# Практическая работа № 1. Основы теории систем

## Вопросы

### 1. Каковы основные свойства систем?

1. Уникальность, целостность и членимость, разнородность подсистем и элементов. 2. Системы имеют иерархическую структуру. 3. Свойства системы определяются не только свойствами отдельных ее элементов, но и характером связей и взаимодействия между ними.

### 2. Что такое сложная система?

Под сложной системой понимают совокупность объектов (простых и сложных элементов —компонент), взаимодействие которых обусловливает появление новых качеств, не свойственных объектам, входящим в систему.

### 3. Каковы основные свойства сложных систем?

1. Сложная система имеет довольно сложную функцию, направленную на достижение заданной цели. 2. Сложная система имеет управление (часто с иерархической многоуровневой структурой), разветвленную информационную сеть и потоки информации. 3. Сложные системы взаимодействуют с внешней средой и функционируют в условиях воздействия множества случайных факторов различной природы.

### 4. Чем отличаются сложные системы от простых?

В отличие от простых систем в сложных системах введение новых связей между ее элементами приводит к появлению новых свойств. Четкую границу между простыми и сложными системами определить трудно. В них может быть множество элементов и множество связей.

Иерархичность системы подразумевает, что каждая система может быть разделена на подсистемы, которые, в свою очередь, могут быть разделены на более мелкие подсистемы следующего уровня иерархии, и т. д.

В принципе это деление можно производить до бесконечности. Сама система может входить в более крупную подсистему. Самый нижний уровень иерархии называют элементом, не подлежащим дальнейшему делению. Он определяется условиями конкретной задачи исследования.

### 5. Что такое и для чего нужна модель «черный ящик»?

Название образно подчеркивает полное отсутствие сведений о внутреннем содержании «ящика»: в этой модели задаются, фиксируются, перечисляются только входные и выходные связи системы со средой (даже «стенки ящика», т. е. границы между системой и средой, в этой модели обычно не описываются, а лишь подразумеваются, признаются существующими). Такая модель, несмотря на внешнюю простоту и на отсутствие сведений о внутренности системы, часто оказывается полезной.

Модель «черного ящика» часто оказывается не только очень полезной, но в ряде случаев единственно применимой при изучении систем. Например, при исследовании психики человека или влияния лекарства на живой организм мы лишены возможности вмешательства в систему иначе, как только через ее входы, и выводы делаем только на основании наблюдения за ее выходами.

Другая причина того, что приходится ограничиваться только моделью «черного ящика», — действительное отсутствие данных о внутреннем устройстве системы. Например, мы не знаем, как «устроен» электрон, но знаем, как он взаимодействует с электрическими и магнитными полями. Это и есть описание электрона на уровне модели «черного ящика».

### 6. Что такое модель состава системы?

При рассмотрении любой системы прежде всего обнаруживается, что ее целостность и обособленность (отображенные в модели черного ящика) выступают как внешние свойства. Внутренность же «ящика» оказывается неоднородной, что позволяет различать составные части самой системы. При более детальном рассмотрении некоторые части системы могут быть, в свою очередь, разбиты на составные части и т. д. Те части системы, которые мы рассматриваем как неделимые, будем называть элементами. Части системы, состоящие более чем из одного элемента, назовем подсистемами. Можно ввести обозначения или термины, указывающие на иерархию частей (например, «подсистемы такого-то уровня»). В результате получается модель состава системы, описывающая, из каких подсистем и элементов она состоит.

### 7. Что такое модель структуры системы?

Для достижения ряда практических целей достаточно модели «черного ящика» или модели состава. Однако очевидно, что есть вопросы, решить которые с помощью этих моделей нельзя. Чтобы получить велосипед, недостаточно иметь «ящик» со всеми отдельными его деталями. Надо еще правильно соединить все детали между собой, или, говоря более обще, установить между элементами определенные связи — отношения. Совокупность необходимых и достаточных для достижения цели отношений между элементами называется структурой системы.

### 8. Как можно представить процесс функционирования любой системы?

Процесс функционирования любой системы может быть представлен несколькими способами.

1. Входные и выходные воздействия представляются множеством чисел с помощью функций преобразования входов в выходы.  
2. С помощью таблиц соответствия, в которых в одну графу заносятся значения входных воздействий, а в другую — значения выходных воздействий.  
3. Графический способ является наиболее наглядным для описания динамических систем.

Для описания движения динамической системы широко применяется метод, основанный на использовании фазового пространства, так называемого n-мерного пространства, где n — число обобщенных координат системы. Для каждой системы с помощью n-мерного пространства формируют область допустимых состояний, т. е. в этой области может находиться точка, отображающая движение системы в случае ее нормального функционирования.

### 9. Что такое пространство состояний системы?

Пространством состояний системы называется пространство, каждой точке которого (изображающей точке) однозначно соответствует определенное состояние рассматриваемой динамической системы, а каждому процессу изменения состояний системы соответствует определенная траектория перемещения изображающей точки в пространстве.

### 10. Что такое преобразования системы и какие они бывают?

Движение любой системы представляет собой некоторую последовательность изменений ее состояний. Характеризуя состояние системы в некоторый момент времени ti вектором Zi, а состояние в момент ti+1 — вектором Zi+1, можно считать, что произошел переход (Zi, ti) в (Zi+1, ti+1). Закон, согласно которому каждому элементу некоторого множества соответствует элемент другого множества, называется оператором. При переходе системы в новое состояние оператором будет называться закон, в соответствии с которым происходит этот переход. Значение переменной величины, над которой совершается операция, вызывающая переход, называется операндом. Новое значение переменной, новое состояние, возникшее в результате воздействия оператора на операнд, называется образом. Например, при реализации функции умножения y = ax правило умножения есть оператор, x — операнд, y — образ.

Более сложны случаи, когда под воздействием некоторого оператора происходят переходы для некоторого множества операндов. Такое множество переходов называется преобразованием.

Преобразования, в которых каждому операнду соответствует только один образ, называются однозначными. Преобразования, в которых каждому операнду могут соответствовать различные образы, называются неоднозначными.

По особенностям преобразования все динамические системы можно разделить на два типа. В системах 1-го типа (более простых) между вектором входных величин X и вектором выходных величин Y существует однозначная функциональная связь. Следовательно, вектор входных величин полностью определяет вектор выходных величин.

В системах 2-го типа (более сложных) имеют место две ступени функциональных связей. Одна из них описывает зависимость внутреннего состояния системы Z от вектора входных величин X, другая зависимость вектора выходных величин Y от множества внутренних параметров системы и вектора входных величин.

### 11. Чем характеризуется устойчивость систем?

Под устойчивостью системы понимают ее свойство возвращаться в некоторое установившееся состояние или режим после нарушения последнего вследствие воздействия каких-либо внешних или внутренних факторов.

Характерные свойства кибернетических систем — большое число устойчивых состояний и способность самопроизвольно приходить в устойчивое состояние при нарушении равновесия.

Под устойчивостью функционирования сложной системы в более общем смысле понимают способность системы сохранять требуемые свойства в условиях действия возмущений.

### 12. Каковы основные особенности управления сложными системами?

В сложных системах важную роль играют процессы управления, представляющие собой процесс сбора, передачи и переработки информации, а также формирование на основе этой информации управляющих команд, изменяющих состояние и режимы функционирования системы.

В сложных системах выделяют специфические контуры управления, вдоль которых циркулируют потоки информации. Часто контуры управления являются замкнутыми и носят характер обратной связи: фактическое значение параметра сравнивают с его требуемым значением, и по величине отклонения вырабатывается корректирующий сигнал управления.

Серьезное значение имеет правильный выбор степени централизации управления в тех системах, в которых существуют большие массивы осведомительной информации, а качество управления существенно зависит от учета состояния всех элементов системы.

Реальные сложные системы функционируют в условиях действия большого числа случайных факторов, источниками которых являются воздействия внешней среды, ошибки, шумы, отклонения величин в самой системе. Все случайные воздействия оказывают влияние на систему и могут существенно менять характер ее функционирования.

### 13. Что такое критерии эффективности сложных систем и каковы основные требования к ним?

Качество функционирования сложных систем оценивают с помощью показателей, или критериев эффективности, под которыми понимают такую числовую характеристику, которая оценивает степень приспособленности системы к выполнению поставленной перед ней задачи.

Чтобы показатель эффективности достаточно полно характеризовал качество работы системы, он должен учитывать все основные особенности и свойства системы, а также условия ее функционирования и взаимодействия с внешней средой, т. е. показатель эффективности определяется процессом ее функционирования.

### 14. Назовите и охарактеризуйте основные этапы разработки и основные задачи исследования сложных систем.

Проектирование сложных систем имеет две достаточно важные стадии. Первая относится к структурным вопросам и называется макропроектированием или внешним проектированием системы. На этой стадии производят выбор структуры системы, ее основных элементов, организации взаимодействия между ними, воздействия внешней среды, оценку показателей эффективности и соответствия рассматриваемого варианта системы общим требованиям ТЗ. Вторая стадия ­— микропроектирование, или внутреннее проектирование, связанное с проектированием элементов сложных систем как физических единиц. Здесь осуществляются технические решения по основным элементам системы, их конструкции и параметрам, режиму эксплуатации, по организации производства. Разработка современной сложной системы сопровождается различными автономными и комплексными испытаниями. Автономные испытания относятся к элементам системы и имеют целью проверку правильности функционирования оборудования и получение экспериментальных данных для оценки параметров и режимов эксплуатации.

Среди задач, возникающих в связи с исследованием сложных систем, выделяют два основных класса: 1) задачи анализа, связанные с изучением свойств и поведения системы в зависимости от ее структуры и значений параметров; 2) задачи синтеза, сводящиеся к выбору структуры и значений параметров в зависимости от заданных свойств системы. При анализе предполагаются заданными требуемые значения функциональных характеристик системы, а также область устойчивости системы. Необходимо выбрать структуру системы и значения параметров, обеспечивающие требуемые значения функциональных характеристик. Обычно синтез ставится как экспериментальная задача, т.е. речь идет о выборе такой структуры и значений параметров, при которых показатель эффективности имел бы max или min c учетом ограничений, налагаемых на остальные показатели (надежности, помехозащищенности и т. п.).

## Терминологический словарь

1. Техника — обобщающее наименование сложных устройств, механизмов, систем (включая «средства труда»).
2. Электронно-вычислительная машина (сокращённо ЭВМ) — комплекс технических, аппаратных и программных средств, предназначенных для автоматической обработки информации, вычислений, автоматического управления.
3. Системотехника — это научное направление, изучающее системные свойства системотехнических комплексов, процессы их создания, совершенствования, использования и ликвидации с целью получения максимального социального эффекта.
4. Кибернетика — наука об общих закономерностях получения, хранения, преобразования и передачи информации в сложных управляющих системах, будь то машины, живые организмы или общество.
5. Сложная система — совокупность объектов (простых и сложных элементов — компонент), взаимодействие которых обусловливает появление новых качеств, не свойственных объектам, входящим в систему.
6. Система — множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определённую целостность, единство.
7. Подсистема — подчинённая или вспомогательная система; часть какой-либо более крупной, общей системы, характеризующаяся относительной целостностью
8. Модель — система, исследование которой служит средством для получения информации о другой системе; представление некоторого реального процесса, устройства или концепции.
9. Элемент — составляющая часть чего-либо (особенно — простая, не состоящая, в свою очередь, из других частей).
10. Чёрный ящик — термин, используемый для обозначения системы, внутреннее устройство и механизм работы которой очень сложны, неизвестны или неважны в рамках данной задачи.
11. Компонент — составная часть, элемент чего-либо.
12. Структура системы — совокупность необходимых и достаточных для достижения цели отношений между элементами.
13. Идеализированный элемент — это некоторый абстрактный элемент, у которого отсутствуют любые физические свойства, кроме способности к регенерации связей с другими подобными идеализированными элементами.
14. Пространством состояний системы — пространство, каждой точке которого (изображающей точке) однозначно соответствует определенное состояние рассматриваемой динамической системы, а каждому процессу изменения состояний системы соответствует определенная траектория перемещения изображающей точки в пространстве.
15. Устройство — рукотворный объект (прибор, механизм, конструкция, установка, аппарат, машина) со сложной внутренней структурой, созданный для выполнения определённых функций, обычно в области техники.
16. Оператор — закон, согласно которому каждому элементу некоторого множества соответствует элемент другого множества.
17. Иерархия — положение частей или элементов чего-либо в порядке от высшего к низшему.
18. Модель состава системы — это своеобразный список элементов системы.
19. Модель структуры системы отображает связи между компонентами модели ее состава, т. е. совокупность связанных между собой моделей «черного ящика» для каждой из частей системы, которые не подлежат делению.
20. Классификация — понятие в науке, обозначающее разновидность деления объёма понятия по определённому основанию (признаку, критерию), при котором объём родового понятия (класс, множество) делится на виды (подклассы, подмножества), а виды, в свою очередь делятся на подвиды и т. д.
21. Статическая система — это такая система автоматического регулирования, в которой ошибка регулирования стремится к постоянному значению при входном воздействии, стремящемся к некоторому постоянному значению.
22. Динамическая система — множество элементов, для которого задана функциональная зависимость между временем и положением в фазовом пространстве каждого элемента системы.
23. Устойчивостью системы — свойство системы возвращаться в некоторое установившееся состояние или режим после нарушения последнего вследствие воздействия каких-либо внешних или внутренних факторов.
24. Устойчивость функционирования сложной системы в более общем смысле — способность системы сохранять требуемые свойства в условиях действия возмущений.
25. Функционал — это оператор, заданный на некотором множестве функций и принимающий значения из области действительных чисел.