



УДК 004.9 (076)

ББК 32.81

М 60

Милютина, Е. М. Теория систем и системный анализ. Курс лекций: учебное пособие для студентов направления подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика» / Е. М. Милютина. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. – 45 с.

В учебном пособии представлены основные теоретические вопросы по дисциплине «Теория систем и системный анализ».

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией института энергетики и природопользования БГАУ, протокол № 1 от 30.08.2021 г.

Рецензенты: к.т.н., доцент кафедры информатики, информационных систем и технологий Никулин В.В.

© Брянский ГАУ, 2021  
© Милютина Е.М., 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Лекция 1. Основные понятия курса. Цели и закономерности целеобразования.....	5
Лекция 2. Понятие системы и ее свойства.....	10
Лекция 3. Классификация систем.....	14
Лекция 4. Измерения и шкалы.....	16
Лекция 5. Системы управления (СУ).....	20
Лекция 6. Модели и моделирование.....	24
Лекция 7. Методы представления систем.....	31
Лекция 8. Методики системного анализа.....	36
Контрольные вопросы.....	43
Список использованных источников.....	44

## ВВЕДЕНИЕ

Понятия «системный подход» и «системный анализ» очень популярны в настоящее время. Эффективное решение проблем производственных, государственных, мировых – требует поэтапного, детального анализа процессов, объектов и фактов, разнородной информации, наиболее полного учета мнений всех лиц, заинтересованных в решении проблемы. Учебная дисциплина «Теория и системный анализ» является междисциплинарной и нацелена на выяснение причин сложностей и затруднений, возникающих в процессе функционирования реальных систем (организаций, коллективов, промышленных предприятий и т.д.), и выработку вариантов их устранения. Это стало возможным благодаря тому, что системный анализ вобрал в себя методы разных наук (теории систем, системологии, кибернетики, информатики), направленных на исследование технических, природных и социальных систем и поиск наиболее оптимальных условий их существования.

Цель дисциплины – освоение обучающимися теоретических, методических и практических разделов теории систем и системного анализа, необходимых для понимания основ возможных приложений изучаемой дисциплины в дальнейшей профессиональной деятельности; формирования культуры мышления, способности к логическому обобщению, анализу и восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения; освоения качественных и численных методов описания и конструирования модельных задач теории систем, применяемых в будущей практической деятельности студента.

Курс лекций по дисциплине «Теория систем и системный анализ» предназначен для студентов направления подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика» очной и заочной формы обучения. Пособие содержит 8 тем лекций по дисциплине, контрольные вопросы.

## Лекция 1. Основные понятия курса. Цели и закономерности целеобразования

### Вопросы:

1. Теория систем и системный анализ (основные понятия).
2. Понятие цели и требования к ее формированию
3. Закономерности целеобразования.

#### 1. Теория систем и системный анализ (основные понятия).

Теория систем и системный анализ – наука, которая изучает общие положения, законы, принципы построения, функционирования систем и проведения системного анализа, а также основы моделирования систем.

Объект изучения – системы процессов и явлений окружающей нас действительности (социальных, экономических, биологических, технических и т. д.)

Предмет изучения – *общие* законы, закономерности, принципы, технологии функционирования систем и правила проведения системного анализа.

**Цель изучения:** получение знаний, овладение методологией, позволяющей системно рассматривать экономические процессы, процессы управления предприятиями и другими структурами, а также общими методами анализа и синтеза систем для принятия решения по управлению экономическими процессами.

Задачей дисциплины является изучение:

- основ теории систем;
- основ системного анализа;
- принципов моделирования как основы исследования систем.

#### 2. Понятие цели и требования к ее формированию.

**Цель** является одной из центральных категорий теорий систем и системного анализа. Как и все абстрактные категории, она имеет весьма широкое толкование и разные интерпретации.

**Цель** – это совокупное представление о некоторой модели будущего результата, способного удовлетворить исходную потребность при имеющихся реальных возможностях, оцененных по результатам опыта. В широком понимании цель рассматривается как констатация предназначения и смысла существования системы, проблемы или объекта. Целевое начало возникает как отражение целей и интересов различных субъектов, так или иначе связанных с существованием и функционированием системы, что и должно учитываться при его формировании.

*А.В. Антонов – цель – желаемый результат развития системы. Сформулированная цель системного анализа будет определять весь дальнейший комплекс работ. Следовательно, цели должны быть реалистичны. Задание реалистичных*

*целей направит всю деятельность по выполнению системного анализа на получение определенного полезного результата.*

Цель определяют как желаемое состояние системы или результатов ее деятельности, которые должны быть достигнуты в пределах некоторого интервала деятельности. Хорошо сформулированные цели проясняют то, чем является система, какой она стремится быть и чем она отличается от других ей подобных. Они должны исключить возможность разного толкования и в то же время оставлять простор для гибкого развития системы.

**Иерархия целей** в системе играет очень важную роль, так как она устанавливает взаимосвязь и обеспечивает ориентацию функционирования всех подсистем и элементов на достижение целей верхнего уровня. При правильно построенной иерархии целей каждое структурное подразделение, достигая своей цели, вносит необходимый вклад в достижение общих целей. Если цели неверно или плохо определены, это может привести к очень серьезным негативным последствиям для анализируемого объекта.

Накопленный опыт по установлению целей позволяет выделить несколько ключевых требований, которым должны удовлетворять правильно сформулированные цели.

1. Цели должны быть достижимыми, не выходящими за предельно допустимые возможности. Нереальная для достижения цель приводит к потере ориентиров, демотивации субъектов и объектов управления и негативно сказывается на функционировании системы.

2. Цели должны быть напряженными, то есть достижимыми лишь при эффективном управлении и рациональном использовании ресурсов.

3. Цели должны быть гибкими и оставлять возможности для их корректировки в соответствии с теми изменениями, которые могут произойти во внешней и внутренней среде. Наблюдатель должен помнить об этом и быть готовым внести модификации в установленные цели с учетом новых требований или новых возможностей.

4. Цели должны быть сформулированы таким образом, чтобы их можно было количественно измерить или каким-либо другим объективным способом оценить, была ли цель достигнута. Если цели неизмеримы, то они порождают разное толкование, затрудняют процесс оценки результатов функционирования системы.

5. Цели должны быть конкретными, обладать необходимой специфичностью, которая помогает однозначно определить направление функционирования системы. Цель должна четко фиксировать, что необходимо получить в результате деятельности, в какие сроки следует ее достичь и кто должен достигать цель. Чем более конкретна цель, тем легче определить оптимальные пути ее достижения.

6. Цели должны быть совместимыми. Это предполагает соответствие долгосрочных и краткосрочных целей, целей тех подсистем, от которых зависит эффективность функционирования системы.

7. Цели должны быть приемлемыми для основных объектов влияния и в первую очередь для тех, кому придется их достигать. Они должны свести воедино разнонаправленные интересы субъектов системного анализа.

Процессу формирования целей предшествует качественное описание развития системы и ее состояний в будущем при определенных условиях внешней среды. Это дает возможность более четко их сформулировать, а в дальнейшем наметить пути достижения. На формирование целей оказывают влияние как внешние по отношению к системе факторы, так и внутренние. Цели могут возникать на основе их взаимодействия, а часто и противоречия между ними. Именно здесь заложено основное важное отличие открытых социально-экономических систем, в которых цели формулируются как внутри систем, так и устанавливаются внешним, по отношению к системе, субъектом.

Достаточно часто при формировании целей возникает необходимость их декомпозиции по времени и по исполнителям. Это значит, что общий конечный результат, к которому стремится система, надо расчленить на частные задачи, решаемые в более короткие сроки. Кроме того, цели, стоящие перед системой в целом, конкретизируются по отдельным подсистемам. В частности, для производственных систем необходимо добиваться того, чтобы в результате структуризации каждое подразделение четко знало общие цели и свою роль в их достижении. Существуют системы, где цели могут быть точно сформулированы только по мере достижения предыдущих целей, и эффективное управление системой невозможно без их установления. Возникает потребность в декомпозиции обобщенной цели во времени. Представление развернутой последовательности подцелей в виде сетевой модели требует хорошего знания объекта исследования, а, следовательно, сочетание декомпозиции цели в пространстве и во времени.

*Особенности возникновения и формулирования целей.* Обобщение результатов исследования процессов целеобразования, приводимых философами, психологами, кибернетиками, и наблюдение процессов обоснования и структуризации целей в конкретных условиях позволили сформулировать некоторые общие принципы, закономерности, которые полезно использовать на практике

*Зависимость представления о цели и формулировки цели от стадии познания объекта (процесса) и от времени.* Анализ определений понятия «цель» позволяет сделать вывод о том, что, формулируя цель нужно стремиться в формулировке или в способе представления цели разрешить основное противоречие: ее активную роль в познании, в управлении, и в то же время необходимость сделать ее реалистичной, направить с ее помощью деятельность на получение определенного полезного результата. При этом формулировка цели и представление о цели зависят от стадии познания объекта, а по мере развития представления о нем цель может переформулироваться.

*Зависимость цели от внешних и внутренних факторов.* При анализе причин возникновения и формулирования целей нужно учитывать, что на цель влияют как внешние по отношению к системе факторы (внешние требования, потребности, мотивы, программы), так и внутренние (потребности, мотивы, программы самой системы и ее элементов, исполнителей цели). При этом внутренние факторы являются такими же объективно влияющими на процесс целеобразования факторами, как и внешние, особенно при использовании в системах управления понятия цели как средства побуждения к действию.

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

*Возможность (и необходимость) сведения задачи формулирования обобщающей (общей, глобальной) цели к задаче ее структуризации.* Анализ процессов формулирования обобщенной (глобальной) цели в сложных системах показывает, что эта цель первоначально возникает в сознании руководителя или иного лица, принимающего решение, не как единоличное понятие, а как некоторая, достаточно «размытая» область.

### **3. Закономерности целеобразования.**

**Целеобразование** (целесолагание) – это направление системного анализа, которое занимается исследованием процесса формулирования и анализа целей в системах разного рода. Этот термин был введен Ю. Черняком применительно к системам, в которых цели **не задаются извне, а формируются внутри системы**. Процесс целеобразования до конца не изученный и очень сложный. Для эффективного целеобразования, четко сформулировав цель (что следует сделать, чего достичь), необходимо осознать следующее:

- значение цели (для чего необходимо достижение этой цели, что это даст);
- способы достижения цели (как работать, какие методы использовать);
- этапы достижения цели (промежуточные цели и этапы их достижения);
- возможные трудности в достижении цели и пути их предотвращения;
- самоконтроль (формы и методы контроля, насколько выполнение деятельности отвечает целям, насколько успешно идет продвижение к цели).

Диалектико-материалистическое понимание цели очень важно при проведении системного анализа. В практике коллективного принятия решения необходимо оговаривать, в каком смысле на данном этапе рассмотрения системы используется понятие цель, что в большей степени должно быть отражено в ее формулировке - идеальные устремления, которые помогут коллективу увидеть перспективы, или реальные возможности, обеспечивающие своевременность завершения очередного этапа на пути к желаемому будущему. Для того, чтобы правильно отразить в формулировке цели вкладываемый в нее смысл, необходимо изучать и учитывать закономерности целеобразования.

Чтобы облегчить процесс целеобразования применяют **закономерности целеобразования** и разрабатывают **методики структуризации целей и функций**.

Наиб вклад в исследование и формулирование закономерностей целеобразования внесли Л.А. Растринин и Ю.И. Черняк.

**Закономерность целеобразования.** Исследования процесса целеобразования в сложных системах философами, психологами и кибернетиками позволили сформулировать некоторые общие закономерности процессов обоснования и структуризации целей в конкретных условиях совершенствования сложных систем:

Зависимость представления о цели и формулировки цели от стадии познания объекта (процесса). Анализ понятия «цель» позволяет сделать вывод, что, формулируя цель, нужно стремиться отразить в формулировке или в способе представ-

ления цели ее активную роль в познании и в то же время сделать ее реалистичной, направить с ее помощью деятельность на получение определенного результата. При этом формулировка цели и представление о ней зависит от стадии познания объекта и в процессе развития представления об объекте цель может переформулироваться. Коллектив, формирующий цель, должен определить, в каком смысле на данном этапе рассмотрения объекта употребляется понятие цель, к какой точке «условной шкалы» («идеальное устремление в будущее» — «конкретный результат деятельности») ближе принимаемая формулировка цели.

Зависимость цели от внутренних и внешних факторов. При анализе причин возникновения цели нужно учитывать как внешние по отношению к выделенной системе факторы (внешние потребности, мотивы, программы), так и внутренние потребности, мотивы, программы («самодвижение» целостности). При этом цели могут возникать на основе противоречий как между внешними и внутренними факторами, так и между внутренними факторами, имевшимися ранее и вновь возникающими в находившейся в постоянном самодвижении целостности. Это очень важное отличие организационных «развивающихся», открытых систем от технических (замкнутых, закрытых) систем. Теория управления техническими системами оперирует понятием цели только по отношению к. внешним факторам, а в открытых, развивающихся системах цель формируется внутри системы, и внутренние факторы, влияющие на формирование целей, являются такими же объективными, как и внешние.

Возможность сведения задачи формирования общей (главной, глобальной) цели к задаче структуризации цели. Анализ процессов формулирования глобальной цели в сложной системе показывает, что эта цель возникает в сознании руководителя или коллектива не как единичное понятие, а как некоторая, достаточно «размытая» область. На любом уровне цель возникает вначале в виде «образа» цели. При этом достичь одинакового понимания общей цели всеми исполнителями, по видимому, принципиально невозможно без ее детализации в виде упорядоченного или неупорядоченного набора взаимосвязанных подцелей, которые делают ее понятной и более конкретной для разных исполнителей. Таким образом, задача формулирования общей цели в сложных системах должна быть сведена к задаче структуризации цели.

Следующие закономерности являются продолжением двух первых применительно к структурам цели.

Зависимость способа представления структуры целей от стадии познания объекта или процесса (продолжение первой закономерности). Наиболее распространенным способом представления структур целей является древовидная иерархическая структура. Существуют и другие способы отображения: иерархия со «слабыми» связями, табличное или матричное представление, сетевая модель. Иерархическое и матричное описание — это декомпозиция цели в пространстве, сетевая модель — декомпозиция во времени. Промежуточные подцели могут формулироваться по мере достижения предыдущей, что может использоваться как средство управления. Перспективным представляется развертывание иерархических структур во времени, т.е. сочетание декомпозиции цели в пространстве и во времени.

Проявление в структуре целей закономерности целостности. В иерархической структуре целей, как и в любой иерархической структуре, закономерность

целостности проявляется на каждом уровне иерархии. Применительно к структуре целей это означает, что достижение целей вышележащего уровня не может быть полностью обеспечено достижением подцелей, хотя и зависит от них, и что потребности, мотивы, программы, влияющие на формирование целей, нужно исследовать на каждом уровне иерархии.

## Лекция 2. Понятие системы и ее свойства

### Вопросы:

1. Понятие системы.
2. Свойства системы.
3. Основные категории систем.

### 1. Понятие системы.

Понятие системы уточняется и совершенствуется вместе с развитием науки. В первых определениях в той или иной форме говорилось о том, что **система** – это элементы и связи (отношения) между ними.

Например, основоположник теории систем Людвиг фон Берталанфи определял **систему** как комплекс взаимодействующих элементов или как совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой.

А. Холл определяет **систему** как множество предметов вместе со связями между предметами и между их признаками. Ведутся дискуссии, какой термин – «отношение» или «связь» – лучше употреблять.

Позднее в определениях системы появляется понятие цели. Так, в «Философском словаре» система определяется как «совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях между собой определенным образом и образующих некоторое целостное единство».

В последнее время в определение понятия системы наряду с элементами, связями и их свойствами и целями начинают включать наблюдателя, хотя впервые на необходимость учета взаимодействия между исследователем и изучаемой системой указал один из основоположников кибернетики У.Р. Эшби.

М. Масарович и Я. Такаха в книге «Общая теория систем» считают, что **система** – это «формальная взаимосвязь между наблюдаемыми признаками и свойствами». Таким образом, в зависимости от количества учитываемых факторов и степени абстрактности определение понятия «система» можно представить в следующей символической форме.

**Система** — совокупность элементов и отношений между ними.

### 2. Свойства системы.

**Система есть нечто целое:**

$$S=H(1,0),$$

где  $S$  — условное обозначение системы;

$H(1,0)$  — условное обозначение состояний системы;

1 — система обладает свойством целостности;

0 — система не обладает этим свойством.

**Система есть организованное множество:**

$S = (OPG, M)$ ,

где OPG — оператор организации;

M — оператор множества.

**Система есть множество вещей, свойств и отношений:**

$S = (m, n, r)$ ,

где m — вещи;

n — свойства; r — отношения.

**Система есть множество входов, выходов и состояний:**

$S = (e, ST, BE, E)$ ,

где e — элементы;

ST — структуры;

BE — поведение;

E — среда.

$S = (X, G, S, \delta, X)$ ,

где X — входы;

G — выходы;

S — состояния;

$\delta$  — функции переходов;

X — функции выходов.

**Система имеет генетическое (родовое) начало, условия существования, обменные явления, развитие, функционирование и репродукцию:**

$S = (GN, KD, MB, EV, FC, RP)$ ,

где GN — генетическое начало;

KD — условия существования;

MB — обменные явления;

EV — развитие;

FC — функционирование;

RP — репродукция.

**Система имеет свойства моделирования, связей, пересчитывания элементов, обучения, самоорганизации, возбуждения:**

$S = (F, SC, R, FL, FO, CO)$ , где F — моделирование;

SC — наличие связи;

R — пересчитывание;

FL — обучение;

FO — самоорганизация;

CO — возбуждение.

**Система функционирует во времени, имеет входы и выходы, состояния, классы функций на входах и выходах, связи между выходами и входами:**

$S = (T, X, G, S, Q, V, Z, \psi)$ ,

где T — время;

X — входы;

G — выходы;

S — состояния;

Q — классы функций на входе;

V — классы функций на выходе;

Z, ц — функциональные связи между выходом и входом.

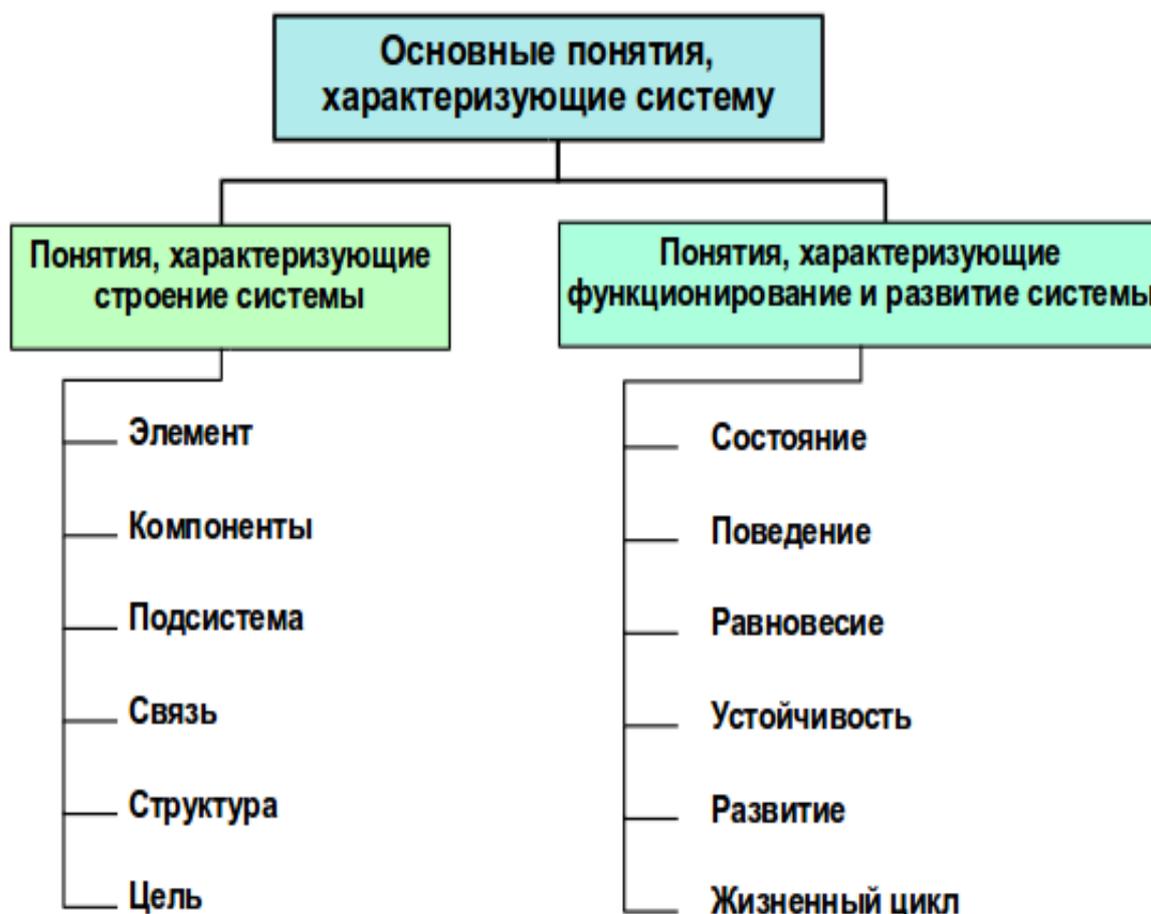
**Система учитывает цели, планы, ресурсы, исполнителей, процесс, помехи, контроль, управление, мотивацию, результат, эффективность.**

### 3. Основные категории систем.

Л. фон Бергаланфи:

**Система** – «комплекс взаимодействующих компонентов»;

**Система** – «совокупность элементов, находящихся в определенном отношении друг с другом и со средой»



**Элемент** – простейшая неделимая часть системы.

**Элемент** – это предел деления системы с точки зрения аспекта рассмотрения, решения конкретной задачи, поставленной цели.

**Компоненты** – совокупности однородных, по какому-либо признаку, элементов.

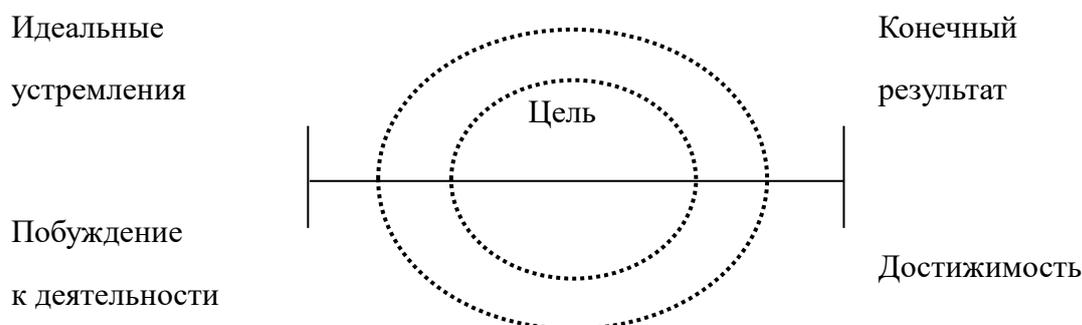
**Подсистема** – относительно независимая часть системы, обладающая ее свойствами, имеющая подцель.

**Связь** - ограничение степени свободы элементов, компонентов (физическая, информационная, мысленная, фиктивная).

**Связь бывает Прямая** (предназначена для заданной функциональной передачи ресурсов) и **Обратная** (выполняет функции управления процессами).

**Обратная** связь может быть положительная и отрицательная.

- **По направлению**
  - направленные
  - ненаправленные
- **По силе**
  - сильные
  - слабые
- **По характеру**
  - подчинения
  - порождения (генетические)
  - равноправные
  - управления
- **Структура** (от лат. «structure» строение, расположение, порядок) – отражает определенные взаимосвязи, взаиморасположение составных частей системы, ее устройство, строение.
- **Цель** – идеальное устремление, заранее мыслимый результат сознательной деятельности человека, группы людей ( М.Г. Макаров).



### Понятия, характеризующие функционирование и развитие системы

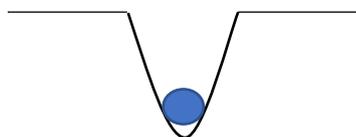
**Состояние** – множество существенных свойств системы в данный момент времени;

**Поведение** – способность системы переходить из одного состояния в другое ( $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow \dots$ );

**Равновесие** – способность системы в отсутствии внешних возмущающих воздействий сохранять свое состояние;



**Устойчивость** – способность системы возвращаться в состояние равновесие после того, как она была из этого состояния выведена под влиянием внешних возмущающих воздействий;



**Развитие** – переход системы на качественно новый уровень путем получения и использования новой информации новых знаний, изменения цели, структуры, функционирования, технологии управления и принятия решений);

**Жизненный цикл** – процесс изменения состояния системы от возникновения потребности в ней до ее «смерти» либо ликвидации (В.Н. Стцнадель, В.И. Николаев, И. Адизес).

### Лекция 3. Классификация систем

**Классификацией** называется распределение некоторой совокупности объектов на классы по наиболее существенным признакам. Признак или их совокупность, по которым объекты объединяются в классы, являются основанием классификации.

**Класс** – это совокупность объектов, обладающих некоторыми признаками общности.

Анализ существующих классификаций с учетом логических правил деления всего объема понятий, связанных с системами, позволяет сформулировать следующие требования к построению классификации:

- в одной и той же классификации необходимо применять одно и то же основание;
- объем элементов классифицируемой совокупности должен равняться объему элементов всех образованных классов;
- члены классификации (образованные классы) должны взаимно исключать друг друга, т. е. должны быть непересекающимися;
- подразделение на классы (для многоступенчатых классификаций) должно быть непрерывным, т. е. при переходах с одного уровня иерархии на другой необходимо следующим классом для исследования брать ближайший по иерархической структуре системы.

Для выделения классов систем могут использоваться различные классификационные признаки.

по **происхождению** выделяют естественные и искусственные системы.

Естественные системы, будучи продуктом развития природы, возникли без вмешательства человека. К ним можно отнести, например, климат, почву, живые организмы, солнечную систему и др. Появление новой естественной системы – большая редкость. Искусственные системы – это результат созидательной деятельности человека, со временем их количество увеличивается.

по **виду отображаемого объекта** – технические, биологические, социальные, экономические, комбинированные и др. Например, автомобиль – техническая система; человек – система биологическая; производственный коллектив – социальная система; производственное предприятие – экономическая система, включающая в качестве подсистем технические, социальные подсистемы и т. д.;

по **виду научного направления** – абстрактные (математические), физические (материальные). Математическая модель предприятия – это абстрактная система. Натурная модель предприятия – это система физическая.

**по виду формализованного аппарата** – детерминированные, статистические. Если в системе преобладают неслучайные процессы, явления, факторы, то говорят, что система детерминированная. Если процессы, протекающие в системе, зависят от факторов случайных и точно нельзя предсказать результат функционирования системы, то говорят, что система статистическая;

**по степени сложности** – простые, сложные. Автомобиль – это сложная система. Он состоит из целого ряда подсистем, связанных между собой. В свою очередь, каждая подсистема состоит из элементов. Человек очень сложная система. Сложной системой является также и вселенная. Простые системы, как правило, состоят из одного или нескольких элементов, связанных простыми отношениями;

**по степени открытости** — открытые, закрытые. Открытые системы, как правило, связаны с внешними системами верхнего, нижнего и смежного уровней. Эти системы организуются и функционируют с учетом внешних условий. Экономическая система России – это открытая система. Экономическая система государства, имеющего эмбарго, является закрытой или же условно закрытой системой;

**по степени организованности** – хорошо организованные, плохо организованные, самоорганизующиеся. Управляемая система, работающая без сбоев, – это система хорошо организованная. Управление такой системой осуществляется внешним органом. Если внешнего органа управления нет, и система сама определяет себе цели, задачи, реализует функции управления, то это система самоорганизующаяся.

**по виду деятельности** – системы выработки и принятия решений; планирования деятельности и т. д.;

**по принадлежности к тем или иным системам управления** – автоматические системы управления, автоматизированные системы управления. Например, техническая система регулирования подачи топлива в котлы ТЭЦ (при изменении температуры наружного воздуха) является автоматической системой. Она функционирует без вмешательства человека. Автоматизированная система – система, в контур управления которой включен человек. Примером такой системы может быть транспортное средство;

**по структуре** – системы последовательные, параллельные, линейные, кольцевые, звездные, шинные, иерархические, смешанные. Характерными примерами таких систем являются системы электроснабжения, автоматизированные информационные системы, работающие в сетях и др.;

**по наличию обратной связи** – разомкнутые, замкнутые. Разомкнутые системы не имеют обратной связи. Для таких систем действует принцип “что-то сделал и забыл”. Например, экономическая система, в которой не осуществляется анализ рынка. Эту систему можно классифицировать как разомкнутую, или же условно разомкнутую. Система, при выработке управляющих воздействий в которой учитывается состояние рынка, будет замкнутой;

**по расположению системы** в иерархической структуре – системы верхнего уровня; нижнего уровня; смежные системами. Если рассматривать в качестве экономической системы, например, отрасль, то можно выделить смежные предприятия, предприятия, выпускающие аналогичную продукцию, – смежные

системы. Предприятия-поставщики в отрасли – системы нижнего уровня. Системы верхнего уровня – это министерства или управляющие компании;

*по важности выполняемых задач* – основные; вспомогательные; обеспечивающие и резервные системы. Если предприятие рассматривать как совокупность систем (подсистем), то основное производство – основная система, вспомогательное производство – вспомогательная система. Резервное производство (такое может быть в ряде случаев) – резервная система;

*по наличию антагонистических противоречий целей* – противоборствующие; конкурирующие; взаимодействующие с единой целью (действующие совместно); взаимодействующие с различными целями. Например, системы, участвующие в вооруженной борьбе или же в каких-либо экономических операциях, являются противоборствующими. Предприятия, принадлежащие различным собственникам и выпускающие один и тот же вид продукции, являются, как правило, конкурирующими. Предприятия – поставщики материалов и комплектующих изделий на предприятие своей отрасли являются системами, взаимодействующими с единой целью. Если поставки осуществляются предприятиями различных отраслей, то цели могут быть различны;

*по уровню реализации функций управления* системы могут быть управляющими и управляемыми. Управляющая компания в холдинге – это управляющая система. Все остальные предприятия, входящие в холдинг, – управляемые системы.

## Лекция 4. Измерения и шкалы

### Вопросы:

1. Понятие шкалы, измерения, виды шкал.
2. Типы шкал, фиксирующих процессы преобразования в системах.

### 1. Понятие шкалы, измерения, виды шкал.

При моделировании сложной системы возникают проблемы, решить которые можно лишь на основе количественной оценки ее состояния. Под оценкой понимают результат, получаемый в ходе процесса сопоставления качественных или количественных характеристик (состояния) исследуемой системы со значениями соответствующих шкал.

В основе любого наблюдения и анализа лежат измерения.

**Измерение** - это алгоритмическая операция, которая данному наблюдаемому состоянию объекта ставит в соответствие определенное обозначение: число, номер или символ.

*Измерение* – это процедура, с помощью которой измеряемый объект сравнивается с некоторым эталоном и получает числовое выражение в определенном масштабе и шкале. Ядов В.А.

Такое соответствие обеспечивает то, что результаты измерений содержат информацию о наблюдаемой системе, количество же информации зависит от степени полноты этого соответствия и разнообразия вариантов. Нужная нам информация получается из результатов измерения с помощью их преобразований, или, как еще говорят, с помощью обработки экспериментальных данных.

Множество обозначений, используемых для регистрации состояний наблюдаемого объекта, называется **измерительной шкалой**.

## Виды шкал измерений

Суть измерения состоит в том, что текущему состоянию объекта ставится в соответствие некоторое число, порядковый номер или символ.

Совокупность таких чисел, номеров или символов и называется шкалой измерений.

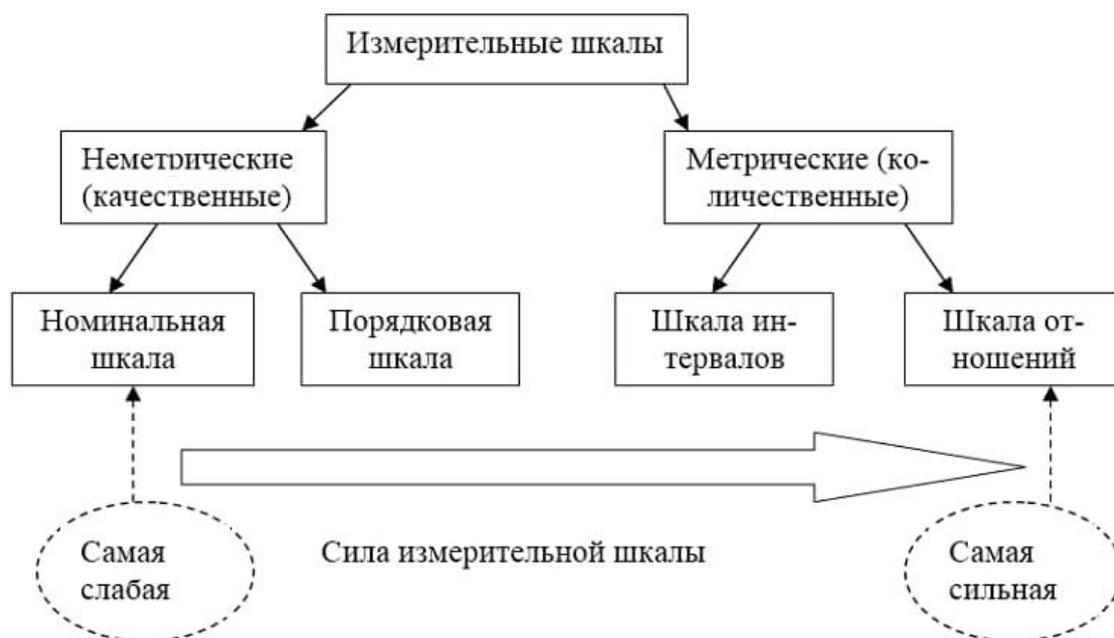


Рис. 1. Классификация измерительных шкал

Классификация измерительных шкал.

По своему **типу** выделяют следующие виды шкал:

- номинальная (наименований);
- порядковая;
- интервальная;
- отношений;
- абсолютная.

Шкалы также относят к одной из двух групп:

- качественные, для которых не существует единиц измерений;
  - номинальная;
  - порядковая;
- количественные, выражающие значения в определенных единицах;
  - интервалов;
  - отношений;
  - абсолютная.

Шкалы также делятся по их **силе**. Чем больше сведений об объекте измерений можно извлечь из результатов измерений по ней. Самыми сильными считаются абсолютные шкалы, самыми слабыми — номинальные. Иногда исследователи усиливают шкалу, характерным примером является «оцифровка» номинальных шкал. Качественным признакам присваивают некое их числовое выражение. Это облегчает обработку результатов, особенно компьютерную. Важно помнить, что оцифровка не придает качественным признакам всех свойств,

которыми обладают числа. К такой шкале можно применять операции сравнения, но нельзя — сложения, вычитания и т.п.

## 2. Типы шкал, фиксирующих процессы преобразования в системах

Существует шесть типов шкал измерений: номинальная, порядковая, интервальная, относительная и дихотомическая.

**Номинальная шкала** (*nominal scale*) — шкала, содержащая только категории; данные в ней не могут упорядочиваться, с ними не могут быть произведены никакие арифметические действия.

Номинальная шкала состоит из названий, категорий, имен для классификации и сортировки объектов или наблюдений по некоторому признаку.

*Примеры такой шкалы: профессия, город проживания, семейное положение, группа крови. У человека может быть только одна группа крови, для этой шкалы применимы только такие операции: равно (=), не равно (≠).*

**Порядковая шкала** (*ordinal scale*) — шкала, в которой числа присваивают объектам для обозначения относительной позиции объектов, но не величины различий между ними.

Шкала измерений дает возможность ранжировать значения переменных. Измерения же в порядковой шкале содержат информацию только о порядке следования величин, но не позволяют сказать, «на сколько одна величина больше другой» или «на сколько она меньше другой».

*Примеры такой шкалы: место (1, 2, 3-е), которое команда получила на соревнованиях, номер студента в рейтинге успеваемости (1-й, 23-й, и т. д.), при этом неизвестно, насколько один студент успешней другого, известен лишь его номер в рейтинге. Расположение людей в строю по росту. Иванов больше Сидорова, а Сидоров больше Кузнецова. Из этих данных можно сделать вывод о том, что Иванов выше Кузнецова, но нельзя определить, насколько именно.*

Для этой шкалы применимы только такие операции: равно (=), не равно (≠), больше (>), меньше (<).

**Интервальная шкала** (*interval scale*) — шкала, разности между значениями которой могут быть вычислены, однако их отношения не имеют смысла.

Эта шкала позволяет находить разницу между двумя величинами, обладает свойствами номинальной и порядковой шкал, а также позволяет определить количественное изменение признака.

*Пример такой шкалы: температура воды в море утром 19 °С, вечером — 24 °С, т. е. вечерняя температура на 5 °С выше, но нельзя сказать, что она в 1,26 раз выше.*

*Принятое у людей исчисление времени. Период оборота Земли вокруг Солнца делится на 365 дней, дни делятся на часы, далее на минуты и секунды. Мы можем соотнести событие с одним из таких интервалов: «эта статья была написана в 2019 году» или «Дождь начнется в 14 часов»*

Номинальная и порядковая шкалы являются дискретными, а интервальная шкала — непрерывной, она позволяет осуществлять точные измерения признака и производить арифметические операции сложения, вычитания, умножения, деления.

Для этой шкалы применимы только такие операции: равно (=), не равно ( $\neq$ ), больше ( $>$ ), меньше ( $<$ ), операции сложения (+) и вычитания (-).

**Относительная шкала** (*ratio scale*) — шкала, в которой есть определенная точка отсчета и возможны отношения между значениями шкалы.

*Пример такой шкалы:*

— вес новорожденных детей (4 кг и 3 кг). Первый в 1,33 раза больше второго.

— цена картофеля в супермаркете выше в 1,2 раза, чем цена на рынке.

Для этой шкалы применимы только такие операции: равно (=), не равно ( $\neq$ ), больше ( $>$ ), меньше ( $<$ ), операции сложения (+) и вычитания (-), умножения (\*) и деления (/).

Относительные и интервальные шкалы являются числовыми.

**Дихотомическая шкала** (*dichotomous scale*) — шкала, содержащая только две категории.

*Пример такой шкалы: пол (мужской и женский).*

**Абсолютная шкала**

Абсолютная шкала занимает высшую ступень в шкальной иерархии. Единицы их естественные и не основаны на соглашениях и допущениях. Кроме того, эти единицы не имеют размерности, не служат производными системы СИ или какой-либо другой. Они всегда безразмерны:

- разы;
- проценты;
- доли;
- полные углы.

Абсолютные подразделяют на

- ограниченные. Диапазон от 0 до 1. Сюда относятся КПД, оптические коэффициенты поглощения т.д.
- неограниченные – предел упругости, коэффициент усиления в радиотехнике и т.д. Все они нелинейные и не имеют единиц измерений.

Пример использования разных шкал для измерений свойств различных объектов, приведен в табл. 1.1.

Таблица 1

**Множество измерений свойств различных объектов**

Номер объекта	Профессия (номинальная шкала)	Средний бал (интервальная шкала)	Образование (порядковая шкала)
1	Слесарь	22	Среднее
2	Ученый	55	Высшее
3	Учитель	47	Высшее

Пример использования различных шкал для измерений свойств одной системы (в данном случае температурных условий) приведен в табл. 1,2.

Таблица 2

Дата измерения	Облачность (номинальная шкала)	Температура в 8 часов утра (интервальная шкала), °С	Сила ветра (порядковая шкала)
1 сентября	Облачно	22	Сильный
2 сентября	Пасмурно	17	Слабый
3 сентября	Ясно	23	Очень сильный

Таким образом, номинальная шкала описывает объекты или наблюдения в терминах качественных признаков. На один шаг далее идут порядковые шкалы, позволяющие упорядочивать наблюдения или объекты по определенной характеристике. Интервальные и относительные шкалы более сложны, в них возможно определение количественного значения признака. По мере возрастания силы шкалы увеличивается конкретность информации об объекте.

## Лекция 5: Системы управления (СУ)

### Вопросы:

1. Понятие процесса управления системой.
2. Виды систем управления.
3. Анализ СУ. Понятие, цели и задачи анализа.
4. Управление в организационно-экономических системах.

### 1. Понятие процесса управления системой.

Благодаря постоянным потокам информации (от системы к окружающей среде и наоборот) система осуществляет целесообразное взаимодействие с окружающей средой, т.е. управляет или бывает управляема. Информация стала средством не только производства, но и управления.

Своевременная и оперативная информация может позволить стабилизировать систему, приспособляться и(или) адаптироваться, восстанавливаться при нарушениях структуры и(или) подсистем. От степени информированности системы, от богатства опыта взаимодействия системы и окружающей среды зависит развитие и *устойчивость* системы.

Информация обладает также определенной избыточностью: чем больше сообщений о системе, тем полнее и точнее она управляется.

Суть задачи *управления системой* - отделение ценной информации от «шумов» (бесполезного, иногда даже вредного для системы возмущения ин-

формации) и выделение информации, которая позволяет этой системе существовать и развиваться.

*Управление в системе* - внутренняя функция системы, осуществляемая независимо от того, каким образом, какими элементами системы она должна выполняться.

*Управление системой* - выполнение внешних функций управления, обеспечивающих необходимые условия функционирования системы (рис. 1).



Рис. 1. Общая схема управления системой

*Управление системой* (в системе) используется для различных целей:

1. увеличения скорости передачи сообщений;
2. увеличения объема передаваемых сообщений;
3. уменьшения времени обработки сообщений;
4. увеличения степени сжатия сообщений;
5. увеличения (модификации) связей системы;
6. увеличения информации (информированности).

Как правило, эти цели интегрируются.

В целом информация используется для двух основных глобальных целей: сохранения стабильного функционирования системы и перевода системы в заданное целевое состояние.

*Управление любой системой* (в любой системе) должно подкрепляться необходимыми ресурсами - материальными, энергетическими, информационными, трудовыми и организационными (административного, экономического, правового, гуманитарного, социально-психологического типа). При этом характер и степень активизации этих ресурсов может повлиять (иногда лишь косвенно) и на систему, в которой информация используется. Более того, сама информация может быть зависима от системы.

*Пример.* В средствах массовой информации правительство чаще ругают, актеров чаще хвалят, спортсменов упоминают обычно в связи со спортивными результатами, прогноз погоды бывает, как правило, кратким, новости политики - официальными.

**Управление** - непрерывный процесс, который не может быть прекращен, т.к. движение, поток информации в системе не прекращается.

## 2. Виды систем управления

В общих чертах в процессе управления можно выделить три основные этапа:

- сбор и анализ информации, необходимой для управления;
- принятие решения о целесообразном управляющем воздействии;
- реализация решения – выработка и применение к ОУ управляющих воздействий.

В зависимости от степени участия человека в процессе управления различают следующие **виды систем управления**:

- системы ручного управления. В этих системах человек выполняет все функции управления. При этом не исключается применение механизмов для реализации управляющих воздействий, каких-либо инструментов для сбора информации (например, измерения параметров объекта управления);

- системы автоматического управления (САУ). В этих системах управляющая часть – УС не содержит в себе человека, выработка управляющих воздействий выполняется автоматически на основе запрограммированных алгоритмов поведения системы. Человек присутствует на этапе создания алгоритмов и программ, которые и отражают в себе цель управления.

*Пример.* Первыми автоматическими системами управления были автоматические регуляторы температуры паровых котлов на паровозах, которые отслеживали значение контролируемых параметров и вносили поправку при отклонении их от заданной величины. Характерными и достаточно сложными примерами современных САУ являются автоматические системы управления полетами, применяемые в гражданской или военной авиации. Перспективы развития САУ связаны с использованием в них методов искусственного интеллекта, позволяющие осуществлять автоматическое управление в сложных, изменяющихся условиях, при недостатке или неточности имеющейся информации, подстраиваясь под особенности окружающей среды и объекта управления;

- автоматизированные системы управления (АСУ). В АСУ человек остается главным действующим лицом процесса управления. Можно выделить два основных **канала автоматизации**, в которых ряд функций от человека передается ПК: **информационный** канал (автоматизация сбора, представления, анализа информации); **управляющий канал** (автоматизация генерации, передачи и применения управляющих воздействий).

*Пример.* Широкое применение АСУ находят в управлении организационно-экономическими системами (предприятиями), где процессы управления отличаются значительной сложностью и связаны с большими объемами используемой информации. Такие АСУ сами отличаются сложностью структуры и наличием большого числа подсистем, выполняющих различные функции. К числу подсистем комплексной АСУ предприятием относятся системы поддержки принятия решений (СППР). Эти системы предназначены для автоматизации наименее формализуемого и наиболее интеллектуального этапа процесса управления, связанного с принятием решений о необходимых воздействиях на ОУ. Функционирование СППР в зависимости от объема выполняемых функций опирается на методы аналитической и интеллектуальной обработки данных (факторный, корреляционный и другие виды анализа, технологии OLAP, Data Mining), методы экспертных систем, ситуационного управления и др.

В контексте экономических информационных систем наибольший интерес представляют системы управления предприятиями.

### 3. Анализ систем управления. Понятие, цели и задачи анализа

Под *анализом систем управления (СУ)* понимается процесс исследования системы управления, основанный на ее декомпозиции с последующим определением статических и динамических характеристик составляющих элементов, рассматриваемых во взаимосвязи с другими элементами системы и окружающей средой.

**Цели анализа** системы управления:

- детальное изучение системы управления для более эффективного использования и принятия решения по ее дальнейшему совершенствованию или замене;
- исследование альтернативных вариантов вновь создаваемой системы управления с целью выбора наилучшего варианта.

**К задачам анализа** системы управления относятся:

- 1) определение объекта анализа;
- 2) структурирование системы;
- 3) определение функциональных особенностей системы управления;
- 4) исследование информационных характеристик системы;
- 5) определение количественных и качественных показателей системы управления;
- 6) оценка эффективности системы управления;
- 7) обобщение и оформление результатов анализа.

### 4. Управление в организационно-экономических системах

Система управления предприятием является иерархической системой, в которой выделяются различные уровни управления (рис.2), соответствующие организационной структуре самого предприятия.

По функциональному признаку выделяют **следующие уровни управления**:

- первый (низший) уровень управления. Здесь осуществляется сбор, обработка, передача на верхний уровень информации, а также управление непосредственными исполнителями производственных задач, оборудованием с учетом команд верхнего уровня.

- уровень оперативного управления - учет и анализ информации (об имеющихся ресурсах, выполнении производственных заданий), координация работы низших уровней, оперативная корректировка режимов работы и контроль качества, передача информации на верхний уровень;

- уровень планирования (стратегический уровень) – управление и контроль работы уровня оперативного управления, формирование планов (принятия решений по планированию и реорганизации), общий контроль работы предприятия.

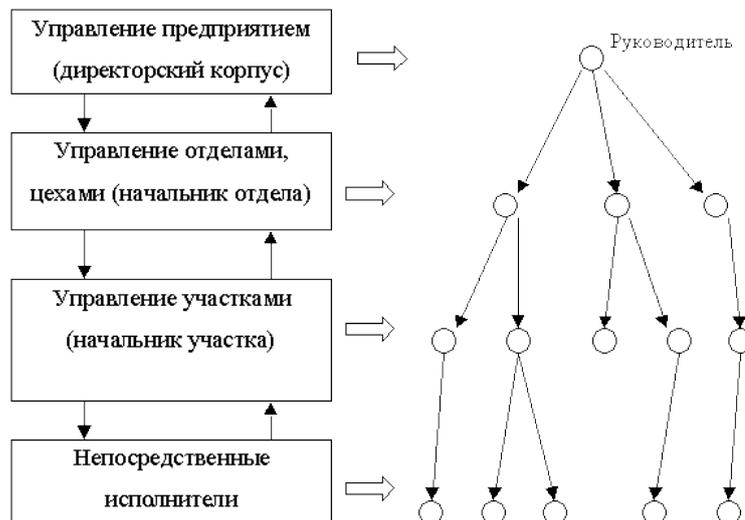


Рис. 2. Иерархическая система управления предприятием

На каждом уровне выделяются собственные *субъекты* и *объекты* управления. Для каждого уровня и для управления предприятием в целом характерно наличие следующих основных этапов – фаз управления (в зависимости от уровня объемы задач в этих фазах, способы их решения будут, очевидно, различны:

- планирование - разработка долгосрочных и краткосрочных планов работы предприятия, составление календарных планов выполнения мероприятия, планов финансирования, планов производства, закупок, продаж и т.п.;

- учет - сбор данных о деятельности предприятия и, возможно, внешних элементов и элементов среды;

- анализ - обработка результатов учета, т.е. учитываемых данных;

- регулирование - выработка и реализация решений по регулированию деятельности предприятия с целью достижения плановых показателей. Решения принимаются на основе различных видов анализа, сравнения фактических значений показателей с плановыми, анализа взаимного влияния показателей, сравнения с другими предприятиями, с работой предприятия в иной период и т.п. В результате анализа принимаются решения о регулировании деятельности подразделений предприятия и (или) регулировании принятых ранее планов.

## Лекция 6. Модели и моделирование

### Вопросы:

1. Понятие модели системы.
2. Способы описания систем.

1. Понятие модели системы.

Центральным понятием системного анализа является понятие *системы*. При описании процедуры проведения системного анализа было отмечено, что

одной из составных частей этого процесса является формализация описания системы, т.е. построение ее модели.

Понятие модели системы играет важную роль в проведении системных исследований любой направленности. Модель - это искусственно создаваемый образ конкретного объекта, процесса или явления, в конечном счете, любой системы. Понятие модели связано с наличием какого-либо сходства между выбранными объектами, один из которых является оригиналом, а другой - его образом, выполняющим роль модели. Модели являются всегда упрощенным описанием системы.

Модель - это отображение реальной системы (оригинала), имеющее определенное объективное соответствие ей и позволяющее прогнозировать и исследовать ее функциональные характеристики, т.е. характеристики, определяющие взаимодействие системы с внешней средой.

При составлении модели отражают отдельные стороны функционирования системы, т.е. то специфичное, что направлено на решение поставленной целевой установки общей задачи системного анализа. Сходство двух объектов с точки зрения выполнения каких-либо функций, целей или задач позволяет утверждать, что между ними существует отношение оригинала и модели. В задачах системного исследования первоочередной интерес представляет сходство поведения модели и объекта, выраженное на каком-либо формальном языке и изучаемое путем преобразований соответствующих формул или высказываний. Так приходим к понятию математической модели, являющейся основой аналитических исследований и имитационных экспериментов на ПК.

Выделяют следующие **классы** моделей, имеющих принципиальное различие по построению.

**Детерминированные** модели описывают поведение систем с позиций полной определенности состояний системы в настоящем и будущем. Примерами таких моделей являются описания физических закономерностей, формулы, описывающие взаимодействие химических веществ, программы обработки деталей и т.д. Детерминированный подход находит применение при решении задач планирования транспортных перевозок, при составлении расписаний, планировании и распределении ресурсов, в задачах материально-технического снабжения, в планировании производства.

**Вероятностные** модели описывают поведение системы в условиях воздействия случайных факторов. Следовательно, такие модели оценивают будущие состояния системы с позиций вероятностей реализации тех или иных событий. Примерами вероятностных моделей являются описание времени ожидания, обслуживания или длины очереди в системах массового обслуживания, модели расчета надежности системы, модели определения риска от наступления нежелательного события и пр.

**Игровые** модели дают возможность изучать конфликтные ситуации, в которых каждая из конфликтующих сторон придерживается своих взглядов, и характер поведения каждой из них диктуется личными интересами. Примерами таких систем являются отношения двух или нескольких производителей одинакового товара. Их поведение на рынке обусловлено интересами каждой из сторон. Как правило, эти отношения имеют характер конкурентной борьбы.

Широкое применение математических моделей в задачах системного анализа обусловлено универсальностью подхода к анализу как систем в целом, так и явлений и процессов, происходящих в них, способностью отразить все разнообразие закономерностей их развития и

поведения. При применении математического моделирования появляется возможность проведения глубокого анализа задачи, обнаружения ошибок и корректировки исходных постулатов. При этом затраты на проведение исследований существенно меньше по сравнению с аналогичными исследованиями на реальных объектах. Если к тому же учесть, что ряд исследований на реальных объектах провести нет возможности либо по причине физической нереализуемости, либо ввиду больших материальных затрат, либо ввиду нежелательных последствий, наступаемых в результате завершения исследований, то становится понятным, что исследование на математических моделях является чуть ли не единственным способом решения поставленных задач. Такие исследования проводят исключительно на моделях.

При составлении моделей проявляются знания, опыт, интуиция и квалификация системных аналитиков. Создание модели требует четких представлений о роли моделируемых систем в решении поставленной задачи системного анализа, об их особенностях, о предполагаемом использовании результатов системных исследований. Математические модели могут иметь вид формул, систем уравнений или неравенств, логических выражений, графических образов, отражающих зависимость между выходными параметрами, состояниями системы, входными параметрами и управляющими воздействиями.

Анализируемая система может быть описана разными моделями, каждая из которых обладает характерными свойствами и пригодна для решения лишь определенного круга задач, относящихся к структуре и функционированию системы. Рассмотрим основные виды моделей систем и способы их построения.

## **2. Способы описания систем.**

### **Модель черного ящика**

Наиболее простой, грубой формой описания системы является представление ее в виде черного ящика, которое имеет следующие особенности. Во-первых, такое представление не раскрывает внутренней структуры, внутреннего устройства системы. Оно лишь выделяет систему из окружающей среды, подчеркивает ее целостное единство, во-вторых, такое представление говорит также о том, что система хотя и является обособленной, выделенной из среды, но, тем не менее, она не является изолированной от нее.

Действительно, планируемая цель предполагает, что в конечном итоге будут произведены изменения в системе, которые будут оказывать воздействия на внешнюю среду. Любая система работает на какого-либо внешнего потребителя. Иными словами, система связана со средой и с помощью этих связей воздействует на среду. Таким образом, можно заключить, что у системы есть выходы. Выходы системы отражают ее целевое предназначение. С другой стороны, система является средством, с помощью которого достигаются те или иные цели. Следовательно, должны существовать возможности воздействия на систему, управления системой. Эти связи направлены из среды в сторону системы. Такие воздействия называются входами системы. В результате такого представления получилась модель системы, которая называется черным ящиком (рис. 1). Это название подчеркивает полное отсутствие сведений о внутреннем содержании модели. В данном представлении задаются только связи модели с внешней средой в виде входных и выходных воздействий. Такая модель, несмотря на внешнюю простоту, бывает полезной для решения определенного круга задач.

В модели черного ящика входы и выходы могут иметь качественное, словесное описание. Тогда и сама модель будет качественной. В реальных ситуа-

циях для построения модели требуется количественное описание входов и выходов. В этом случае формируются множества входных —  $X$  и выходных —  $Y$  переменных.

В общем виде математическое описание исследуемой системы может быть выражено зависимостью

$$\{Y\} = \Phi[\{X\}, \{Z\}, \{V\}],$$

где  $\{Y\}$ - ( $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ ) - множество векторов выходных переменных системы. В качестве выходных переменных, как правило, используются критерии, отражающие цели исследования. Под критерием понимают целевые функции, параметры оптимизации и т.д. В общем случае множество входных переменных подразделяют на три класса:  $\{X\} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ - множество векторов входных контролируемых управляемых независимых переменных (факторов), действующих на процессы;  $\{Z\} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_n)$  – множество векторов входных контролируемых, но неуправляемых независимых переменных;  $\{V\} = (V_1, V_2, \dots, V_n)$  - множество векторов неконтролируемых возмущающих воздействий;  $\Phi$  - оператор системы, определяющий связь между указанными величинами. Отметим, что в модели черного ящика оператор системы, определяющий связь между указанными величинами, не исследуется.

Модель черного ящика является начальным этапом изучения сложных систем.

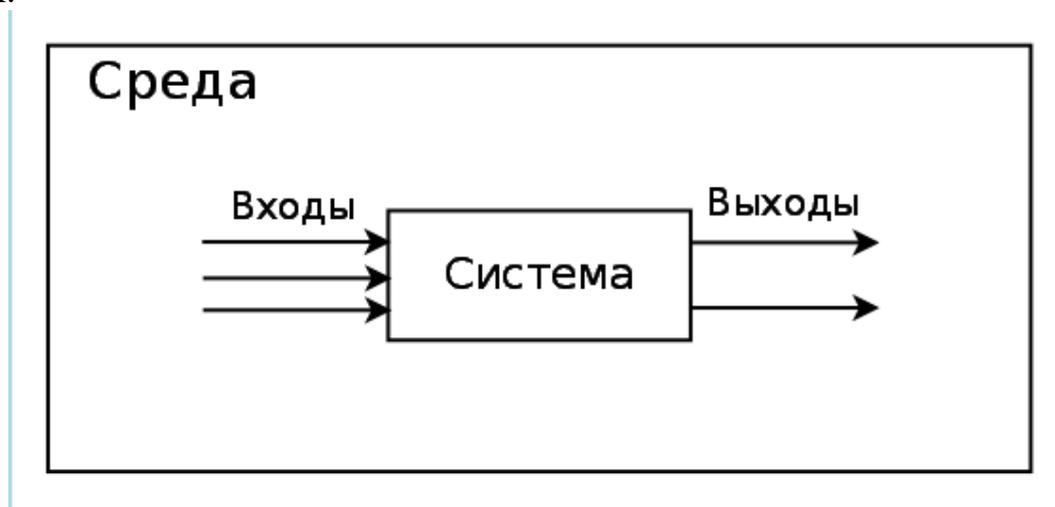


Рис. 1. Представление системы в виде черного ящика

Следовательно, можно сделать вывод о том, что построение модели черного ящика не является тривиальной задачей. Вопрос о том, сколько именно и какие входы и выходы необходимо включать в модель, не имеет простого и однозначного ответа. С одной стороны, выполнение только основной цели недостаточно, необходимо учитывать дополнительные цели. С другой стороны, встает вопрос, сколько дополнительных целей необходимо учитывать, где требуется остановиться. Критерия не существует. Здесь выбор полностью ложится на исследователя и зависит от его опыта и компетенции.

Модель "черного ящика" рассмотрим на примере хозяйствующей организации (предприятия). На рис. 4.2 приведена структура окружающей среды производственного предприятия, а также основные связи предприятия с окружающей средой.

Для производственной деятельности необходимо привлечение капитала, будь то в форме акций или заемного капитала (1). Ликвидные средства позволяют предприятию задействовать производственные факторы (2), т. е. сырье, материалы, оборудование, которые в процессе производства преобразуются в готовые изделия.

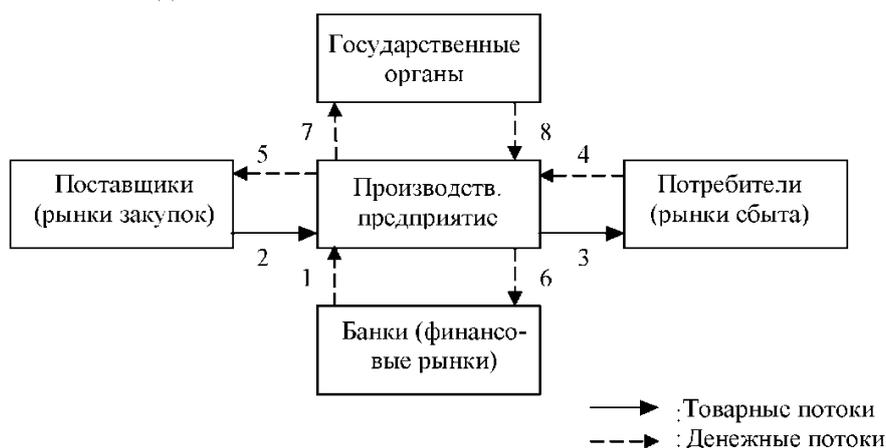


Рис. 2. Отношения предприятия с окружающей средой

Сбыт продукции (3) предприятиям или личным хозяйствам дает предприятию поступления (4), которые необходимы для погашения задолженности на рынке закупок, оплаты труда и т. д. (5). Проценты на заемный капитал и образующиеся излишки выплачиваются инвесторам (6), кроме того, государству выплачиваются налоги и сборы (7). С другой стороны, государство может предоставлять предприятию дотации (8).

### Модель состава системы

В том случае, когда системного аналитика интересуют вопросы внутреннего устройства системы, модели черного ящика оказываются недостаточно. Для решения данного вопроса необходимо разрабатывать более детальные, более развитые модели. Одной из разновидностей таких моделей, раскрывающей внутреннее содержание системы, является модель состава системы.

Свойства системы, отображенные в модели черного ящика, целостность и обособленность, являются внешними свойствами. Внутреннее содержание системы в модели черного ящика не рассматривается. Но именно внутреннее содержание ящика оказывается неоднородным. В структуре системы можно выделить различные элементы, подсистемы, компоненты системы. В зависимости от цели, для решения которой строится модель, один и тот же объект может быть определен и в качестве элемента, и в качестве подсистемы.

При рассмотрении любой системы, прежде всего, обнаруживается, что ее целостность и обособленность выступают как внешние свойства. Вместе с тем внутренняя структура системы также является многообразной, неоднородной и состоит из множества функциональных элементов. Декомпозиция внутренней структуры "черного ящика" на более мелкие составляющие (подсистемы, отдельные элементы) позволяет строить модели состава систем.

Например, если в качестве системы рассматривать производственное подразделение, то в качестве подсистемы выступают производственные участки, а в качестве отдельных элементов - оборудование, сырье, рабочие. Система телевидения состоит из следующих подсистем: аппаратура передачи, каналы связи, аппаратура приема.

Построение модели состава в силу многообразия природы и форм элементов - сложный процесс, что объясняется тремя факторами:

- 1) неоднозначностью понятия "элементарного элемента";
- 2) многоцелевым характером объекта, объективно требующим выделения под каждую цель соответствующего ей состава;
- 3) условностью (субъективностью) процедуры деления целого на части (системы на подсистемы, элементы).

Границы между системой и внешней средой определяются целями построения модели и не имеют абсолютного характера. Таким образом, модель состава ограничивается снизу теми объектами, которые приняты в качестве элементов, а сверху - границей системы, определяемой целями анализа.

### **Модель структуры системы**

Следующий тип модели, который еще глубже характеризует внутреннюю композицию системы, называется моделью структуры системы. Модели данного типа наряду с характеристикой состава системы отражают взаимосвязи между объектами системы: элементами, частями, компонентами и подсистемами. Таким образом, модель структуры системы является дальнейшим развитием модели состава. Для того чтобы отразить композицию системы, недостаточно перечислить ее состав; необходимо установить между элементами определенные связи, отношения.

При рассмотрении модели структуры системы приходится сталкиваться с аналогичными особенностями, о которых уже частично шла речь ранее, а именно, анализируя реальные системы, можно констатировать, что между объектами, входящими в состав системы, имеется большое количество отношений. В любой структуре реализуется бесконечность природы. Отношения между элементами могут быть самыми разнообразными. Однако можно попытаться их классифицировать и по возможности перечислить. Трудность состоит в том, что заранее не известно, какие отношения реально существуют, и является ли их число конечным. Задача аналитика заключается в следующем: из множества реально существующих отношений между объектами, вовлеченными в систему, отобрать наиболее существенные. Критерием существенности отношений должна выступать опять же цель, для достижения которой строится модель. Таким образом, модель структуры является очередным шагом в развитии модели систем, описывающей существенные связи между элементами.

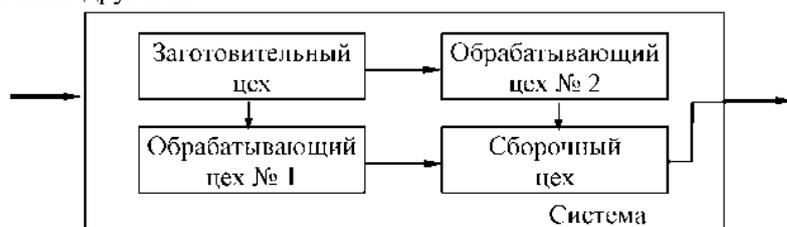
Развивая модели описания системы от модели черного ящика до модели структуры, приходим к описанию системы в виде структурной схемы. Структурная схема отражает, как правило, статическое состояние системы. В ней указываются все существенные с точки зрения выполнения поставленной цели элементы системы, все связи между элементами внутри системы и связи с окружающей средой - то, что названо входами и выходами. Для изображения структурной схемы абстрагируются от содержательной стороны схемы, оставив в рассматриваемой модели только общее для каждой схемы.

В результате получается модель, в которой отмечено только наличие элементов и связей между ними. Как было отмечено в п. 2.2., для такого представления используют изображение в виде графа. На графе элементы отображаются в виде вершин, связи между элементами - в виде дуг. Если связи в схеме направлены, они изображаются стрелками, и тогда граф будет направлен-

ным или ориентированным. Если направление связей не обозначается, граф называется неориентированным. Для изображения и преобразования структур разработана специальная математическая дисциплина-теория графов, задачи которой связаны с различными преобразованиями графов, с рассмотрением различных отношений на графах. Отношения могут быть отражены в виде весовых характеристик, рангов, вероятностных характеристик и т.п.

Таким образом, еще раз отметим, что структурная схема системы является наиболее подробной моделью, отражающей статическое состояние системы. Однако для решения задач системного анализа статические структуры имеют важное, но, как правило, вспомогательное значение. Большинство задач системного анализа связано с изучением либо характеристик системы, либо с прогнозированием развития системы во времени, либо с анализом возможных траекторий развития и т.п. Короче говоря, цели большинства задач системного анализа связаны с изучением динамики системы, ее динамического поведения. В этом случае появляется необходимость построения новых моделей - динамических.

В формализованном виде производственно-технологическая структура представляется в виде графа типа "сеть" (рис. 5), где вершины - "элементарные" хозяйственные подразделения, реализующие процессы преобразования ресурсов в конечные (промежуточные) продукты, а дуги - промежуточные продукты либо другие ресурсы, производимые (представляемые) одними подразделениями и потребляемые другими.



### Динамические модели систем

Динамические модели отражают поведение систем, описывают происходящие с течением времени изменения, последовательность операций, действий, причинно-следственные связи. Системы, в которых происходят какие бы то ни было изменения со временем, называются динамическими, а модели, отображающие эти изменения, - динамическими моделями систем.

Говоря о динамике систем, следует остановиться на двух типах динамических процессов - это функционирование и развитие. Под функционированием понимают процессы, которые происходят в системе, стабильно реализующей фиксированную цель. Развитием называют изменения, происходящие с системой при смене ее целей. Характерной чертой развития является то обстоятельство, что изменение цели, как правило, с неизбежностью приводит к изменению всей системы. Это касается либо изменения структуры, либо изменения состава системы, иногда приходится проводить коренную перестройку системы. Таким образом, при построении динамических моделей на первом шаге анализируют тип отображаемого изменения системы, который хотят описать. Далее приступают к анализу происходящих изменений с целью более конкретного отображения динамики анализируемых процессов. На этом этапе вычленяют части, этапы происходящего процесса, рассматривают их взаимосвязь.

Заключительный этап построения динамической модели системы состоит в более глубокой формализации процессов, иными словами, в построении математического описания анализируемых процессов. При построении модели черного ящика был записан функционал, отображающий зависимость выхода системы от ее входов, в виде

$$\{Y\} = \Phi[\{X\}, \{Z\}, \{V\}] .$$

Было отмечено, что в модели черного ящика характер зависимости или вид функционала не исследуется. Решение этого вопроса является задачей настоящего этапа.

Для построения математической модели динамического поведения системы вводится понятие состояния системы. Состояние системы есть некоторая внутренняя характеристика системы, значение которой в настоящий момент времени определяет значение выходной величины. Состояние можно рассматривать как некий информационный объект, необходимый для предсказания влияния настоящего на будущее. Состояние есть множество  $Z$ . Конкретизируя множества  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ , а также отображения множества входов и состояний на множество выходов, можно перейти к моделям различных систем. Если ввести время как зависимую переменную, то получим два разных типа систем: дискретные и непрерывные. Примерами дискретных систем являются цифровые устройства: измерительные, вычислительные, управляющие. Примерами непрерывных систем являются производственные системы, аналоговые вычислительные машины и др., т.е. объекты, в которых не проводится дискретизация времени.

В зависимости от вида оператора отображения  $\Phi$  различают линейные и нелинейные системы. Выделяют также класс стационарных систем, т.е. систем, свойства которых со временем не изменяются.

Задача, стоящая перед исследователями при построении динамических моделей, - выяснение условий физической реализуемости теоретических моделей. Для обеспечения физической реализуемости требуется проводить тщательный анализ конкретных ограничений, которые приходится накладывать на модель.

## Лекция 7. Методы представления систем

### Вопросы:

1. Методы неформализованного представления систем.
2. Методы формализованного представления систем.

### 1. Методы неформализованного представления систем.

Введение. Методология системного анализа представляет собой довольно сложную и емкую совокупность принципов, подходов, процессов концепций и конкретных методов. Первые методики системного анализа представлены ведущими специалистами в данной области 70-х и 80-х годов прошлого столетия: С. Оптнера, Э. Квейда, С. Янга. Достаточно глубокий анализ методик системного анализа представлен в работах В.Н. Волковой, Ю.П. Сурмина.

Многие ученые в своих работах делали попытки классификации методов системного анализа. Так Ю. И. Черняк делит методы системного исследования на четыре группы: неформальные, графические, количественные и моделирование. А. В. Игнатьева и М. М. Максимцов дают классификацию методов исследования систем управления, разделяя их на три основные группы: методы, основанные на использовании знаний и интуиции специалистов, методы формализованного представления систем и комплексные методы. В то же время имеющиеся методики еще не получили достаточно убедительной классификации, которая была бы принята единогласно всеми специалистами.

Обзор методик системного анализа показал, что применение методов системного анализа рассматривается с точки зрения принятия управленческих решений.

Методы системного анализа можно разделить на две основные группы формализованные и неформализованные.

**Неформализованные** методы системного анализа применяются в тех случаях, когда у лиц, принимающих решения, на начальном этапе нет достаточных сведений о системе. Нет возможности оценить их с точки зрения формализованного представления, сформировать математическую модель каждого проекта. В таких условиях наиболее приемлема организация процесса принятия решения с использованием методов моделирования. Широко распространены неформальными методами системного анализа являются: метод «мозгового штурма»; метод сценариев; метод экспертных оценок; метод «Делфи»; метод «дерева решений»; диагностический метод; морфологический метод; деловые игры; логические методы; метод аналогий.

**Метод мозгового штурма** разработан **Алексом Осборном в 1953** году. Классическая техника мозгового штурма, предложенная Осборном, основывается на двух основных принципах - «отсрочка вынесения приговора идее» и «из количества рождается качество». Целью применения «мозгового штурма» при описании системы, является исключение оценочного компонента на начальных стадиях разработки системы. Данный подход позволяет найти возможные варианты портфеля путем применения специальных установленных правил обсуждения. «Мозговой штурм» дает возможность объединить в процессе поиска вариантов очень разных людей; а если группе удастся найти единое решение, то ее участники обычно становятся стойкими приверженцами реализации такого варианта описания системы.

**Метод сценариев** представляет собой набор прогнозов по каждому рассматриваемому варианту портфеля проектов, его реализации, а также возможным положительным и отрицательным последствиям. Обычно в качестве базового варианта рассматривается наиболее вероятный вариант сценария, на основе которого принимаются решения. В том числе рассматривается еще как минимум два альтернативных варианта сценария:

- оптимистический сценарий, при котором рассматриваются наилучшие прогнозируемые и ожидаемые результаты при выбранном варианте описания системы;

- пессимистический сценарий, при котором рассматриваются наихудшие прогнозируемые и ожидаемые результаты при выбранном варианте описания системы.

Данные варианты сценария принимаются в том случае, если реальность в большей мере начинает приближаться к их содержанию, а не к базовому варианту сценария.

**Метод экспертных оценок** основан на определении ряда качественных и количественных параметров простых и понятных для специалистов - экспертов, на основании которых можно сделать оценку системы. После получения ответов появляется коллективное мнение, коллективный взгляд на поставленную задачу. В результате обработки экспертных ответов получают наиболее вероятный прогноз. Для получения адекватного результата этого метода, эксперты должны быть независимы, т. е. не должны быть из одного и того же предприятия или подразделения, не должны быть заинтересованы, одинаково обучены, и оперировать одинаковыми методами.

**Метод «Дельфи»** был разработан в 1950—1960 годы в США корпорацией RAND, авторами считаются Olaf Helmer, Norman Dalkey, и Nicholas Rescher. Сущность метода Дельфи состоит в последовательном анкетировании экспертов различных технологических направлений и формировании массива информации, отражающей индивидуальные оценки экспертов, основанные на строго логическом опыте. При этом данный метод предполагает полный отказ от коллективного обсуждения. Это делается для того, чтобы уменьшить влияние психологических факторов, как присоединение к мнению более авторитетного специалиста, нежелание отказываться от публично выраженного мнения, следование за мнением большинства. Данный метод предполагает использование серии анкет, в каждой из которых содержится информация и мнения, полученные из предыдущей анкеты.

**Метод структуризации - метод «дерева решений».** Сущность метода структуризации состоит в построении "дерева решений" путем многоэтапного экспертного опроса, с использованием так называемой дельфийской процедуры. Для описания системы экспертам на рассмотрение предлагается массив вариантов решений с указанием критериев и элементов отбора. В результате проведения каждого этапа экспертного опроса формируются пакет одного уровня "дерева решений", производится их сравнительная оценка, отбрасываются проекты не соответствующие принятым показателям отбора. Оставшиеся проекты подвергаются дальнейшему анализу на более глубоком уровне. При таком подходе ускоряется процесс построения "дерева решений", так как по принятым показателям отбора системы каждого уровня оценивают, а решения, не соответствующие им, отбрасывают и не учитывают в дальнейшем рассмотрении.

**Диагностический метод** - направлен на установление и выявление проблем и узких мест в системе с указанием возможных путей их решения. Описание системы на основании данного метода осуществляется при помощи проведения диагностики как предприятия в целом, так и его оборудования. Основой метода является использование тестовых испытаний, обследование, заполнение анкет, вопросников и т.д. На основании диагностики выявляются узкие места, разрабатывается комплекс мер по их устранению, и впоследствии составляется портфель проектов.

**Морфологические методы** - Автор метода Фриц Цвикки (Zwicky, Fritz) (1898-1974) разработал метод, суть которого заключается в построении матри-

цы (таблицы, ящика), где перечислены все составляющие элементы объекта исследования и указаны все возможные варианты реализации этих элементов. При описании системы подбираются возможные решения для отдельных задач (так называемых морфологических признаков), характеризующие проект с последующим систематизированным получением их сочетаний (комбинировании). Недостатком данного метода является необходимость рассмотрения огромного числа вариантов, большая часть которых оказывается лишённой практического смысла, что делает использование метода слишком трудоёмким.

**Деловые игры** - это саморегулируемая имитационная модель ситуации (проблемы) с непрерывно меняющимися условиями. В решении деловой игры задаются правила и требования к описанию системы. Участвуют две стороны представленные группой участников, имеющих несовпадающие цели. Основной целью данной игры является разработка возможных вариантов и нахождение оптимального решения.

**Логические методы** - это создание образа объекта исследования с отображением его характеристик в логической, иногда интуитивной последовательности. Логические методы проводятся на вербальном (описательном) уровне, при этом не устанавливаются строгие количественные соотношения между результативными и факторными показателями, а ограничиваются анализом качественных обобщений, отображающих общие тенденции, направления изменения свойств изучаемого объекта.

**Метод аналогий** - метод, согласно которому знание, полученное из рассмотрения какого-либо объекта, переносится на менее изученный, сходный по существенным свойствам и качествам объект. На стадии формирования портфеля проектов, количество информации по проектам для принятия однозначного решения может быть не достаточным, в таком случае рассматриваются проекты с условным принятием информации по системам-аналогам.

## **2. Методы формализованного представления систем.**

**Формализованные методы** системного анализа основаны на получении количественных результатов вычислений, используются при разрешении хорошо структурированных и частично слабоструктурированных проблем для оценки вариантов решений, выбора и обоснования оптимального варианта. Эти методы используются, когда есть достоверные данные, представленные в цифрах. Формализованными методами системного анализа являются: графический метод, лингвистический метод, метод моделирования, аналитические методы, статистические методы, теоретико-множественные методы.

**Графические методы** позволяют наглядно отображать объект в виде образа системы, ее структуры, и связей в обобщенном виде. Графические методы могут быть линейноплоскостными и объемными. Графические представления наиболее наглядно описывают ситуацию или процесс для принятия решения в динамично меняющихся условиях. Наиболее употребляемыми методами изображения при этом являются: график Ганта, диаграммы, гистограммы, структурные схемы. В графических представлениях обязательно учитываются ресурсные составляющие проектов и их взаимодействие с другими проектами. Вариациями графического метода могут быть матричный метод и сетевой метод.

**Лингвистические и семиотические методы** предназначены для создания специальных языков описания систем в виде понятий тезауруса (множества смысловых выражающих элементов языка с заданными смысловыми отношениями и связями). Лингвистические и семиотические методы стали широко применяться в том случае, когда для первого этапа исследования невозможно формализовать принятие решений в плохо формализуемых ситуациях и нельзя использовать аналитические и статистические методы.

Основными понятиями, на которых базируются лингвистические представления, являются: тезаурус, грамматика, семантика, прагматика.

Термин *тезаурус* (от греч. *thesauros* – сокровищница, запас) - множество смысловыражающих элементов языка с заданными смысловыми отношениями.

Под *грамматикой* понимаются правила, с помощью которых формируются смысловыражающие элементы языка.

Под *семантикой* понимается содержание, значение, смысл формируемых или распознаваемых конструкций языка.

Под *прагматикой* - полезность для достижения данной цели, решения данной задачи.

**Методы моделирования** основаны на представлении, построении или совершенствовании модели некоего вспомогательного средства, объекта которое в определенной ситуации заменяет другой объект. Наиболее распространенными считаются три вида моделирования:

- физическое моделирование — исследование увеличенного или уменьшенного объекта (портретное исследование). Пример: чертеж объекта, выполненный в определенном масштабе, который, в частности, помогает установить возможность размещения оборудования на объекте. Физическое моделирование используется для исследования характеристик объектов по их аналогам - копиям, которые ведут себя и выглядят как реальные объекты;

- аналоговое моделирование - исследование аналога объекта, который ведет себя, как и реальный объект, но не выглядит таковым. Пример: расчет эффективности проекта на основании ранее внедренного аналогичного оборудования, аналогичного объема работ с фактически известными затратами;

- математическое моделирование - исследование объектов на основании использования различного рода символов для описания свойств или характеристик объектов или процессов.

Физическое и аналоговое моделирование является громоздким и затратным. Наибольшее распространение получило математическое моделирование с элементами метода сценариев, позволяющее рассмотреть возможные варианты развития событий без существенных затрат.

**Аналитические методы** заключаются в разложении исследуемого процесса или явления на его составные части; выявление влияния отдельных частей на весь процесс или явление в целом; обобщение (синтезе) отдельных причин и условий, сведение их к общим причинам и условиям, определяющим характер или явление в целом. Преимуществом данного метода состоит определении влияния отдельных элементов и подсистем на результат в целом.

**Статистические методы** основаны на сборе, обработке и анализе статистических данных, полученных как в результате фактических действий, так и

выработанных искусственно, путем статистического моделирования. Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) заключается в том, что ход операций проигрывается (моделируется) на ПК со всеми присущими операции случайностями. С помощью статистических моделей можно определить будущие исходы систем, основываясь на входных факторах и заданных условиях.

**Теоретико-множественные методы** представления систем являются основой построения общей теории систем по М. Месаровичу. Эти методы позволяют описывать систему в универсальных общих понятиях: множество, элемент множества и отношения на множествах. При использовании таких методов допускается введение любых отношений между элементами на основе математической логики.

Множества могут задаваться следующими способами: 1) перечислением; 2) путем указания некоторого характеристического свойства. В основе теоретико-множественных преобразований лежит переход от одного способа задания множества к другому.

**Вывод.** Для разрешения хорошо структурированных проблем существует набор стандартных, стереотипных решений в конкретных ситуациях, изложенных в нормативных документах: инструкциях, правилах, стандартах, руководствах и т.п. В них четко и определенно регламентируется последовательность анализа ситуаций и решения проблем. Однако наряду с количественными результатами вычислений необходимо при принятии решений учитывать множество обстоятельств качественного характера, не сводящихся к однозначным ответам. Поэтому сохраняют свое значение и методы обоснования решений на основе изучения опыта, интуиции, обобщения результатов, в том числе метод экспертных оценок.

Методы системного анализа предназначены, в первую очередь, для исследования слабоструктурированных систем, состав элементов и взаимосвязей которых установлены только частично. А также для решения задач, возникающих в ситуациях, характеризующихся неопределенностью и содержащих неформализуемые элементы, которые не переводятся на язык математики. Поэтому предлагается, при формировании портфеля проектов, использовать комбинированный метод, который позволит сочетать четкие математические формальные методы и неформализованные методы экспертных знаний. Для получения целостной, универсальной и многомерной картины действительности.

## **Лекция 8. Методики системного анализа**

### **Вопросы:**

- 1. Понятие и принципы системного анализа.**
- 2. Обзор методик системного анализа.**
- 3. Разработка методик системного анализа.**
- 4. Пример методик системного анализа предприятия.**

### **1. Понятие и принципы системного анализа.**

**Системный анализ** — подход к изучению объектов и явлений, предполагающий их рассмотрение как развивающихся систем с выделением структуры (состава элементов и связей между ними), а также законов преобразования и развития системы в целом.

Системный анализ – это методология решения крупных проблем, основанная на концепции систем.

В центре методологии системного анализа находится операция количественного сравнения альтернатив, которая выполняется с целью выбора альтер-

нативы, подлежащей реализации. Если требование равнокачественности альтернатив выполнено, могут быть получены количественные оценки. Но для того, чтобы количественные оценки позволяли вести сравнение альтернатив, они должны отражать участвующие в сравнении свойства альтернатив (выходной результат, эффективность, стоимость и др.). Достичь этого можно, если учтены все элементы альтернативы и даны правильные оценки каждому элементу.

Системный анализ должен проводиться с соблюдением основных **принципов**: системности, комплексности, моделирования.

**Принцип системности** предполагает логическое проведение анализа начиная с входных параметров системы (ресурсы системы, условия функционирования), преобразований в системе (обработка сырья и материалов с использованием технологического оборудования и технологий) до выходных параметров системы (конечный продукт).

**Принцип комплексности** предполагает рассмотрение системы со всех сторон. Объект, расположенный в пространстве, имеет шесть сторон: лицевую, обратную, основание расположения объекта, верх объекта, левую и правую стороны.

Лицевую сторону составляют все положительные свойства объекта, его бренд, реклама, возможности.

Обратную сторону объекта составляют отрицательные последствия деятельности объекта (загрязнение атмосферы, задержка зарплаты, ограничения в потреблении изготовленного продукта).

Основанием объекта является база, на которой стоит объект (уставный капитал, размер дохода компании, научно-теоретическое обоснование деятельности объекта).

“Вверх”, “крыша” объекта — правовая и законодательная среда, система страхования, защищающие деятельность объекта.

“Левая” сторона (ближе к сердцу) — это партнеры и все заинтересованные лица объекта. “Правая” сторона — конкуренты объекта.

### **Принцип моделирования**

Объект исследования представляет собой систему, все свойства которой изучить очень сложно и дорого. Поэтому исследователи упрощают систему. Упростить систему без потери сложности взаимовлияния элементов можно с помощью моделирования. Принцип моделирования в системном анализе состоит в том, что исследователь изучает только те свойства системы, которые его интересуют, накладывая определенные ограничения и условия на остальные свойства.

Например, изучается зависимость величины товарооборота от количества продавцов в нескольких магазинах фирмы; при прочих равных условиях, таких как наличие очереди, примерное равенство ассортимента, покупательный спрос посетителей в разных магазинах примерно одинаковый.

## **2. Обзор методик системного анализа.**

Методология системного анализа представляет собой довольно сложную и разнообразную совокупность принципов, подходов, концепций и конкретных методов, а также методик. Наиболее важную часть методологии системного анализа составляют ее методы и методики.

Имеющиеся методики системного анализа еще не получили достаточно убедительной классификации, которая была бы принята единогласно всеми специалистами. Например, Ю. И. Черняк делит методы системного исследования на четыре группы: неформальные, графические, количественные, и моделирование. Достаточно глубокий анализ методик различных авторов представлен в работах В.Н. Волковой, а также Ю.П. Сурмина.

В качестве простейшего варианта методики системного анализа можно рассматривать такую последовательность:

- 1) постановка задачи;
- 2) структуризация системы;
- 3) построение модели;
- 4) исследование модели.

Другие примеры и анализ этапов первых методик системного анализа ведущих специалистов системного анализа: С. Оптнера, Э. Квейда, С. Янга, Е.П. Голубкова. Ю.Н. Черняка.

**Примеры: Этапы методик системного анализа по С. Оптнеру:**

1. Идентификация симптомов.
2. Определение актуальности проблемы.
3. Определение цели.
4. Вскрытие структуры системы и ее дефектных элементов.
5. Определение структуры возможностей.
6. Нахождение альтернатив.
7. Оценка альтернатив.
8. Выбор альтернативы.
9. Составление решения.
10. Признание решения коллективом исполнителей и руководителей.
11. Запуск процесса реализации решения
12. Управление процессом реализации решения.
13. Оценка реализации и ее последствий.

**Этапы методик системного анализа по С. Янгу:**

1. Определение цели системы.
2. Выявление проблем организации.
3. Исследование проблем и постановка диагноза
4. Поиск решения проблемы.
5. Оценка всех альтернатив и выбор наилучшей из них.
6. Согласование решений в организации.
- 7 Утверждение решения.
8. Подготовка к вводу.
9. Управление применением решения.
10. Проверка эффективности решения.

**Этапы методик системного анализа по Ю.И. Черняку:**

1. Анализ проблемы.
2. Определение системы.
3. Анализ структуры системы.
4. Формирование общей цели и критерия.
5. Декомпозиция цели и выявление потребности в ресурсах и процессах.
6. Выявление ресурсов и процессов — композиция целей.

7. Прогноз и анализ будущих условий.
8. Оценка целей и средств.
9. Отбор вариантов.
10. Диагноз существующей системы.
11. Построение комплексной программы развития.
12. Проектирование организации для достижения целей.

Из анализа и сопоставления этих методик видно, что в них в той или иной форме представлены такие **этапы**:

- выявление проблем и постановки целей;
- разработка вариантов и модели принятия решения;
- оценка альтернатив и поиска решения;
- реализация решения.

Кроме того, в некоторых методиках имеются этапы оценки эффективности решений. В наиболее полной методике Ю.И. Черняка особо предусмотрен этап проектирования организации для достижения цели.

При этом различные авторы акцентируют свое внимание на разных этапах, соответственно более подробно их детализируя. В частности, основное внимания уделяется следующим этапам:

- разработке и исследованию альтернатив принятия решений (С. Оптнер, Э. Квейд), выбору решения (С. Оптнер);
- обоснованию цели и критериев, структуризации цели (Ю.И. Черняк, С. Оптнер, С. Янг);
- управлению процессом реализации уже принятого решения (С. Оптнер, С. Янг).

Поскольку выполнение отдельных этапов может занимать достаточно много времени, возникает необходимость большей их детализации, разделения на под этапы и более четкого определения конечных результатов выполнения под этапов. В частности, в методике Ю.И. Черняка каждый из 12 этапов разделен на под этапы, которых в общей сложности – 72.

Из других авторов методик системного анализа можно назвать Э.А. Капитонова и Ю.М. Плотницкого.

**Примеры: Э.А. Капитонов выделяет следующие последовательные этапы системного анализа.**

1. Постановка целей и основных задач исследования.
2. Определение границ системы с целью отделения объекта от внешней среды, разграничения его внутренних и внешних связей.
3. Выявление сути целостности.

Близкий подход использует и Ю. М. **Плотницкий**, который рассматривает системный анализ как совокупность шагов по реализации методологии системного подхода в целях получения информации о системе. Он выделяет в системном анализе 11 этапов.

1. Формулировка основных целей и задач исследования.
2. Определение границ системы, отделение ее от внешней среды.
3. Составление списка элементов системы (подсистем, факторов, переменных и т. д.).
4. Выявление сути целостности системы.
5. Анализ взаимосвязанных элементов системы.
6. Построение структуры системы.
7. Установление функций системы и ее подсистем.
8. Согласование целей системы и каждой подсистемы.
9. Уточнение границ системы и каждой подсистемы.
10. Анализ явлений эмерджентности.
11. Конструирование системной модели.

### **3. Разработка методик системного анализа.**

Конечная цель системного анализа – оказать помощь в понимании и решении имеющейся проблемы, что сводится к поиску и выбору варианта решения проблемы. Результатом будет выбранная альтернатива либо в виде управленческого решения, либо в виде создания новой системы (в частности, системы управления) или реорганизации старой, что опять же является управленческим решением.

Неполнота информации о проблемной ситуации затрудняет выбор методов ее формализованного представления и не позволяет сформировать математическую модель. В этом случае возникает необходимость в разработке методик проведения системного анализа.

Необходимо определить последовательность этапов системного анализа, рекомендовать методы для выполнения этих этапов, предусмотреть при необходимости возврат к предыдущим этапам. Такая последовательность определенным образом выделенных и упорядоченных этапов и подэтапов в сочетании с рекомендованными методами и приемами их выполнения представляет собой структуру методики системного анализа.

Практики видят в методиках важный инструмент для решения проблем своей предметной области. И хотя к сегодняшнему дню накоплен большой их арсенал, но, к сожалению, следует признать, что *разработка универсальных методов и методик не представляется возможной. В каждой предметной области, для различных типов решаемых проблем системному аналитику приходится разрабатывать свою методику системного анализа на базе множества принципов, идей, гипотез, методов и методик, накопленных в области теории систем и системного анализа.*

Рекомендуется при разработке методики системного анализа прежде всего определить тип решаемой задачи (проблемы). Затем, если проблема охватывает несколько областей: выбор целей, совершенствование оргструктуры, организацию процесса принятия и реализации решения, выделить в ней эти задачи и разработать методики для каждой из них.

### **4. Пример методики системного анализа предприятия**

В качестве примера современной методики системного анализа рассмотрим обобщенную методику анализа предприятия.

Предлагается следующий перечень процедур системного анализа, который может быть рекомендован менеджерам и специалистам по экономическим информационным системам.

1. Определить границы исследуемой системы (см. выделение системы из окружающей среды).

2. Определить все подсистемы, в которые входит исследуемая система в качестве части.

Если выясняется воздействие на предприятие экономической среды, именно она и будет той надсистемой, в которой следует рассматривать его функции. Исходя из взаимосвязанности всех сфер жизни современного общества, любой объект, в частности, предприятие, следует изучать в качестве составной части многих систем — экономических, политических, государственных, региональных, социальных, экологических, международных. Каждая из этих надсистем, например экономическая, в свою очередь имеет немало компонентов, с которы-

ми связано предприятие: поставщики, потребители, конкуренты, партнеры, банки и т. д. Эти же компоненты входят одновременно и в другие надсистемы — социокультурную, экологическую и т. п. А если еще учесть, что каждая из этих систем, а также каждый из их компонентов имеют свои специфические цели, противоречащие друг другу, то становится ясной необходимость сознательного изучения среды, окружающей предприятие (см. расширение проблемы до проблематики). В противном случае вся совокупность многочисленных влияний, оказываемых надсистемами на предприятие, будет казаться хаотичной и непредсказуемой, исключая возможность разумного управления им.

3. Определить основные черты и направления развития всех надсистем, которым принадлежит данная система, в частности, сформулировать их цели и противоречия между ними.

4. Определить роль исследуемой системы в каждой надсистеме, рассматривая эту роль как средство достижения целей надсистемы.

Следует рассмотреть при этом два аспекта:

- идеализированную, ожидаемую роль системы с точки зрения надсистемы, т. е. те функции, которые следовало бы выполнять, чтобы реализовать цели надсистемы;

- реальную роль системы в достижении целей надсистемы.

Например, с одной стороны, оценка потребностей покупателей в конкретном виде товаров, их качестве и количестве, а с другой — оценка параметров товаров, реально выпускаемых конкретным предприятием.

Определение ожидаемой роли предприятия в потребительской среде и его реальной роли, а также их сравнение, позволяют понять многие причины успеха или неудачи компании, особенности его работы, предвидеть реальные черты ее будущего развития.

5. Выявить состав системы, т. е. определить части, из которых она состоит.

6. Определить структуру системы, представляющую собой совокупность связей между ее компонентами.

7. Определить функции активных элементов системы, их «вклад» в реализацию роли системы в целом.

Принципиально важным является гармоническое, непротиворечивое сочетание функций разных элементов системы. Эта проблема особенно актуальна для подразделений, цехов крупных предприятий, чьи функции часто во многом «не состыкованы», недостаточно подчинены общему замыслу.

8. Выявить причины, объединяющие отдельные части в систему, в целостность.

Они носят название интегрирующих факторов, к которым в первую очередь относится человеческая деятельность. В ходе деятельности человек осознает свои интересы, определяет цели, осуществляет практические действия, формируя системы средств для достижения целей. Исходным, первичным интегрирующим фактором является цель.

Цель в любой сфере деятельности представляет собой сложное сочетание различных противоречивых интересов. В пересечении подобных интересов, в своеобразной их комбинации заключается истинная цель. Всестороннее познание ее позволяет судить о степени устойчивости системы, о ее непротиворечивости, целостности, предвидеть характер ее дальнейшего развития.

9. Определить все возможные связи, коммуникации системы с внешней средой.

Для действительно глубокого, всестороннего изучения системы недостаточно выявить ее связи со всеми подсистемами, которым она принадлежит. Необходимо еще познать такие системы во внешней среде, которым принадлежат компоненты исследуемой системы. Так, следует определить все системы, которым принадлежат работники предприятия — профсоюзы, политические партии, семьи, системы социокультурных ценностей и этических норм, этнические группы и г. д. Необходимо также хорошо знать связи структурных подразделений и работников предприятия с системами интересов и целей потребителей, конкурентов, поставщиков, зарубежных партнеров и пр. Нужно также видеть связь между используемыми на предприятии технологиями и «пространством» научно-технического процесса и т. и. Осознание органического, хотя и противоречивого единства всех систем, окружающих предприятие, позволяет понимать причины его целостности, предотвращать процессы, ведущие к дезинтеграции.

10. Рассмотреть исследуемую систему в динамике, в развитии.

Для глубокого понимания любой системы нельзя ограничиваться рассмотрением коротких промежутков времени ее существования и развития. Целесообразно по возможности исследовать всю ее историю, выявить причины, побудившие создать эту систему, определить иные системы, из которых она выросла и строилась. Также важно изучать не только историю системы или динамику ее нынешнего состояния, но и попытаться, используя специальные приемы, увидеть развитие системы в будущем, т. е. прогнозировать ее будущие состояния, проблемы, возможности.

Необходимость динамического подхода к исследованию систем легко проиллюстрировать сравнением двух предприятий, у которых в какой-то момент времени совпали значения одного из параметров, например, объем продаж. Из этого совпадения совсем не вытекает, что предприятия занимают на рынке одинаковое положение: одно из них может набирать силу, двигаться к расцвету, а другое, наоборот, переживать спад. Поэтому судить о любой системе, в частности, о предприятии нельзя лишь по «моментальной фотографии» по одному значению какого-либо параметра; необходимо исследовать изменения параметров, рассмотрев их в динамике.

Изложенная здесь последовательность процедур системного анализа не является обязательной и закономерной. Обязательным является скорее сам перечень процедур, чем их последовательность. Единственное правило заключается в целесообразности многократного возвращения в ходе исследования к каждой из описанных процедур. Только это является залогом глубокого и всестороннего изучения любой системы.

## Контрольные вопросы

1. Основные понятия дисциплины (понятие, объект, предмет, цель, задачи).
2. Системность – общее свойство материи.
3. Понятие системы и ее свойства.
4. Классификация систем.
5. Основные категории систем.
6. Понятия, характеризующие строение систем.
7. Понятия, характеризующие функционирование систем.
8. Понятие шкалы, измерения, виды шкал.
9. Типы шкал, фиксирующих процессы преобразования в системах.
10. Понятие модели, моделирования системы.
11. Способы описания систем.
12. Модель черного ящика.
13. Модель состава системы.
14. Модель структуры системы.
15. Динамические модели систем.
16. Понятие имитационного моделирования.
17. Преимущества и недостатки имитационного моделирования.
18. Этапы построения имитационного моделирования.
19. Методы представления систем.
20. Методы неформализованного представления систем.
21. Методы формализованного представления систем.
22. Метод «мозгового штурма», метод сценариев.
23. Методы «Делфи», Экспертных оценок.
24. Метод дерева решений (понятие, этапы построения дерева).
25. Лингвистические и графические методы представления систем.
26. Методики системного анализа.
27. Понятие и принципы системного анализа.
28. Обзор методик системного анализа.
29. Разработка методик системного анализа.
30. Пример методики системного анализа предприятия.
31. Этапы методик системного анализа по С. Оптнеру.
32. Этапы методик системного анализа по С. Янгу.
33. История развития науки «Теория систем и системный анализ».
34. Понятие процесса управления системой.
35. Виды систем управления.
36. Анализ систем управления. Понятие, цели и задачи анализа.
37. Управление в организационно-экономических системах
38. Конструктивные свойства систем.
39. Функциональные свойства систем.
40. Методы моделирования.
41. Аналитические методы представления систем.
42. Статистические методы представления систем.
43. Теоретико-множественные методы представления систем.
44. Понятие и сущность цели, целеобразования.
45. Понятие цели и требования к ее формированию.
46. Понятие цели и закономерности целеобразования.
47. Морфологические методы.
48. Методы структуризации.
49. Области применения системного анализа.
50. Эксперимент - средство построения модели.

## Список использованных источников

1. Артюхин Г.А. Теория систем и системный анализ. Практикум принятия решений: учеб. пособие. Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. 166 с.
2. Диязитдинова А.Р., Кордонская И.Б. Общая теория систем и системный анализ. Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. 125 с.
3. Методические указания по курсу Теория систем и системный анализ (лекции, курсовая работа, учебная практика). М.: Московский технический университет связи и информатики, 2013. 16 с.
4. Чернышев А.Б., Антонов В.Ф., Суюнова Г.Б. Теория информационных процессов и систем: учеб. пособие. Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. 169 с.

Учебное издание

Милютина Елена Михайловна

ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ.

КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебное пособие

для студентов направления подготовки

09.03.03 «Прикладная информатика»

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 17.11.2021 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 2,61. Тираж 25 экз. Изд. № 7120.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ