

Кафедра «Техносферной безопасности»

***Системный анализ и  
моделирование  
процессов в промышленной  
безопасности***

**Профессор д.т.н. Мастрюков Борис Степанович**

<b>Всего</b>	<b>Лекций</b>	<b>ПЗ</b>	<b>КР</b>	<b>С.Р.</b>	<b>Экзамен</b>
<b>180</b>	<b>14</b>	<b>34</b>	<b>40</b>	<b>56</b>	

### **Литература**

- 1. Волкова В.В., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ.- М.: Юрайт, 2013**
- 2. Мастрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий. - М.: ИД «Академия», 2012**
- 3. Промышленная безопасность. Учеб.-метод. пособие / О.М. Зиновьева, Б.С. Мастрюков, А.М. Меркулова, Н.А. Смирнова – М.: ИД МИСиС, 2016**

## Правила игры

$$S_{\text{итог}} = (10/n) \sum S_{\text{летуч}} + 30 S_{\text{контр}} + 60 S_{\text{экз}}$$

$S_{\text{итог}}$ (с экз)	$S_{\text{итог}}$ (без экз)	Балл
меньше 250	Меньше 120	Неудовлетворительно
251.....350	121.....140	Удовлетворительно
351.....445	141.....160	Хорошо
больше 445	больше 160	отлично

## Раздел 1. Системный подход

### Понятие, задачи и этапы системного подхода

*Системный подход* – это направление методологии научного познания и социальной практики, в основе которого лежит рассмотрение объектов как **системы**.

Технические науки - системотехника,  
кибернетика – системы управления,  
биология – биосистемы и их структурные уровни,  
социология – возможности структурно-функционального подхода,  
медицина – системное лечение сложных болезней (коллагенозы, системные васкулиты и т.д.) терапевтами широкого профиля (врачами-системщиками).

Еще Аристотель обратил внимание на то, что целое (т.е. система) несводимо к сумме частей, его образующих.

*Задачи*, которые решает системный подход:

- играет роль международного языка;
- позволяет разработать методы исследования и конструирования сложноорганизованных объектов (например, информационная система и пр.);
- развивает методы познания, методы исследования и конструирования (системы организации проектирования, системы управления разработками и т.п.);
- позволяет объединить знания различных, традиционно разделенных дисциплин;
- позволяет глубоко, а главное в совокупности с создаваемой информационной системой, исследовать предметную область

## Этапы системного подхода

- выделение объекта исследования из общей массы явлений, объектов;
  - определение контура, пределов **системы**, ее основных **подсистем**, **элементов**, связей с окружающей средой;
- установление цели исследования: определение **функции системы**, ее **структуры**, механизмов **управления** и функционирования;
- определение основных критериев, характеризующих целенаправленное действие системы, основные ограничения и условия существования (функционирования);
- определение альтернативных вариантов при выборе структур или элементов для достижения заданной цели. По возможности необходимо учесть факторы, влияющие на систему и варианты решения проблемы;
- составление **модели функционирования** системы, с учетом всех существенных факторов. Значимость факторов определяется по их влиянию на определяющие **критерии цели**;
- оптимизация модели функционирования или работы системы. Выбор решений по критерию эффективности при достижении цели;
- проектирование оптимальных структур и функциональных действий системы.
  - определение оптимальной схемы их регулирования и управления;
    - контроль за работой системы, определение ее надежности и работоспособности
- установление надежной **обратной связи** по результатам функционирования.

## Основные допущения системного подхода

- В мире существуют системы
- Системное описание истинно
- Системы взаимодействуют друг с другом, а, следовательно, всё в этом мире взаимосвязано

## Основные определения системного подхода

Основоположниками системного подхода являются: Л. фон Берталанфи, А. А. Богданов, Г. Саймон, П. Друкер, А. Чандлер.

- **Система** — совокупность элементов и связей между ними.
- **Структура** — устойчивая картина взаимоотношений между элементами (картина связей и их стабильностей).
- **Процесс** — динамическое изменение системы во времени.
- **Функция** — процесс, происходящий внутри системы и имеющий определённый результат.
- **Состояние** — положение системы относительно других её положений.

## Аспекты системного подхода

Развернутое определение системного подхода включает также обязательность изучения и практического использования следующих **восьми его аспектов**:

- **системно-элементного** или **системно-комплексного**, состоящего в выявлении элементов, составляющих данную систему;
- **системно-структурного**, заключающегося в выяснении внутренних связей и зависимостей между элементами данной системы и позволяющего получить представление о внутренней организации (строении) исследуемого объекта;
- **системно-функционального**, предполагающего выявление функций, для выполнения которых созданы и существуют соответствующие объекты;
- **системно-целевого**, означающего необходимость научного определения целей исследования, их взаимной увязки между собой;
- **системно-ресурсного**, заключающегося в тщательном выявлении ресурсов, требующихся для решения той или иной проблемы;
- **системно-интеграционного**, состоящего в определении совокупности качественных свойств системы, обеспечивающих её целостность и особенность;
- **системно-коммуникационного**, означающего необходимость выявления внешних связей данного объекта с другими, то есть, его связей с окружающей средой;
- **системно-исторического**, позволяющего выяснить условия во времени возникновения исследуемого объекта, пройденные им этапы, современное состояние, а также возможные перспективы развития.

**Практически все современные науки построены по системному принципу.**



## Раздел 2.

### Системы. Основные понятия и определения

*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».

*М.Месарович и Я. Такахара* считают, что система — формальная взаимосвязь между наблюдаемыми признаками и свойствами, система — множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство.

**Система** - объект, обладающий четырьмя свойствами:

- целостность и членимость;
- наличие существенных связей между **элементами**;
- наличие организации;
- наличие интегративных качеств.

**Элемент.** Под элементом принято понимать простейшую неделимую часть системы. Элемент — это предел членения системы с точек зрения решения конкретной задачи и поставленной цели. Систему можно расчленить на элементы различными способами в зависимости от формулировки цели и ее уточнения в процессе исследования

**Подсистема.** Возможность деления системы на подсистемы связана с вычленением совокупностей взаимосвязанных элементов, способных выполнять относительно независимые функции, подцели, направленные на достижение общей цели системы. Этим подсистема отличается от простой группы элементов, для которой не сформулирована подцель и не выполняются свойства целостности (для такой группы используется название «компоненты»). **Например, подсистемы АСУ, подсистемы пассажирского транспорта крупного города.**

**Структуру** часто представляют в виде иерархии. Иерархия — это упорядоченность компонентов по степени важности (многоступенчатость, служебная лестница). Между уровнями иерархической структуры могут существовать взаимоотношения строгого подчинения компонентов (узлов) нижележащего уровня одному из компонентов вышележащего уровня, т. е. отношения так называемого древовидного порядка. Такие иерархии называют сильными или иерархиями типа «дерева». Один и тот же узел нижележащего уровня может быть одновременно подчинен нескольким узлам вышележащего уровня. Такие структуры называют иерархическими структурами со слабыми связями. **Примеры иерархических структур: энергетические системы, АСУ, государственный аппарат**

**Связь.** Понятие «связь» входит в любое определение системы наряду с понятием «элемент» и обеспечивает возникновение и сохранение структуры и целостных свойств системы. Это понятие характеризует одновременно и строение (статику), и функционирование (динамику) системы.

**Состояние.** Понятием «состояние» обычно характеризуют мгновенную фотографию, «срез» системы, остановку в ее развитии. Его определяют либо через входные воздействия и выходные сигналы (результаты), либо через макропараметры, макросвойства системы (например, давление, скорость, ускорение — для физических систем; производительность, себестоимость продукции, прибыль — для экономических систем).

**Поведение.** Если система способна переходить из одного состояния в другое (например), то говорят, что она обладает поведением. Этим понятием пользуются, когда неизвестны закономерности переходов из одного состояния в другое. Тогда говорят, что система обладает каким-то поведением и выясняют его закономерности.

**Внешняя среда.** Под внешней средой понимается множество элементов, которые не входят в систему, но изменение их состояния вызывает изменение поведения системы.

**Модель.** Под моделью системы понимается описание системы, отображающее определенную группу ее свойств. Углубление описания — детализация модели. Создание модели системы позволяет предсказывать ее поведение в определенном диапазоне условий.

## Классификация систем

**Классификацией** называется распределение некоторой совокупности объектов на классы по наиболее существенным признакам. Требования к построению классификации следующие:

- ❖ 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, то есть должны быть непересекающимися;
- ❖ подразделение на классы (для многоступенчатых классификаций) должно быть непрерывным, то есть при переходах с одного уровня иерархии на другой необходимо следующим классом для исследования брать ближайший по иерархической структуре системы

## Классификация систем по признакам

**По взаимодействию с внешней средой:** Открытые, Закрытые, Комбинированные

**По структуре:** Простые, Сложные, Большие

**По характеру функций:** Специализированные, Многофункциональные  
(универсальные)

**По характеру развития:** Стабильные, Развивающиеся

**По степени организованности:** Хорошо организованные, Плохо организованные  
(диффузные)

**По сложности поведения:** Автоматические, Решающие, Самоорганизующиеся,  
Предвидящие, Превращающиеся

**По характеру связи между элементами:** Детерминированные. Стохастические

**По характеру структуры управления:** Централизованные, Децентрализованные

**По назначению:** Производящие, Управляющие, Обслуживающие



Классификация систем.

❖ Материальные системы являются объектами реального времени. Среди всего многообразия материальных систем существуют **естественные и искусственные** системы.

**Естественные системы** представляют собой совокупность объектов природы, а искусственные системы – совокупность **социально-экономических или технических объектов**.

**Естественные системы**, в свою очередь, подразделяются на **астрокосмические и планетарные, физические и химические**.

**Искусственные системы** могут быть классифицированы по нескольким признакам, главным из которых является **роль человека в системе**. По этому признаку можно выделить два класса систем: **технические и организационно-экономические системы**.

**Абстрактные системы** – это умозрительное представление образов или моделей материальных систем, которые подразделяются на описательные (**логические**) и символические (**математические**).

**Логические системы** есть результат дедуктивного или индуктивного представления материальных систем.

**Символические системы** представляют собой формализацию логических систем, они подразделяются на три класса:

- **статические математические системы** или модели, которые можно рассматривать как описание средствами математического аппарата состояния материальных систем (уравнения состояния);
- **динамические математические системы** или модели, которые можно рассматривать как математическую формализацию процессов материальных (или абстрактных) систем;
- **квазистатические (квазидинамические) системы** находящиеся в неустойчивом

## Большие системы.

Под *большой системой* понимается совокупность материальных ресурсов, средств сбора, передачи и обработки информации, людей-операторов, занятых на обслуживании этих средств, и людей-руководителей, облеченных надлежащими правами и ответственностью для принятия решений.

Большие системы – это системы, не наблюдаемые одновременно с позиции одного наблюдателя либо во времени, либо в пространстве.

Примеры больших систем: информационная система; пассажирский транспорт крупного города; производственный процесс; система управления полетом крупного аэродрома; энергетическая система и др.

### Характерные особенности больших систем :

- большой размер системы, то есть большое число частей и элементов, входов и выходов, разнообразие выполняемых функций;
- взаимосвязь и взаимодействие между элементами;
- целенаправленность и управляемость системы, наличие у всей системы общей цели и назначения, задаваемых и корректируемых в системах более высоких уровней;
- сложная иерархическая структура организации системы, предусматривающая сочетание централизованного управления с автономностью подсистем;
- целостность и сложность поведения: сложные, переплетающиеся взаимоотношения между переменными, включая петли обратной связи, приводят к тому, что изменение одной влечет изменение многих других переменных.



## Сложные системы

Систему называют **сложной** если в реальной действительности рельефно (существенно) проявляются признаки её сложности. А именно:

а) структурная сложность – определяется по числу элементов системы, числу и разнообразию типов связей между ними, количеству иерархических уровней и общему числу подсистем системы. Основными типами считаются следующие виды связей: структурные (в том числе, иерархические), функциональные, каузальные (причинно-следственные), информационные, пространственно-временные;

б) сложность функционирования (поведения) – определяется характеристиками множества состояний, правилами перехода из состояния в состояние, воздействием системы на среду и среды на систему, степенью неопределённости перечисленных характеристик и правил;

в) сложность выбора поведения – в многоальтернативных ситуациях, когда выбор поведения определяется целью системы, гибкостью реакций на заранее неизвестные воздействия среды;

г) сложность развития – определяемая характеристиками эволюционных или скачкообразных процессов.

Иерархическое построение – характерный признак сложных систем, при этом уровни иерархии могут быть как однородные, так и неоднородные. Для сложных систем присущи такие факторы, как невозможность предсказать их поведение, то есть слабо предсказуемость, их скрытность, разнообразные состояния.

Сложные системы можно подразделить на следующие факторные подсистемы:

1) решающую, которая принимает глобальные решения во взаимодействии с внешней средой и распределяет локальные задания между всеми другим подсистемами;

2) информационную, которая обеспечивает сбор, переработку и передачу информации, необходимой для принятия глобальных решений и выполнения локальны задач;

3) управляющую для реализации глобальных решений;

4) гомеостазную, поддерживающую динамическое равновесие внутри систем и регулирующую потоки энергии и вещества в подсистемах;

5) адаптивную, накапливающую опыт в процессе обучения для улучшения структуры и функций системы.

## Простые системы

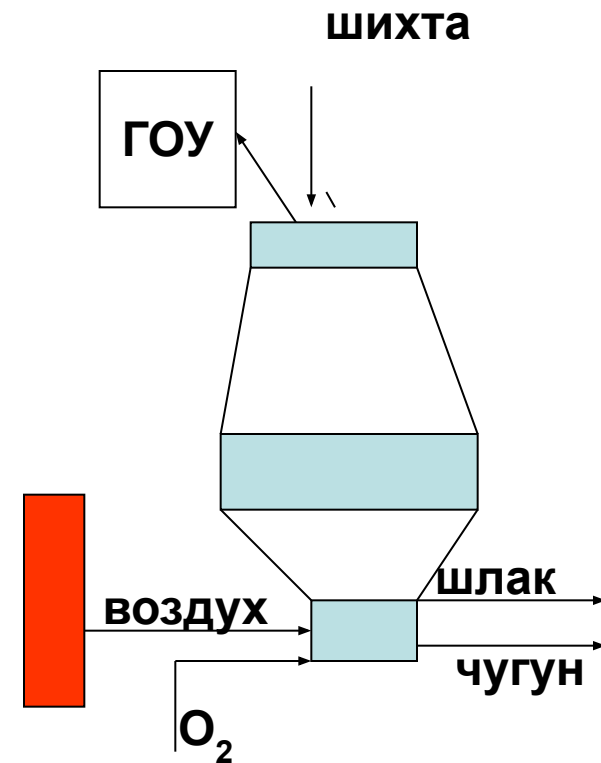
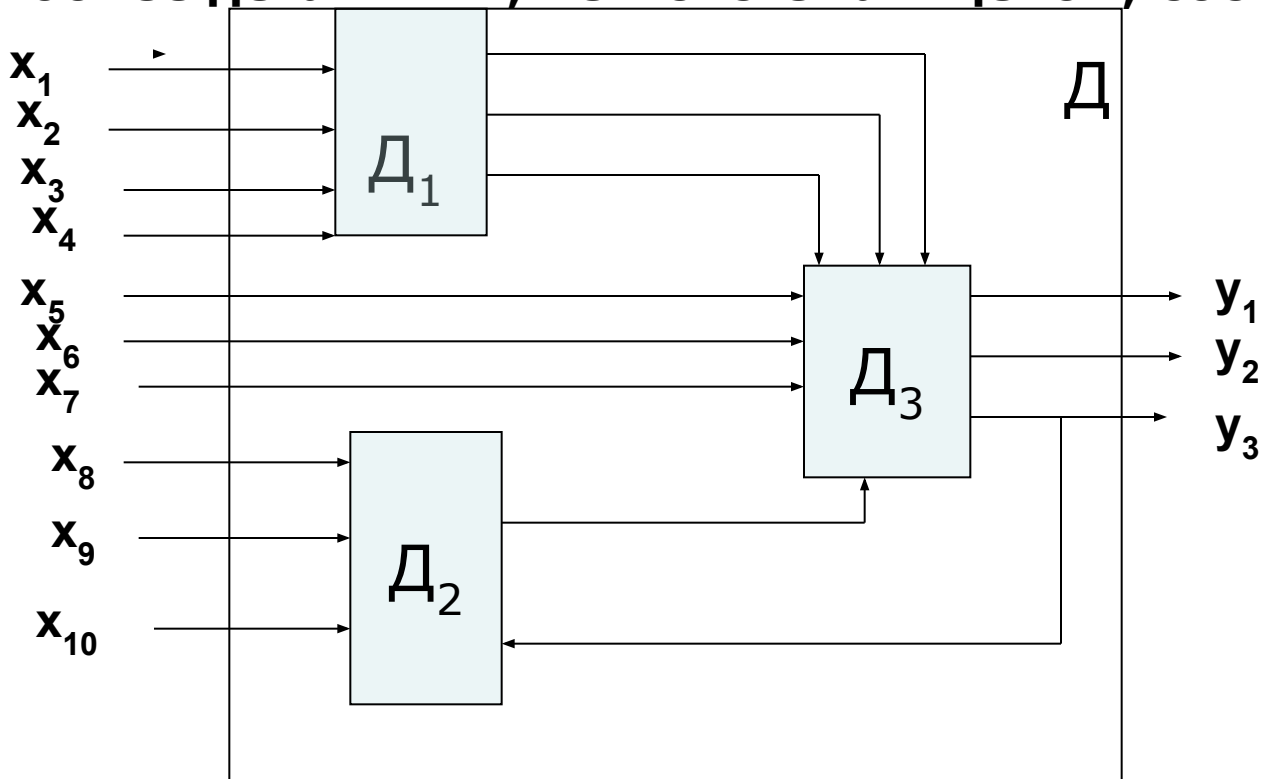
Четкой границы, отделяющей простые системы от больших нет. Деление это условное и возникло из-за *появления* систем, имеющих в своем составе **совокупность подсистем с наличием функциональной избыточности**. Простая система может находиться только в двух состояниях: состоянии работоспособности (**исправном**) и состоянии отказа (**неисправном**). При отказе элемента простая система либо полностью прекращает выполнение своей функции, либо продолжает ее выполнение в полном объеме, если отказавший элемент резервирован. Большая система при отказе отдельных элементов и даже целых подсистем не всегда теряет работоспособность, зачастую только снижаются характеристики ее эффективности. Это свойство больших систем обусловлено их функциональной избыточностью и, в свою очередь, затрудняет формулировку понятия «отказ» системы.

## Раздел 3. СВОЙСТВА СИСТЕМ

### 3.1 Целостность и членимость

**Элемент** - простейшая неделимая часть системы.

**Подсистема** - множество более крупных, чем элементы, но более детальных, чем система в целом, составляющих



Структурная схема доменной печи

## 3.2 СВЯЗНОСТЬ

**Связь** – физический канал, по которому обеспечивается обмен между элементами системы или системы в ОС веществом, энергией или информацией

Классификация связей:

- **по физическому наполнению**: вещественные, энергетические, информационные, смешанные и физически не наполненные (связи типа «больше», «меньше», «ближе», «дальше», «принадлежит», «равно» и т.д.

- **по направлению**: прямые, обратные, нейтральные и т.д.



**Сила (мощность) связи** – оценивается по количеству вещества, энергии, информации и т.д.

**Связи первого порядка** – функционально необходимые (подача топлива и воздуха к горелкам).

**Связи второго порядка** – дополнительные связи (обогащение дутья кислородом).

**Связи третьего порядка** – излишние и противоречивые связи.

### 3.3 Наличие организации

Система отличается наличием **упорядоченности** размещения элементов в пространстве (**машина**) и во времени (**технологический процесс**).

**Структура системы** – устойчивая упорядоченность в пространстве и во времени ее элементов и связей

**Структуризация** - процесс расчленения системы на элементы с указанием связей.

**Структурная схема** - совокупность элементов и порядок их соединения (обычно  $X$  – входная величина,  $Y$  – выходная величина)

**Иерархия** – упорядоченность компонентов системы по степени важности.

По пространственному расположению различают линейные, плоские и объемные структуры.

По изменению структуры во времени различают системы:

- 1.экстенсивные (с ростом числа элементов)
- 2.интенсивные (с ростом количества связей)
- 3.редицирующие (с уменьшением числа элементов)
- 4.деградирующих (с уменьшением количества связей)

## **3.4 Наличие интегративных свойств (эмергентности)**

**Эмергентность** - возникновение качественно новых свойств системы при объединении элементов системы в единое целое.

### **Выводы:**

- 1. Система не сводится к простой совокупности элементов и обладает принципиально новыми качествами;**
- 2. Расчленяя систему на отдельные невязанные части, нельзя познать все свойства системы в целом;**
- 3. Оптимальное (наилучшее) функционирование системы в целом не означает оптимальности условий функционирования всех ее частей.**