости увеличить производство товаров.

4. Совмещение принципов обратной связи и управления с упреждением. Такая модель управления является основой адаптации. Так, реализация принципа обратной связи связана с безработицей и социальными проблемами, при развитии капиталистического общества используются компенсационные механиз-



мы в форме социальных программ (пособие по безработице и т. п.), уменьшающих возможность кризиса.

Если процесс управления осуществляется человеком (оператором, диспетчером, в общем случае – руководителем), то такая система называется *неавтоматической* (рис. 11).

Для осуществления целесообразного управления объектом руководитель должен иметь информацию о его состоянии с помощью приборов или через исполнителей. Эта информация поступает руководителю по каналу обратной связи, сравнивается с требуемым режимом работы, и в случае необходимости на управляемый объект посылаются сигналы регулирования. Объектом неавтоматического управления могут быть не только технические устройства, но и коллектив, личность.



Рис. 11. Структура неавтоматического процесса управления

В *автоматических* системах управления (рис. 12) технологический процесс осуществляется без непосредственного участия человека.



Рис. 12. Структура автоматического процесса управления

В этих системах роль человека передается регулятору, который на основании полученной информации принимает соответствующее решение.

Автоматическая система управления сходна с системой управления и регулирования, действующей в живом организме (рис. 13).



Рис. 13. Структура системы управления и регулирования живого организма

### 4.3. Управление с помощью целеобразования

Этот способ управления основан на закономерности самоорганизации. На уровне человека и социальных коллективов эта закономерность реализуется с помощью целеобразования.

*Потребность* – это то, что объективно связывает человека (и вообще все живое) с внешней средой, некоторое (определяющее) условие обеспечения его жизнедеятельности.

Существование субъектов поддерживается возникновением и удовлетворением потребностей.

*Цель* – это совокупное представление о некоторой модели будущего результата, способного удовлетворить исходную потребность при имеющихся реальных возможностях, оцененных по результатам опыта.

Если человек ставит цель, чего-то хочет добиться сам, то он непременно стремится это реализовать. Если использовать эту особенность человека как активного элемента социально-экономической системы, его стремление реализовать себя и самостоятельно ставить свои цели, то можно говорить о способе управления, использующем активность личности и ее стремление к целеобразованию. Этот способ управления самый перспективный, но и самый сложный. Не все люди способны к целеобразованию и стремятся участвовать в формулировании целей.

*Цель* имеет следующие свойства:

- находится в непосредственной зависимости от потребности и является в этом процессе ее прямым

следствием;

- ее выбор сугубо субъективен, т. е. основан на конкретном значении индивида или сообщества;
- она конкретна;
- всегда несет в себе элемент неопределенности, что приводит к некоторому «рассогласованию» фактически полученного результата и той модели, которая была сформирована;
- наличие неопределенности в исходной модели делает цель средством оценки будущего результата.

Важной отличительной особенностью управляющей системы является то, что ее непосредственная собственная цель не совпадает с целью управляемой системы. Важно, чтобы эти цели не были противоречивы.

В понятие «цель» может вкладываться различный смысл: от идеальных устремлений, ассоциируемых с некоторой «заоблачной» целью, достичь которую заведомо нельзя, до материального воплощения в конкретные результаты.

Ближе к правому концу шкалы (рис. 14) цель обычно формулируется в понятиях, описывающих состояние системы. Это означает, что на конец данного периода планирования задаются значения параметров, которые требуется достичь. Так, в стратегическом плане некоторой фирмы может быть записано следующее: «Довести число оказываемых услуг до 15, объем продаж – до 200 млн р. и обеспечить рост производительности труда не меньше чем на 20%». Ближе к левому концу шкалы желаемое будущее, цель системы не поддается строгому описанию. Например, у творческого коллектива нет возможности четко сформулировать желаемый конечный результат работы. Между рассмотренными двумя крайними состояниями существует огромное число промежуточных вариантов формулирования цели. Если цель задана абстрактно или не находится в пределах досягаемости, то говорить о выборе пути ее достижения бессмысленно, можно лишь выбрать направление развития системы.

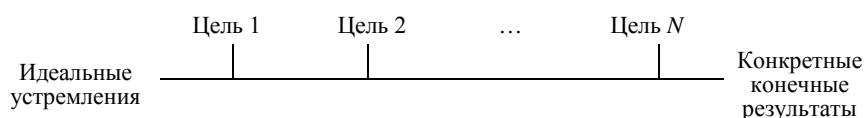


Рис. 14. Шкала «идеальные устремления – конкретные конечные результаты»

#### 4.4. Закон управления системой

Управляющие воздействия, которые вырабатываются управляющей подсистемой, направлены на то, чтобы функционирование (движение) системы управления способствовало достижению цели. Управляющее воздействие в момент времени  $t$  зависит от выходов объекта управления  $Y(t-1)$  в момент времени  $t-1$ . Кроме того, управляющие воздействия во многом зависят от свойств управляющей системы (ее структуры, параметров и т. д.).

На процесс выработки управляющих воздействий оказывает влияние среда. Реально в качестве факторов внешней среды могут выступать ресурсы, выделяемые для достижения цели управления, сведения об условиях функционирования объекта управления и др. Влияния внешней среды могут быть известными, случайными и неопределенными.

Закон управления в общем виде может быть записан следующим образом:

$$u(t) = F_y[Y(t-1), p, \zeta],$$

где  $u(t)$  – управляющее воздействие;

$F_y$  – закон управления для данной системы;

$p$  – свойства управляющей системы;

$\zeta$  – свойства внешней среды.

*Закон управления* – это правило выработки управляющего воздействия с учетом особенностей (свойств и возможностей управляющей системы) и степени влияния внешней среды.

В обобщенном виде закон управления – это правило достижения цели управления.

Процесс управления как организация целенаправленного воздействия на объект (управляемую подсистему) может реализоваться как на интуитивном, так и на осознанном уровне. Если первый используют животные, то второй – человек.

Алгоритм управления имеет две стадии:

Потребность → Цель → Управление.

На первой стадии определяется цель управления в зависимости от потребностей и состояния внешней среды. На второй стадии определяется закон управления, реализация которого обеспечивает достижение цели, сформированной на первой стадии, что и приводит к удовлетворению потребностей. На первой стадии, как правило, используются неформальные, интуитивные, экспертные методы, а на второй – формаль-

ные, алгоритмизируемые.

*Эффективность управления* (управляющих воздействий) – степень соответствия фактического результата требуемому (желаемому), т. е. степень достижения цели.

### Вопросы для обсуждения и задания

1. Что называют управлением?
2. Какая система называется системой с управлением?
3. Какова структура систем управления?
4. Приведите примеры систем управления.
5. Является ли промышленное предприятие системой управления?
6. В чем заключается целеориентированное развитие системы?
7. Приведите примеры:
  - системы, которая предназначена для выполнения определенной цели, но которую можно использовать для других целей;
  - системы, спроектированной специально для реализации одновременно нескольких различных целей;
  - разных систем, предназначенных для одной и той же цели.
8. Сформулируйте цель работы вашего факультета так, чтобы она не была общей для других факультетов, в том числе родственных факультетов других вузов.
9. Может ли меняться цель развития системы с течением времени?
10. Перечислите государственные целевые программы.
11. Что называют эффективностью управления?
12. Используя форму табл. 5, укажите примеры систем, предназначенных для реализации определенных целей.

Таблица 5. Примеры систем и их цели

Цель	Система
1. В произвольный момент указать время	?
2. Обеспечить выпечку хлеба в заданном ассортименте для значительного количества людей	?
3. Передать зрительную информацию в звуковом сопровождении на большие расстояния практически мгновенно	?
4. Обеспечить быстрое перемещение большого числа людей по их желанию в пределах города	?

13. Разработайте систему управления платной автостоянкой с целью добиться внутренней совместимости между элементами системы и внешней совместимости между системой и средой:

- определите входы и выходы системы;
- найдите систему функций, при помощи которых входы можно преобразовать в выходы;
- проверьте полученную систему на внутреннюю и внешнюю совместимость.

## 5. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЦЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ

### 5.1. Закономерности возникновения и формулирования целей

*Зависимость представления о цели и формулировки цели от стадии познания объекта.* Формулировка цели и представление о цели зависят от стадии познания объекта, и в процессе развития представлений о нем цель может переформулироваться. При формулировании цели нужно определить, в каком смысле на данном этапе рассмотрения объекта и развития наших представлений о нем употребляется понятие «цель», к какой границе условной шкалы «идеальное устремление в будущее – конечный результат деятельности» ближе принимаемая формулировка цели.

*Зависимость цели от внешних и внутренних факторов.* На цель влияют как внешние по отношению к системе факторы (внешние потребности, мотивы, программы), так и внутренние факторы (потребности, мотивы, программы самой системы и ее элементов, исполнителей цели). При этом последние являются такими же объективно влияющими на процесс целеобразования факторами, как и внешние.

Цели могут возникать на основе взаимодействия (часто противоречия) как между внешними и внутренними факторами, так и между внутренними факторами, существовавшими ранее и вновь возникающими в находящейся в постоянном самодвижении целостности.

В технических системах цель задается извне. В открытых развивающихся системах цели формируются внутри системы.

*Возможность сведения задачи формулирования обобщающей цели к задаче структуризации цели.* Возникающая вначале общая цель формулируется не точно, а достаточно размыто. При этом нет одинако-

вого понимания этой общей цели всеми исполнителями. Для достижения одинакового понимания нужно общую, глобальную цель детализировать в виде упорядоченного или неупорядоченного набора взаимосвязанных подцелей. Таким образом, задача формулирования обобщающей цели в сложных системах должна быть сведена к задаче структуризации или декомпозиции цели. Структура подцелей, коллективно формируемая, помогает достичь одинакового понимания общей цели всеми исполнителями.

## 5.2. Закономерности формирования структур целей

*Зависимость способа представления структуры целей от стадии познания объекта или процесса.* Существует декомпозиция цели во времени (сетевые структуры) и пространстве (матричные и иерархические структуры).

На начальных этапах моделирования системы удобнее применять декомпозицию в пространстве, расчлняя обобщающую неопределенную цель на более понятные. При этом матричное представление позволяет выявить существенные для системы подцели на пересечении двух или нескольких признаков структуризации. Сетевая модель требует хорошего знания объекта исследования. Иногда сетевая модель может быть сформирована не сразу, а последующие подцели могут выдвигаться по мере достижения предыдущих. Например, руководитель хорошо представляет себе конечную цель, но сразу не ставит ее перед исполнителями. Он выдвигает перед ними подцели постепенно, по мере достижения предыдущих.

Наиболее распространенным и исследованным способом представления структур целей является древовидная иерархическая структура, поэтому следующие две закономерности характеризуют особенности формирования структур этого типа.

*Проявление в структуре целей закономерности целостности.* Достижение целей вышележащего уровня не может быть полностью обеспечено достижением подцелей, хотя и зависит от него. Потребности, программы, мотивы, влияющие на формулирование целей, нужно исследовать на каждом уровне иерархии. Таким образом, эффект целеобразования сохраняется на каждом уровне иерархии, но при этом «большая» неопределенность как бы разделяется на более «мелкие» и задача анализа потребностей, мотивов, программ верхнего уровня (уровня обобщающей цели) тоже как бы распадается на подзадачи анализа потребностей, мотивов, программ на нижележащих уровнях, что становится более выполнимым.

*Закономерности формирования иерархических структур целей.* Закономерности формирования структуры «древовидного» типа следующие:

1. Приемы при формировании древовидных структур можно свести к двум классам: формирование структур сверху или снизу. На практике обычно эти два подхода сочетают.

2. В иерархической структуре цели нижележащего уровня всегда можно рассматривать как средства для достижения целей вышележащего уровня. При этом они же являются целями для уровня, нижележащего по отношению к ним. Поэтому в реальных условиях иерархии используют какие-либо отличные друг от друга конкретные названия (например, направления, задания, программы и т. д.).

3. В иерархической структуре по мере перехода с верхнего уровня на нижний происходит как бы сращивание рассмотренной выше «шкалы» от цели-направления (цели-идеала, мечты) к конкретным целям. Подцели на нижнем уровне иерархии могут выражаться в виде ожидаемых результатов конкретной работы с указанием критериев оценки ее выполнения, в то время как указание критериев на верхних уровнях иерархии может быть выражено в виде общих требований.

4. На практике нужно ограничивать число уровней иерархии до 5–7. Кроме того, на каком-то уровне иерархии возникает необходимость изменить язык описания подцелей. Поэтому рекомендуется считать одним «деревом целей» ту часть структуры, которая может быть сформулирована на одном языке.

5. К структурам целей относится все сказанное о структурах систем. В частности, одну и ту же цель можно представить разными иерархическими структурами.

6. Для того, чтобы структура целей была удобной для анализа и оценки, к ней предъявляют следующие требования: на каждом уровне иерархии деление должно быть соразмерным (равномерная структуризация), а выделенные части, по возможности, логически независимы; основания (признаки) декомпозиции (при структуризации сверху) или признаки, объединяющие подцели (при структуризации снизу), в пределах одного уровня иерархии должны быть неизменными.

7. На каждом уровне иерархии число ветвей, подчиняющихся одному узлу (вершине), не должно превышать 7–9 (из-за ограниченности оперативной памяти человека).

8. Иногда строят отдельно «дерево критериев», соответствующее «дереву целей».

### Вопросы для обсуждения и задания

1. Какие закономерности входят в группу закономерностей возникновения и формулирования целей?
2. Какие закономерности входят в группу закономерностей формирования структур целей?
3. Приведите пример проявления зависимости представления о цели и формулировки цели от стадии познания объекта.
4. Приведите пример проявления зависимости цели от внешних и внутренних факторов.
5. Приведите пример возможности сведения задачи формулирования обобщающей цели к задаче структуризации цели.
6. Приведите пример проявления зависимости способа представления структуры целей от стадии по-

знания объекта или процесса.

## 6. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ

### 6.1. Методы исследования систем

*Исследование* – вид деятельности человека, позволяющий раскрыть суть и содержание явлений, познать и оценить их, определить тенденции развития, найти возможность использования полученных знаний в практической деятельности, т. е. научное исследование представляет собой изучение причинно-следственных связей, возникающих в реальной действительности.

Исследование представляет собой систематическое и углубленное изучение, направленное на более полное познание предмета. В отличие от исследования, *разработка* означает исследование этого знания, направленное для производства полезных материалов, устройств, систем, методов и процессов.

Исходя из логики движения знания и характера организации познания, можно выделить два основных уровня научного исследования: эмпирический, теоретический. Также существуют методы исследования, которые применяются как на эмпирическом, так и на теоретическом уровне.

К методам эмпирического исследования относятся наблюдение, сравнение, измерение, эксперимент.

*Наблюдение* – это целенаправленное восприятие объекта, обусловленное задачей деятельности.

*Сравнение* – это установление сходства и различия предметов и явлений действительности. Объекты могут сравнивать непосредственно или опосредованно (через сравнение их с каким-то третьим объектом). Со сравнением связано умозаключение *по аналогии*. Сущность аналогии сводится к следующему: если из двух объектов в результате сравнения обнаружено несколько одинаковых признаков, но у одного из них найден еще какой-то дополнительный признак, то предполагается, что этот признак присущ и другому объекту.

Пусть объекты А и В имеют следующие признаки:

- А – признаки  $X_1, X_2, \dots, X_n, X_{n+1}$ ;
- В –  $X_1, X_2, \dots, X_n$ .

Тогда можно сделать следующий вывод: «Вероятно, объект В имеет признак  $X_{n+1}$ ».

Вывод на основе аналогии не всегда точный и может привести к заблуждению.

*Измерение* – совокупность действий, выполняемых при помощи средств измерений с целью нахождения числового значения измеряемой величины в принятых единицах измерения. При прямом измерении результат получается непосредственно из самого процесса измерения. При косвенном измерении искомая величина определяется математическим путем на основе знания других величин, полученных прямым измерением.

*Эксперимент* – исследование каких-либо явлений путем активного воздействия на них при помощи создания новых условий, соответствующих целям исследования, или же через изменение течения процесса в нужном направлении. Это наиболее сложный и эффективный метод эмпирического исследования. Он предполагает использование наиболее простых эмпирических методов – наблюдения, сравнения и измерения.

К методам эмпирического и теоретического исследования относятся абстрагирование, анализ и синтез, индукция и дедукция, моделирование, использование приборов, исторический и логический методы познания.

Методы теоретического исследования включают восхождение от абстрактного к конкретному, идеализацию, формализацию, аксиоматический метод.

### 6.2. Моделирование как метод исследования систем

Под *моделированием* понимается процесс исследования реальной системы, включающий построение модели, изучение ее свойств и перенос полученных сведений на моделируемую систему.

К общим функциям моделирования относятся описание, объяснение и прогнозирование поведения реальной системы.

*Модель* – это объект, который в определенных условиях может заменить сам объект-оригинал, воспроизводя интересующие исследователя свойства и характеристики оригинала и одновременно обеспечивая наглядность, обозримость, доступность испытаний, легкость оперирования и другие преимущества. Модель имеет целевой характер, она формируется исходя из поставленной цели и отражает только свойства, существенные с точки зрения конкретного исследования. У одного и того же объекта может быть много моделей, так как для разных целей нужны разные модели.

Особенно велико значение моделирования в системах, где натурные эксперименты невозможны по ряду причин: сложность, большие материальные затраты, уникальность, длительность эксперимента.

Цели моделирования могут быть теоретические и практические, им соответствуют познавательные и прагматические модели.

*Познавательные модели* являются формой организации и представления знаний, средством соединения новых знаний с имеющимися. Поэтому при обнаружении расхождения между моделью и реальностью встает задача устранения этого расхождения с помощью изменения модели.

*Прагматические модели* являются средством управления, средством организации практических действий, способом представления образцово правильных действий или их результата, т. е. являются рабочим пред-

ставлением целей. Поэтому использование прагматических моделей состоит в том, чтобы при обнаружении расхождений между моделью и реальностью направить усилия на изменение реальности так, чтобы приблизить реальность к модели. Таким образом, прагматические модели носят нормативный характер, играют роль стандарта, образца, под которые «подгоняются» как сама деятельность, так и ее результат.

В зависимости от учета фактора времени модели разделяют на статические и динамические.

В зависимости от способа воплощения модели делятся на абстрактные и материальные.

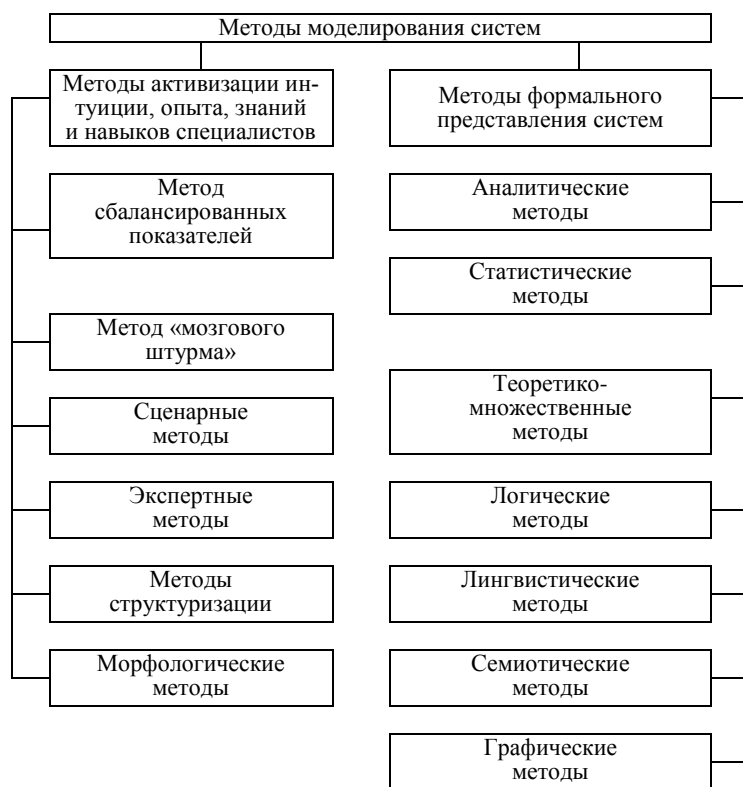
*Адекватностью* модели называется ее свойство представлять объект моделирования с точностью, достаточной для достижения поставленной цели. Проверить адекватность модели – это значит установить, насколько хорошо модель описывает реальные процессы, происходящие в системе, насколько качественно она будет прогнозировать развитие данных процессов. Проверка адекватности модели заключается в доказательстве факта, что точность результатов, полученных с использованием модели, будет не хуже точности расчетов, произведенных на основании экспериментальных данных.

При проектировании технических устройств адекватность моделей доказывается экспериментом. При создании сложных технических комплексов эксперимент в принципе также возможен, хотя и требует значительно больших затрат, и цена неверно принятого решения может стать недопустимо большой, а следовательно, нужно более тщательно обосновывать проектные решения и модели на этапе постановки задачи проектирования. В случае же задач организации производства, управления предприятиями, объединениями проблема доказательства адекватности готовой модели становится практически нерешаемой (экономические эксперименты носят принципиально иной характер, они невоспроизводимы, с их помощью можно проверить тенденции изменения характеристик объектов и процессов, но невозможно создать одинаковые условия и повторить результат, т. е. они не могут быть средством доказательства адекватности моделей), и основным средством решения этой проблемы становится методика системного анализа. Имитационное моделирование также может претендовать на эту роль. Однако для обоснования имитационной модели, ее полноты и в то же время избыточности для соответствующего объекта также полезно применять средства системного анализа.

Модель представляет собой специфическую разновидность системы, которая создается человеком специально для решения исследовательских задач. Поскольку системный метод выступает средством моделирования систем, то можно говорить о системном моделировании, предполагающем представление объектов любой природы в виде систем.

Системное моделирование включает две составляющие. Первая – это представление модели объекта или процесса как системы с ее основными параметрами и характеристиками. Модель здесь выступает совокупностью взаимосвязанных между собой элементов, отличается структурной организацией и функциональным предназначением. Вторая составляющая системного моделирования заключается в том, что системность выступает не только в качестве способа представления, но и способа изучения модели. Известно, что моделирование – не самостоятельный способ научного познания, а создание для того или иного метода научного познания, удобного для осуществления познавательных процедур объекта-модели. Отсюда вторая составляющая означает применение к системной модели системного анализа, который строится на знании системных закономерностей.

Классификация методов моделирования систем представлена на рис. 15.



### 6.3. Роль измерений в создании моделей систем

Результаты эксперимента фиксируются, регистрируются с помощью измерений. В основе измерения или оценки лежит процесс сопоставления значений качественных или количественных характеристик исследуемой системы значениям соответствующих шкал.

Необходимая информация об исследуемой системе есть следствие двух факторов: результата измерений; результата преобразований, или обработки, экспериментальных данных.

Будем рассматривать только такие объекты, о любых двух состояниях которых можно сказать, различимы они или нет, и только такие алгоритмы измерения, которые различным состояниям ставят в соответствие разные обозначения, а неразличимым состояниям – одинаковые обозначения.

#### 6.3.1. Шкалы наименований (номинальная шкала, классификационная шкала)

Предположим, что число различимых состояний конечно. Каждому такому состоянию поставим в соответствие обозначение, отличное от обозначений других классов. Измерение состоит в том, чтобы определить принадлежность результата эксперимента тому или иному состоянию, а затем записать символ, обозначающий данное состояние. Естественнее использовать шкалу наименований, когда классифицируются дискретные по своей природе явления.

Для обозначения разных состояний могут использоваться различные символы, включая слова (например, географические названия, собственные имена людей), номера (регистрационные номера автомобилей, регистрационные номера документов, номера на майках спортсменов), графические символы (гербы и флаги государств, эмблемы родов войск), цвета и т. д. При большом числе состояний удобны иерархические обозначения (например, адрес: страна – область – населенный пункт – улица ...).

Обозначения состояний в шкале наименований представляют собой лишь символы, даже если используются цифры. Поэтому при обработке данных шкалы с ними недопустимы операции типа сравнения (т. е. нельзя, сравнивая обозначения по шкале, делать выводы о самих объектах) или какие-либо арифметические операции. При обработке экспериментальных данных, зафиксированных в шкале наименований, можно выполнять только операцию проверки на их совпадение или несовпадение. Изобразим эту операцию с помощью символа Кронекера:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & x_i = x_j \\ 0, & x_i \neq x_j \end{cases},$$

где  $x_i$  и  $x_j$  – записи разных измерений.

С результатами этой операции (т. е. операции проверки на их совпадение или несовпадение) можно выполнять следующие более сложные преобразования: считать количество совпадений ( $n_k = \sum_{j=1}^n \delta_{kj}$ , где  $n$  – общее число наблюдений); вычислять относительные частоты состояний ( $p_k = n_k : n$ ); можно сравнивать частоты между собой, находя, например, наиболее часто встречающееся состояние, и применять статистические процедуры.

Если измеряемый признак состояния дает возможность сравнивать разные состояния, то для измерений можно выбрать более сильную шкалу – порядковую.

#### 6.3.2. Порядковые шкалы (ранговые шкалы)

Кроме проверки на совпадение или несовпадение состояний, порядковая шкала позволяет их сравнивать (больше, меньше, больше или равно, меньше или равно). Отношение порядка не задает «дистанции» между сравниваемыми классами.

Иногда число градаций в шкале задается заранее, и эксперимент лишь определяет, к какому из упорядоченных классов относится наблюдаемый признак (сила землетрясения, воинское звание ...). В других случаях эталонные классы отсутствуют, а упорядочение проводится непосредственным парным сравнением самих изучаемых объектов (выстраивание в шеренгу по росту, определение мест в результате спортивного соревнования ...).

Даже если экспериментальные данные представлены цифрами, их нельзя рассматривать как числа. Над ними нельзя производить арифметические операции. При обработке данных, измеренных в порядковой шкале, можно вычислять ранг и производить те же преобразования, что и в случае номинальной шкалы.

### **6.3.3. Шкала интервалов**

Эта шкала применяется, если упорядочивание объектов можно выполнить точно. Все расстояния выражаются в произвольных единицах, одинаковых по всей длине шкалы. Это означает, что объективно равные интервалы измеряются одинаковыми по длине отрезками шкалы, где бы они не располагались. В шкале интервалов можно ввести систему координат, т. е. выбрать начало отсчета и единичный интервал (причем, произвольным образом). Примерами величин, измеряемых в интервальных шкалах, являются время, температура, высота местности.

В качестве другого примера рассмотрим испытание умственных способностей, при котором измеряется время, требуемое для решения какой-нибудь задачи. Хотя физическое время измеряется по шкале интервалов, время, используемое как мера умственных способностей, принадлежит шкале порядка. Для того чтобы построить более совершенную шкалу, необходимо исследовать более богатую структуру этого свойства.

Другим примером использования шкалы интервалов является летоисчисление. Начало летоисчисления у христиан – от рождества Христова, а у мусульман – на 622 года позднее.

В этой шкале только над интервалами следует выполнять арифметические операции, а не над самими отсчетами по шкале.

### **6.3.4. Шкалы отношений**

Шкалы отношений – это подмножество шкал интервалов с фиксированным нулевым значением, т. е. с фиксированной точкой отсчета, и свободным выбором единиц. Переход от одной шкалы отношений к другой эквивалентной ей шкале осуществляется с помощью растяжения, т. е. изменения масштаба измерений.

Измерения в шкале отношений являются «полноправными» числами, с ними можно выполнять любые арифметические действия.

Примерами величин, природа которых соответствует шкале отношений, являются длина, вес, электрическое сопротивление, деньги.

### **6.3.5. Абсолютная шкала**

Данная шкала имеет и абсолютный нуль, и абсолютную единицу. Такими качествами обладает числовая ось. С показаниями абсолютной шкалы можно выполнять такие операции, которые недопустимы для показаний других шкал: использовать их в качестве показателя степени и аргумента логарифма. Числовая ось используется как измерительная шкала в явной форме при счете предметов, а как вспомогательное средство присутствует во всех остальных шкалах.

### **6.3.6. Выбор шкалы**

Чем сильнее шкала, в которой производятся измерения, тем больше сведений об изучаемом объекте, явлении, процессе дают измерения. Поэтому так естественно стремление каждого исследователя провести измерения по более сильной шкале. Однако важно иметь в виду, что выбор шкалы измерения должен ориентироваться на объективные отношения, которым подчинена наблюдаемая величина, и лучше всего производить измерения по той шкале, которая максимально согласована с этими отношениями. Можно измерять и по шкале, более слабой, чем согласованная (это приведет к потере части полезной информации), но применять более сильную шкалу опасно: полученные данные на самом деле не будут иметь той силы, на которую ориентируется их обработка.

Аналогичная ситуация имеет место и после того, как проведены измерения. У исследователя могут быть причины, побуждающие его преобразовать протокол наблюдений, переведа их из одной шкалы в другую. Если при этом данные переводятся в более слабую шкалу, то обычно исследователь отдает себе отчет в том, что в результате происходит некоторое ухудшение качества выводов.

Иногда же исследователи усиливают шкалы; типичный случай – «оцифровка» качественных шкал: классам в номинальной или порядковой шкале присваиваются номера, с которыми дальше «работают» как с числами. Если в этой обработке не выходят за пределы допустимых преобразований, то «оцифровка» – это просто перекодировка в более удобную (например, для ЭВМ) форму. Однако применение других операций сопряжено с заблуждениями и ошибками, так как свойства, навязываемые подобным образом, на самом деле не имеют места.

## **Вопросы для обсуждения и задания**

1. На какие группы подразделяются методы исследования систем?
2. Какие методы относятся к методам эмпирического исследования?
3. Какие методы относятся к методам теоретического исследования?
4. Что понимают под моделированием?



5. Что такое модель? Что роднит модель с одноразовой посудой?
6. Что заставляет нас пользоваться моделями вместо самих моделируемых объектов?
7. Каковы виды моделей?
8. Что называют адекватностью модели? Как ее обосновать?
9. Обсудите различия в моделях лошади с позиции крестьянина, жокея, кавалериста, скульптора, конювода, повара. Задача обсуждения – иллюстрация целевого характера моделей.
10. На рис. 16 субъект (С), объект моделирования (О) и модель (М) изображены отдельно, что можно интерпретировать как их раздельное существование. Однако могут иметь место ситуации, когда они полностью или частично совмещены (например, человек изучает свой собственный организм, скажем, измеряет себе температуру). На рис. 16 приведено несколько вариантов такого совмещения. Придумайте реальную ситуацию, отвечающую каждому варианту схемы моделирования.

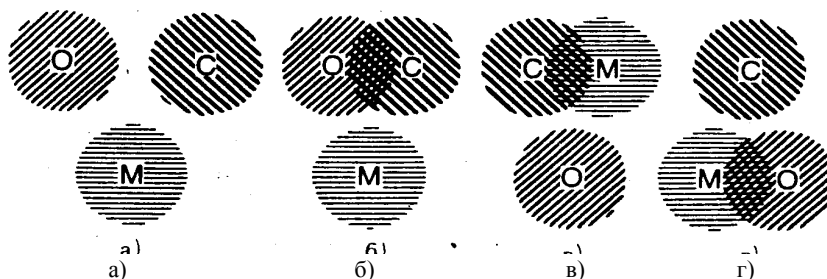


Рис. 16. Различные варианты физического совмещения отдельных компонент процесса моделирования

11. В каком смысле модель можно назвать «окном», сквозь которое мышление «видит» мир?
12. Каковы причины того, что любая модель со временем изменяется?
13. Как классифицируют методы моделирования систем?
14. Сколько моделей проблемной ситуации необходимо иметь для успешного решения прикладной экономической задачи?
15. Какие цели преследуют аналитики при проведении экспериментов?
16. Что лежит в основе измерений?
17. Чем обусловлена необходимость применения различных измерительных шкал?
18. Дайте определение номинальной шкалы и приведите ее синонимические названия.
19. Как фиксируются результаты измерений в номинальной шкале?
20. Перечислите допустимые операции обработки результатов эксперимента, замеренных в номинальной шкале.
21. Дайте определение порядковой шкалы. Приведите примеры использования порядковой шкалы в экономике.
22. Дайте определение интервальной шкалы. Какие операции допустимы над экспериментальными данными, зафиксированными в интервальной шкале?
23. Приведите примеры использования шкал интервалов и отношений в экономике.
24. Дайте определение абсолютной шкалы. В чем заключается основное предназначение абсолютной шкалы?
25. Как соотносятся шкала измерений, качество результатов измерений, качество обработки экспериментальных данных и качество вырабатываемых управленческих решений?

## 7. МЕТОДОЛОГИЯ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ SADT (НОТАЦИЯ IDEF0)

### 7.1. SADT-модели

Одним из языков моделирования систем является IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling), предложенный более 20 лет назад и первоначально называвшийся SADT – Structured Analysis and Design Technique. SADT – методология структурного анализа и проектирования, разработанная специально для того, чтобы облегчить описание и понимание искусственных систем. SADT является полной методологией для описания систем, основанной на концепциях системного моделирования.

Описание системы с помощью SADT называется моделью. В SADT-моделях используются как естественный, так и графический языки. SADT-модели, ориентированные на функции, называют *функциональными моделями*, а ориентированные на объекты системы – *моделями данных*. В дальнейшем мы будем рассматривать только функциональные модели. В функциональных моделях система представляется как совокупность взаимодействующих работ или функций. Такая чисто функциональная ориентация является принципиальной – функции системы анализируются независимо от объектов, которыми они оперируют. Это позволяет более четко смоделировать логику и взаимодействие процессов организации.

Цель структурного анализа заключается в преобразовании общих, расплывчатых знаний об исходной предметной области в точные модели, описывающие различные подсистемы моделируемой организации.

Формальное определение модели в SADT: М есть модель системы S, если М может быть использована для получения ответов на вопросы относительно S с точностью А.

Обычно вопросы для SADT-модели формулируются на самом раннем этапе проектирования в одной-двух фразах. Это определяет цель модели (рис. 17).

SADT-модель всегда четко ограничивает систему, определяет ее границы. Модель точно устанавливает, что является и что не является предметом моделирования, описывая только то, что входит в систему, и подразумевая то, что лежит за ее пределами. SADT-модель позволяет сконцентрировать внимание именно на описываемой системе и позволяет избежать включения посторонних элементов.

SADT-модель имеет точку зрения (рис. 17). Точка зрения – «вид на систему» с позиции определенного человека. Точка зрения является существенной для согласованного изложения исследования, так как единственная точка зрения всегда выделяет одни аспекты системы и игнорирует другие, обеспечивает согласованность терминологии.

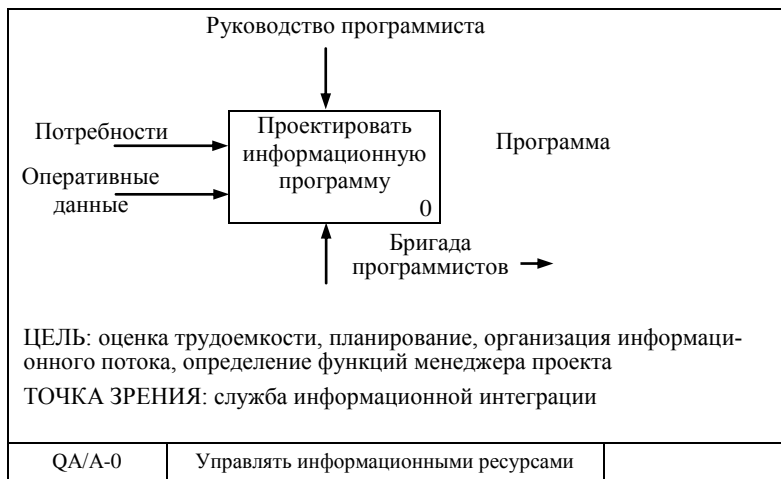
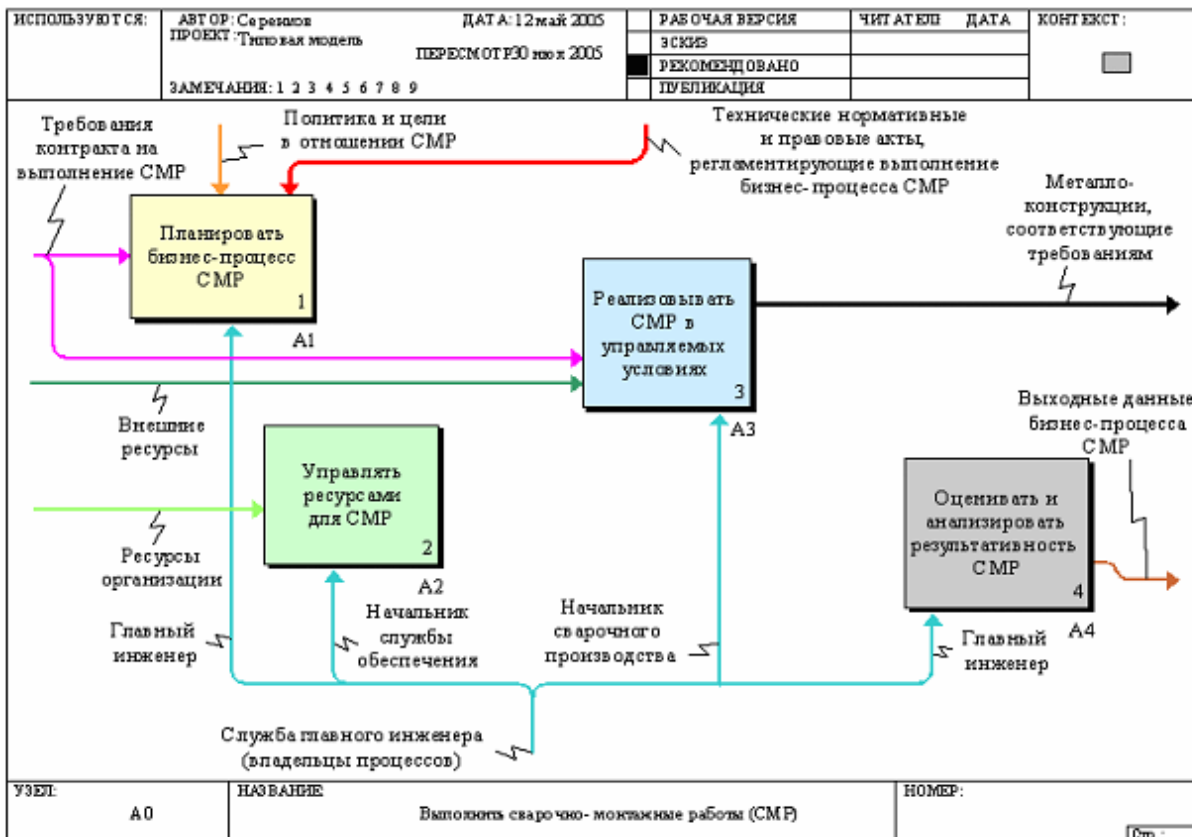


Рис. 17. Цель и точка зрения модели

Результатом процесса моделирования является набор взаимоувязанных описаний. Каждое из таких тщательно взаимоувязанных описаний называется диаграммой (рис. 18). SADT-модель организована в виде древовидной структуры взаимосвязанных диаграмм. Верхняя диаграмма является наиболее общей, а самые нижние – наиболее детализированными.



## 7.2. Синтаксис и применение диаграмм

Каждая диаграмма содержит блоки и дуги. Блоки изображают функции моделируемой системы и изображаются прямоугольниками. Названиями блоков служат глаголы или глагольные обороты: «Производить детали», «Планировать ресурсы», «Наблюдать за выполнением», «Эксплуатировать» и т. д. На диаграмме должно быть не менее 3 и не более 6 блоков. Блоки на диаграмме располагаются по степени важности (доминирования). Доминирование понимается как влияние, которое один блок оказывает на другие блоки диаграммы. Например, самым доминирующим блоком диаграммы может быть первая из последовательности функций либо планирующая или контролирующая функция, влияющая на все другие функции. Наиболее доминирующий блок обычно размещается в верхнем левом углу диаграммы, а наименее доминирующий – в правом нижнем углу. В соответствии с порядком доминирования блоки должны быть пронумерованы.

Дуги связывают блоки вместе и отображают взаимодействия и взаимосвязи между ними. Они изображаются одинарными линиями со стрелками. Дуга представляет собой множество материальных объектов или финансовые потоки, или информацию. Дуги называются существительными или существительными с определениями, например, «Бюджет», «Конструкция детали», «Отчет об испытаниях» и т. д.

Между объектами и функциями возможны 4 вида отношений: вход, управление, выход, механизм. Каждое из этих отношений изображается дугой, связанной с определенной стороной блока. Левая сторона блока предназначена для входных дуг, верхняя – для управленческих дуг, правая сторона – для выходных, нижняя – для дуг механизмов (рис. 19). *Входные дуги* изображают объекты, используемые и преобразуемые функциями. Допускается, что блок может не иметь ни одной входной дуги. *Управленческие дуги* представляют информацию, управляющую действиями функций. Это правила, процедуры или стандарты, которыми руководствуется функция. Обычно управляющие дуги несут информацию, которая указывает, что должна делать функция. *Выходные дуги* изображают объекты, в которые преобразуются входы. Это материал или информация, которые производятся работой. *Дуги механизмов* отражают, с помощью чего функции реализуются. Механизмы изображают физические аспекты функции (склады, люди, организации, приборы). Механизмы – это ресурсы, которые выполняют работу. Любой функциональный блок по требованиям стандарта должен иметь по крайней мере одну управляющую дугу и одну исходящую.

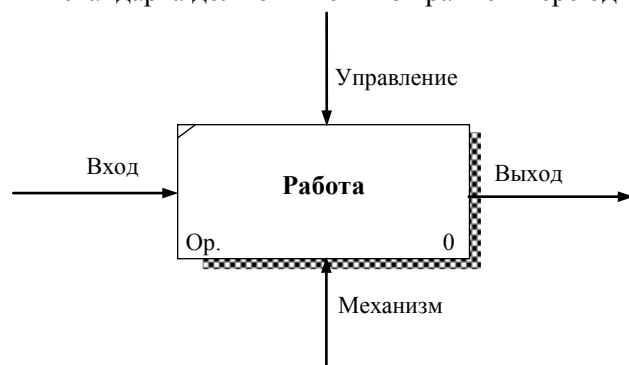


Рис. 19. Функциональный блок и его дуги

Дуга может начинаться у одного блока и заканчиваться другим. На диаграмме может быть 5 типов взаимосвязей между блоками для описания их отношений: управление, вход, обратная связь по управлению, обратная связь по входу, выход – механизм (рисунки 20–24).

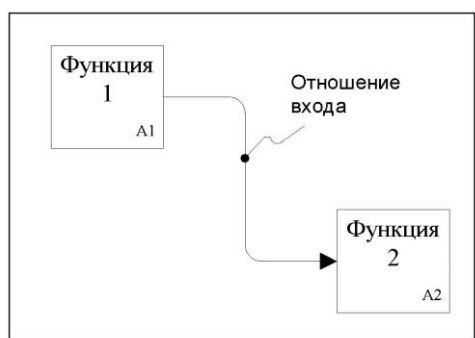


Рис. 20. Отношение входа

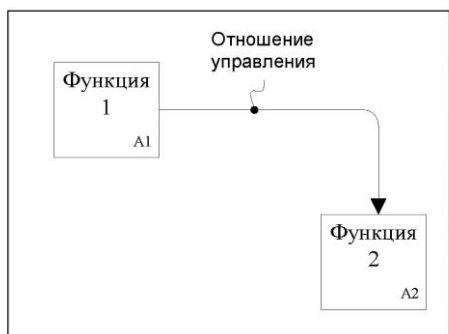


Рис. 21. Отношение управления

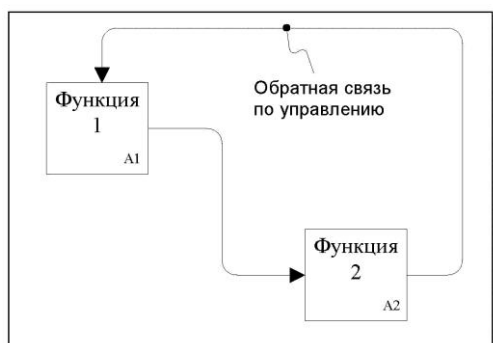


Рис. 22. Обратная связь по управлению

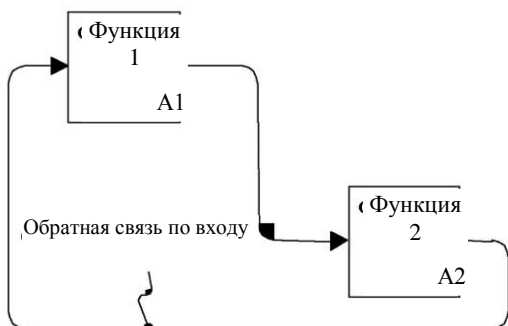


Рис. 23. Обратная связь по входу

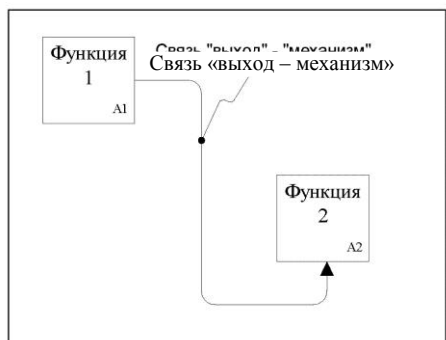


Рис. 24. Связь «выход – механизм»

Вся дуга или ее часть может выходить из одного или нескольких блоков и заканчиваться в одном или нескольких блоках. Разветвление дуг и их соединение – это синтаксис, позволяющий описывать декомпозицию содержимого дуг, так как дуга часто изображает не один, а несколько объектов.

При создании модели одну и ту же диаграмму вместе с ее блоками и дугами перечерчивают несколько раз, что приводит к появлению различных ее вариантов. Чтобы различать разные версии одной и той же диаграммы, их нумеруют С-номерами. С-номерные коды образуются из инициалов автора и последова-

тельности номеров. Каждый автор проекта ведет реестр всех созданных им диаграмм, нумеруя их последовательно целыми числами, благодаря чему каждая создаваемая диаграмма имеет свой уникальный С-номер.

Все диаграммы рисуются на специальных стандартных бланках. На каждом бланке в центре расположена область для рисования, вверху и внизу – стандартно идентифицирующая диаграмму информация: автор диаграммы, частью какого проекта является работа, дата создания или пересмотра диаграммы, статус диаграммы, ее название.

### 7.3. Синтаксис моделей

Каждый блок диаграммы потенциально может быть детализирован, но уже на другой диаграмме. Разделение объекта на его структурные части называется *декомпозицией*. Декомпозируемый блок называется родительским блоком, а содержащая его диаграмма – *родительской диаграммой*. Диаграмма, декомпозирующая блок родительской диаграммы, называется *диаграммой-потомком*. Название новой диаграммы совпадает с названием декомпозируемого блока. В результате получается иерархическая модель, в которой диаграмма верхнего уровня (называемая контекстной) описывает систему в общих терминах «черного ящика», а диаграммы нижнего уровня описывают очень детализированные аспекты и операции системы (рис. 25).

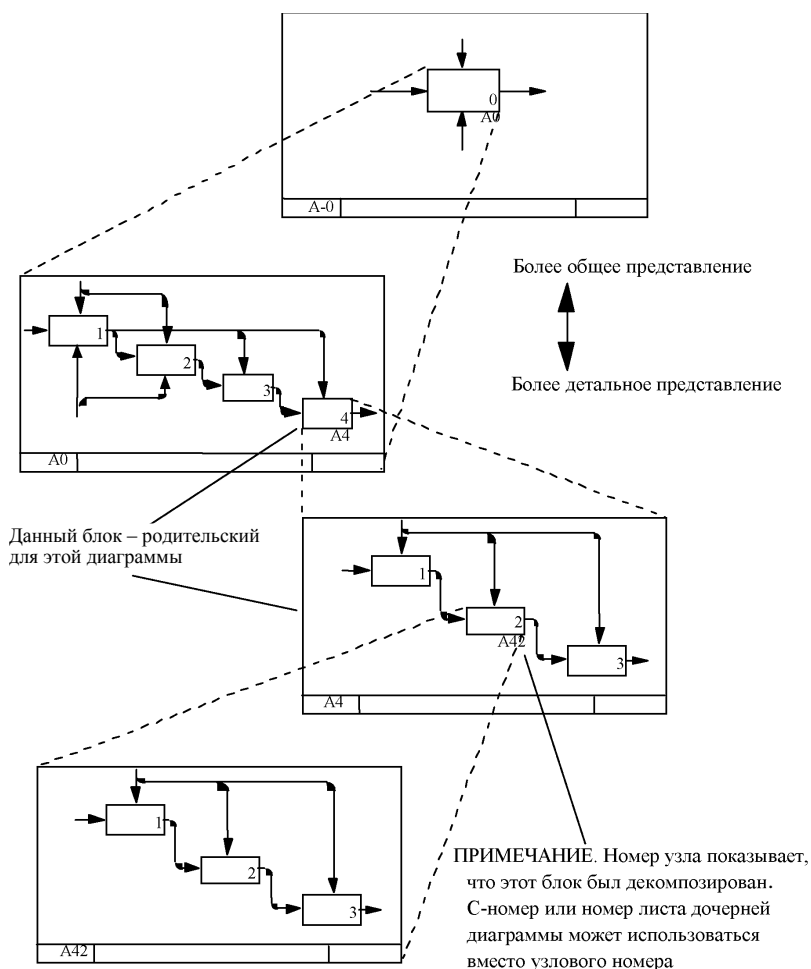


Рис. 25. Декомпозиция функций модели

Каждая диаграмма идентифицируется с помощью *номера узла*, который состоит из названия модели или аббревиатуры, косой черты, заглавной буквы А (Activity) и цифр (например, ЭМЦ/А1, а для контекстной диаграммы ЭМЦ/А-0).

Для связи диаграмм модели между собой используются С-номера. С-номер диаграммы, которая декомпозирует некоторый блок, ставится непосредственно под этим декомпозируемым блоком на родительской диаграмме. На диаграмме-потомке в области контекста на бланке (правый верхний угол) автор изображает каждый блок родительской диаграммы маленькими квадратиками, заштриховывает квадратик декомпозируемого блока и размещает С-номер родительской диаграммы возле заштрихованного квадратика.

SADT-диаграммы имеют внешние дуги, т. е. дуги, как бы выходящие наружу и ведущие к краю страницы. Эти дуги являются интерфейсом между диаграммой и остальной частью модели. Внешние дуги должны быть согласованы по числу и наименованию (но не обязательно по расположению) с дугами, которые касаются декомпозированного блока родительской диаграммы. При декомпозиции блока его дугам

присваивают коды ISOM, которые состоят из буквы (I – для входных дуг, C – для дуг управления, O – для выходных дуг, M – для дуг механизма) и порядкового номера дуги. Коды ISOM позволяют быстро проверить согласованность внешних дуг диаграммы с граничными дугами соответствующего блока родительской диаграммы.

#### 7.4. Правила построения (рисования) диаграмм

При построении диаграмм должны использоваться следующие правила:

1. Блоки должны располагаться по диагонали от левого верхнего угла диаграммы до правого нижнего. Они должны быть пронумерованы в том же порядке. «Каскадная» структура подчеркивает доминирование блоков, минимизирует повороты и пересечения дуг, упрощает обратные связи.

2. Номер блока помещается в его правый нижний угол. Стандартное расположение номеров позволяет их быстро находить.

3. C-номер диаграммы-потомка, которая декомпозирует некоторый блок, записывается под правым нижним углом этого блока. Номер блока наглядно связывается с детализирующей его диаграммой.

4. Дуги чертят только по вертикали и горизонтали.

5. Блоки всегда имеют дуги управления и выходные дуги, но могут не иметь входных дуг.

6. Если данные служат и для управления, и для входа, вычерчивают только дугу управления. Это уменьшает сложность общей картины.

7. Максимально увеличивают расстояния между блоками, дугами, их поворотами и пересечениями.

8. Объединяют дуги, источники которых не указаны на диаграмме, если они представляют одни и те же данные.

9. Объединяют дуги с общим источником или с общим приемником, если они представляют связанные данные.

10. Обратные связи по управлению рисуют «вверх и над» (см. рис. 22).

11. Обратные связи по входу рисуют «вниз и под» (см. рис. 23).

12. Располагают блоки и дуги так, чтобы было меньше пересечений и поворотов дуг.

#### 7.5. Процесс моделирования

Процесс моделирования в SADT включает сбор информации об исследуемой области, документирование полученной информации, представление ее в виде модели и уточнение модели посредством итеративного рецензирования. Процесс моделирования является итеративной последовательностью шагов, приводящих к точному описанию системы. Организация процесса моделирования основана на разделении функций, выполняемых участниками SADT-проектов.

Создание SADT-модели предусматривает следующие этапы (рис. 26):

##### 1. *Получение знаний.*

Сведения об изучаемой системе получают с помощью различных методик сбора информации (обычно используются наблюдение за выполняемыми операциями, опросы экспертов, изучение документов, использование собственных знаний). Перед выбором источника информации нужно определить потребности в информации, определить цель сбора информации.

##### 2. *Создание модели.*

На этом этапе моделирования документируются полученные знания о предметной области. Создаются одна или несколько SADT-диаграмм. Вначале анализируются объекты, входящие в систему, а затем полученные знания используются для анализа функций системы. На основе этого анализа создается диаграмма, в которой объединены сходные объекты и функции.

##### 3. *Итеративное рецензирование.*

Создаваемые модели проходят через серию последовательных улучшений до тех пор, пока они в точности не будут отражать реальную систему. Итеративное рецензирование – это процесс многократного совещания автора и эксперта относительно достоверности создаваемой модели. Итеративное рецензирование называется *циклом «автор – читатель»*. Читатели – это все те, что читает и критикует создаваемую модель, делая письменные замечания о ней.

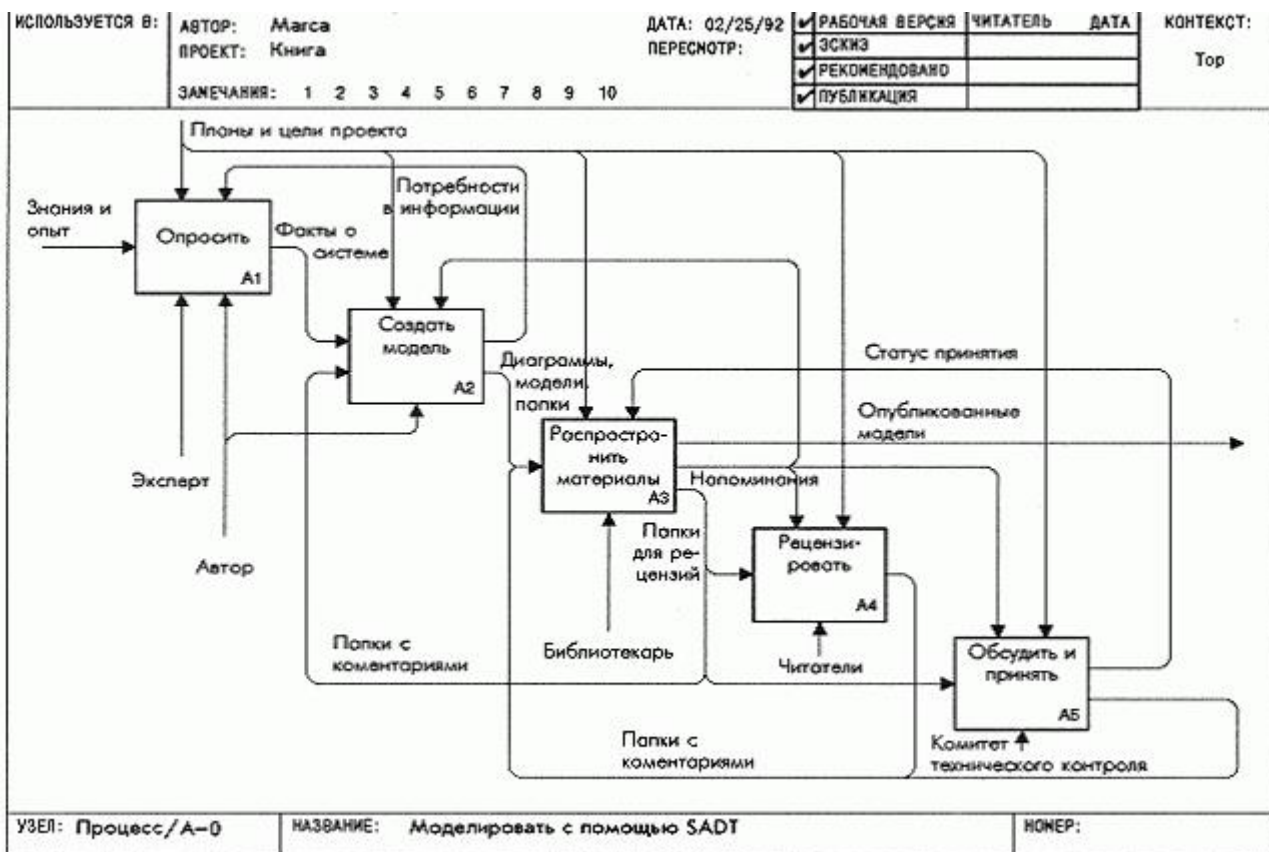


Рис. 26. Процесс моделирования

Цикл «автор – читатель» начинается тогда, когда автор принимает решение распространить информацию о какой-то части своей работы для получения отзыва о ней. Результаты работы оформляются в виде так называемых папок. SADT-папка состоит из титульного листа, одной или более диаграмм и, возможно, дополнительного материала. Титульный лист содержит название и краткое содержание рабочих материалов и служит для сопровождения папки. Диаграммы располагаются после титульного листа в порядке возрастания номеров узлов. Дополнительный материал (иллюстрации и глоссарий) располагается сразу же после тех диаграмм, к которым они относятся.

Главным координатором процесса моделирования выступает *библиотекарь*. Сформированную папку автор посылает библиотекарю. Библиотекарь ее регистрирует и копирует, а копии рассылает читателям в соответствии со списком адресатов на титульном листе папки. Регистрируются дата рассылки и дата ответа автору. Таким образом, библиотекарь знает, кто и когда получил папку.

Читатели, получив папку от библиотекаря, знакомятся с ней в течение отведенного времени. Сделанные письменные замечания помещаются в папку в виде нумерованных комментариев. Папки с комментариями читатели отсылают библиотекарю. Опоздавающим читателям он напоминает о возврате папок. Библиотекарь регистрирует папки с комментариями и отправляет автору. Папки с замечаниями, которые получают авторы по своей работе, – обратная связь, без которой системный анализ невозможен.

Затем автор отвечает на каждое замечание читателей и обобщает критику, содержащуюся в замечаниях. Папки с ответами передаются библиотекарю для регистрации и возврата читателям. После этого каждый экземпляр папки остается у своего владельца, и данный цикл рецензирования завершается. Автор может начинать новый цикл.

С помощью таких обсуждений можно достаточно быстро обмениваться идеями, так как папка рецензируется сразу несколькими специалистами. Таким образом, методология SADT поддерживает как параллельный, так и асинхронный просмотр модели, что важно при коллективной работе.

Цикл «автор – читатель» предполагает индивидуальную работу, так как она позволяет выполнять построение моделей и рецензирование в удобном режиме. Это важно для экспертов, которые заняты своей основной деятельностью, и для координации работы нескольких авторов.

#### 4. Оценка адекватности моделей и принятие их для дальнейшего использования.

В процессе SADT-моделирования выделяют специальную группу людей, называемую комитетом технического контроля. Комитет отвечает за то, что создаваемая модель будет точна и используется в дальнейшем, а также за контроль качества моделей. Комитет следит за выполняемой работой и ее соответствии конечным целям всего проекта. Члены комитета обсуждают модель, вырабатывают предложения по ее

корректировке и оформляют свои замечания в виде рецензий.

Модели, которые достигли желаемого уровня детализации и точности с точки зрения технических требований, направляются через библиотекаря членам комитета для обсуждения и утверждения. «Сырые», черновые варианты в комитет не направляют. Если модель признана комитетом применимой, она публикуется. Иначе авторам направляются замечания для необходимой доработки.

Получение модели высокого качества часто требует несколько итераций и многих изменений. Однако последовательное улучшение описания системы в некоторый момент должно быть прекращено. Модель готова, когда она отвечает с заданной степенью точности на вопросы, составляющие ее цель.

## 7.6. Задания

1. Декомпозируйте функцию, изображенную на рис. 27, в виде трех дочерних функций: проектировать станок, собирать станки, осуществлять подготовку производства.

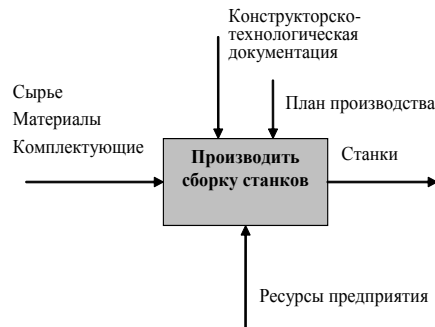


Рис. 27. Контекстная диаграмма

2. Постройте диаграмму, содержащую функции:

- Принять товар.
- Отпустить товар.
- Вести базу данных «Движение товаров».
- Проводить инвентарный контроль.

Внесите на диаграмму следующие дуги:

- Приказ об инвентаризации.
- Выходные документы.
- Накладные, требования.
- Товар на складе.
- АРМ работника склада.
- Учетные товарные остатки.
- Данные об отгрузке товара.
- Данные о приемке товара.
- Приходный ордер.
- Нормативы складского учета.
- Оборотная ведомость движения товаров.
- Ведомость инвентаризации.
- Отгруженный товар.
- Товарно-сопроводительные документы (накладные, счета-фактуры).
- Товар.
- Расходный складской ордер.
- Принятый товар.
- Оформленный товар.

На основании полученной диаграммы А0 построьте контекстную диаграмму, определите цель и точку зрения модели.

## ВОПРОСЫ К ТЕСТИРОВАНИЮ И ЭКЗАМЕНУ ПО КУРСУ «ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

1. Характеристика основных аспектов системности: системный подход, системный метод, системная теория. Предмет системного анализа.
2. Понятия, определяющие структуру системы: система, элемент, подсистема, состояние элемента.
3. Понятие связи, виды связи. Понятие структуры. Виды структур: сетевая, линейная и кольцевая.



4. Виды иерархических структур.
5. Понятия, определяющие функционирование системы: состояние системы, входы и выходы системы, обратная связь, ограничения системы.
6. Движение и развитие системы. Виды развития.
7. Классификация систем: по природе элементов, по происхождению, по степени изменчивости свойств, по сложности.
8. Классификация систем по степени связи с внешней средой, по реакции на возмущающие воздействия, по характеру поведения, по степени участия человека в реализации управляющих воздействий.
9. Закономерности взаимодействия части и целого.
10. Закономерности осуществимости систем.
11. Закономерности функционирования и развития систем.
12. Понятие управления, структура системы управления.
13. Основные принципы управления. Виды систем управления.
14. Понятие управления. Управление с помощью целеобразования.
15. Понятие управления. Закон управления системой.
16. Закономерности возникновения и формулирования целей.
17. Закономерности формирования структур целей.
18. Приемы исследования систем.
19. Моделирование как метод исследования систем.
20. Классификация методов моделирования систем.
21. Экспертные методы в исследовании систем.
22. Измерительные шкалы.
23. Предназначение нотации IDEF0. Преимущества нотации IDEF0.
24. Структура диаграмм в нотации IDEF0.
25. Виды дуг в нотации IDEF0.
26. Создание диаграммы декомпозиции.
27. Коды ICOM.
28. Правила построения (рисования) диаграмм.
29. С-номера.
30. Этапы создания модели в нотации IDEF0.
31. Дополнения к диаграммам и моделям.
32. Примечания на диаграммах и моделях.
33. Назначение и основные возможности программы BPwin.
34. Модели AS-IS и TO-BE.
35. Диаграммы потоков данных DFD (Data Flow Diagram).
36. Метод описания процессов IDEF3. Перекрестки и их виды на диаграммах IDEF3.

## ПРИМЕРНЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выберите правильные ответы из предложенных вариантов.

1. Какие термины относятся к составляющим системы?

*Варианты ответа:*

- а) надсистема;
- б) связь;
- в) структура;
- г) цель;
- д) элемент;
- е) переходное состояние.

2. Представьте себе типовую схему проведения занятий. Преподаватель задает вопрос одному студенту и оценивает его ответ, остальные студенты коллективно дополняют ответ. Роль преподавателя заключается в корректировке и соблюдении технологии проведения занятия. Какова структура такого типового занятия?

*Варианты ответа:*

- а) иерархическая структура;
- б) линейная структура;
- в) структура типа «колесо».

3. Какое определение более полно соответствует термину «система управления»?

*Варианты ответа:*

- а) совокупность целостных взаимосвязанных и взаимодействующих элементов;
- б) организационная структура управления;
- в) организационно-правовая форма.

4. Что является законом управления?

*Варианты ответа:*

- а) правило достижения целей управления;
- б) правило корректного формирования целей;
- в) упорядоченная совокупность целей и задач управления.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Антонов, А. В.** Системный анализ : учеб. для вузов / А. В. Антонов. – М. : Высш. шк., 2004. – 454 с.
- Дрогобыцкий, И. Н.** Системный анализ в экономике : учеб. пособие / И. Н. Дрогобыцкий. – М. : Финансы и статистика, 2007. – 512 с.
- Жариков, О. Н.** Системный подход к управлению : учеб. пособие для вузов / О. Н. Жариков, В. И. Королевская, С. Н. Хохлов ; под ред. В. А. Персианова. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 62 с.
- Коротков, Э. М.** Исследование систем управления : учеб. для вузов / Э. М. Коротков. – М. : ИКК «ДеКА», 2000. – 288 с.
- Коротков, Э. М.** Исследование систем управления : учеб. / Э. М. Коротков. – М. : ИКК «ДеКА», 2003. – 336 с.
- Маклаков, С. В.** Создание информационных систем с All Fusion Modeling Suite / С. В. Маклаков. – М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2005. – 432 с.
- Малин, А. С.** Исследование систем управления : учеб. для вузов / А. С. Малин, В. И. Мухин. – М. : ГУ ВШЭ, 2005. – 399 с.
- Системный анализ и принятие решений: словарь-справочник** : учеб. пособие для вузов / под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. – М. : Высш. шк., 2004. – 616 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Понятия, определяющие структуру системы.....	4
1.1. Понятия, входящие в определение системы.....	4
1.2. Структуры, их виды и формы представления.....	5
1.3. Внешняя среда.....	7
Вопросы для обсуждения и задания.....	7
2. Функционирование системы.....	9
2.1. Понятия, определяющие функционирование системы.....	9
2.2. Математическое описание динамики систем.....	11

Вопросы для обсуждения и задания .....	12
3. Закономерности систем .....	14
3.1. Закономерности взаимодействия части и целого .....	14
3.2. Закономерности осуществимости систем .....	15
3.3. Закономерности функционирования и развития систем .....	16
Вопросы для обсуждения и задания .....	16
4. Система управления .....	16
4.1. Понятие системы управления.....	16
4.2. Способы управления .....	17
4.3. Управление с помощью целеобразования.....	18
4.4. Закон управления системой.....	19
Вопросы для обсуждения и задания .....	20
5. Закономерности целеобразования .....	20
5.1. Закономерности возникновения и формулирования целей.....	20
5.2. Закономерности формирования структур целей .....	37
Вопросы для обсуждения и задания .....	21
6. Организация процесса исследования систем.....	22
6.1. Методы исследования систем .....	22
6.2. Моделирование как метод исследования систем .....	22
6.3. Роль измерений в создании моделей систем.....	24
6.3.1. Шкалы наименований (номинальная шкала, классификационная шкала) .....	24
6.3.2. Порядковые шкалы (ранговые шкалы).....	24
6.3.3. Шкала интервалов .....	25
6.3.4. Шкалы отношений.....	25
6.3.5. Абсолютная шкала .....	25
6.3.6. Выбор шкалы .....	25
Вопросы для обсуждения и задания .....	25
7. Методология структурного анализа и проектирования SADT (Нотация IDEF0).....	26
7.1. SADT-модели.....	26
7.2. Синтаксис и применение диаграмм .....	28
7.3. Синтаксис моделей.....	30
7.4. Правила построения (рисования) диаграмм .....	31
7.5. Процесс моделирования.....	31
7.6. Задания .....	33
Вопросы к тестированию и экзамену по курсу «Теория систем и системный анализ» для студентов заочной формы обучения.....	33
Примерные тестовые задания.....	34
Список рекомендуемой литературы .....	35

Учебное издание

**ТЕОРИЯ СИСТЕМ  
И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ**

**Пособие**  
для студентов специальности 1-26 03 01  
«Управление информационными ресурсами»

Автор-составитель  
**Кравченко Светлана Витальевна**

Редактор Е. Г. Привалова  
Технический редактор И. А. Козлова  
Компьютерная верстка Н. Н. Короедова

Подписано в печать 27.02.09. Бумага типографская № 1.  
Формат 60 × 84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура Таймс. Ризография.  
Усл. печ. л. 3,95. Уч.-изд. л. 4,2. Тираж 90 экз.  
Заказ №

Учреждение образования  
«Белорусский торгово-экономический университет  
потребительской кооперации».  
246029, г. Гомель, просп. Октября, 50.  
ЛИ № 02330/0056814 от 02.03.2004 г.

Отпечатано в учреждении образования  
«Белорусский торгово-экономический университет  
потребительской кооперации».  
246029, г. Гомель, просп. Октября, 50.