

ДИСЦИПЛИНА: Эффективность и Качество Систем Передачи и Обработки данных

Тема №1 Назначение, состав, основные характеристики и показатели эффективности и качества СПОД

Занятие № 1. Лекция. Понятия теории систем и теории эффективности (3ч.)

I. Учебная цель

1. Ввести в предмет общей теории систем и ее понятийный аппарат
2. Развивать умения системного мышления

II. Воспитательная цель

Формировать стремление к овладению системными понятиями

III. Расчет учебного времени

Содержание и порядок проведения лекции	Время, мин
Вступительная часть	5
Основная часть (текст лекции)	125
Введение	
Учебные вопросы:	
1. Научный статус теории систем и ее роль в автоматизации управления	20
2. Исходные понятия, определяющие понятие качества системы.	40
3. Основные свойства и качество СПОД и её подсистем	20
4. Классификация систем	5
Заключение	
Заключительная часть	5

IV. Литература

1. Анфилатов В.С. Теоретические основы автоматизации управления войсками и связью. Часть 1. Системные основы автоматизации управления войсками и связью: Учебное пособие. СПб.: ВАС, 2014. 312с. [1, с.20-68]
2. Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Под ред. А.А. Емельянова. Системный анализ в управлении. М.: Финансы и статистика, 2009.- 368 с. [7, с. с.9-76].
3. Боговик А.В., Игнатов В.В. Теория управления в системах военного назначения. Учебник.: СПб.: ВАС, 2008. [5, с.4-55].

V. Учебно-материальное обеспечение

1. Наглядные пособия: презентация.
2. Технические средства обучения: ПЭВМ, видеопроектор.
3. Раздаточный материал: файл д/занятия.

VI. Текст лекции

Введение

Зарождение и формирование любой науки и научной теории определяется множеством сложно переплетающихся предпосылок научно-технического прогресса, социально-политической жизни, духовной культуры и материального производства. В конечном счете за всеми этими предпосылками лежат потребности практики и науки. Под давлением практических и научных потребностей исторически развивались концептуальные средства для решения проблемы сложности объектов окружающего мира. На их основе в 50-х годах XX века оформились концепции частных системных теорий (кибернетика, системный анализ, системотехника, исследование операций и др.) и концепция *общей теории систем* (*General System Theory*) — теоретическая и методологическая концепция исследования объектов, представляющих собой системы. Первый вариант общей теории систем предложил Людвиг фон Берталанфи (1950 г.). Его основная идея - изоморфизм законов, определяющих функционирование систем. Позднее появились другие варианты (М. Месарович, Л. Заде, Р. Акофф, Дж. Клир, А. И. Уемов, Ю. А. Урманцев).

Общая теория систем играет важную роль в развитии современной науки и техники - не подменяя теории для определенных классов систем, она формулирует общие методологические принципы системного исследования и помогает в преодолении недостатков узкой специализации, усилении междисциплинарных связей, развитии диалектического видения мира, системного мышления.

В настоящее время системные представления широко используются применительно к объектам исследования многих наук, включая военную науку.

1. Научный статус теории систем и ее роль в автоматизации управления

1.1 Предпосылки зарождения и формирования теории систем

С начала 20 века стала остро ощущаться нарастающая сложность мира, окружающего человека. Умом и руками последних поколений людей на земле был создан новый компонент – техносфера – продукт и средство цивилизации. Все большее место среди объектов создания, эксплуатации и исследования стали занимать сложные объекты, которые отличает разнообразие выполняемых функций, большое число частей и ряд других признаков.

1.2 Объект, предмет и задачи общей теории систем

Общая теория систем еще не сложилась в полной мере. Даже название у нее не единственное – наряду с более всего употребительным названием “Общая теория систем” (Л. Берталанфи, К. Боулдинг, В.Н. Садовский, У.Р. Эшби и др.) применяются такие названия как “Системная идеология” (М. Месарович), “Системная методология” (И. Клир), “Системология” (И.Б. Новиков, В.М. Глушков), “Теория сложных систем” (Н.П. Бусленко) и др. Пока она представляется совокупностью разрозненных системных теорий ограниченной общности (рисунок 1). Предложенные теоретико-системные концепции строятся на различных предпосылках и характеризуются разнообразием исследовательского инструментария. Среди них преобладают описательные, ограничивающиеся лишь общими идеями и определениями. Аксиоматическая форма придана очень немногим концепциям. Не полностью формализованные теории основываются на разных формализмах: логических исчислениях, теории множеств, дифференциальном исчислении и др. Вопрос определения оценки и предпочтительности вариантов теории систем остается пока открытым.

Существует две трактовки общей теории систем. Согласно первой из них общая теория систем рассматривается как метатеория относительно теорий систем различных классов (как общая теория системных теорий, указывающая на расхождение и на сходство между различными системными теориями). Вторая трактовка является более широкой - она включает наряду с метатеоретическим и объективный аспект, питаемый эмпирическими данными специальных наук и собственными приложениями. При таком понимании общая теория систем выходит на реальные системы прямо, а не через другие теории и потому находит более широкое признание.

Объектом исследования общей теории систем являются системы и классы систем любой природы, а *предметом* – закономерности их создания, функционирования и развития.

Главная задача общей теории систем заключается в построении концептуальной основы для разработки методов, позволяющих исследовать более широкие классы систем, чем те, которые связаны с неживой природой. В ней выделяются следующие частные задачи:

- а) разработка средств представления исследуемых объектов как систем, в том числе формализация основных системных понятий;
- б) построение обобщенных и формальных моделей систем и классов систем;
- в) разработка общих принципов и логико-математическ. аппарата для сист. исследований;
- г) развитие системных концепций общего характера;
- д) создание частных теорий систем.

Нося междисциплинарный характер, общая теория систем опирается на другие науки и научные дисциплины и работает на них. Ее понятийный аппарат и методология применяются в других науках.

В рамках общей теории систем изучаются те аспекты системных объектов, которые вытекают из их общих свойств, а не из их конкретного содержания. Она не заменяет, а дополняет другие научные дисциплины, изучающие разные стороны системных объектов. Среди них следует выделить кибернетику, системный анализ, исследование операций, системотехнику и военную системотехнику. Названные дисциплины дополняют друг друга и во многом пересекаются. Объединяет их общая теория систем (рисунок 1).

Кибернетика отличается от общей теории систем прежде всего в экстенсивном плане – числом изучаемых классов системных объектов (таблица 1). Первая изучает все системные образования, вторая – только системы с управлением. Причем изучение систем управления ведется в части процессов управления. Следовательно, объект и предмет кибернетики намного уже объекта и предмета общей теорией систем.

Таблица 1 - Основные атрибуты системных дисциплин

Название дисциплины (науки)	Объект исследования	Предмет исследования
Общая теория систем (General theory of systems)	Системы и классы систем любой природы	Закономерности создания, функционирования и развития систем любой природы
Кибернетика (Cybernetics)	Объекты с управлением	Закономерности процессов управления
Системный анализ (System analysis)	Проблемы	Методология решения проблем
Исследование операций (Research of operations)	Операции	Методология обоснования решений на операцию
Системотехника (Systems engineering)	Технические и человеко-машинные образования	Закономерности жизненного цикла технических и человеко-машинных образований
Военная системотехника (Military system engineering)	Технические и человеко-машинные образования военного назначения	Закономерности жизненного цикла технических и человеко-машинных образований военного назначения

Системный анализ имеет дело с проблемами в системных объектах, разрабатывая методологию их решения. *Исследование операций* занимается количественным обоснованием решений в операциях. *Системотехника* (термин системотехника предложен в 1962 г. Ф.Е.Темниковым при переводе книги Г.Гуда и Р.Макола как эквивалент английского "System Ingeneering") явилась прикладным воплощением теории систем и сформировалась к началу 1960х годов. Выделяют теоретическую и прикладные части системотехники,

Современное развитие системных идей идет по трем направлениям:

- решение теоретико-методологических проблем;
- создание математической теории систем и системного анализа;
- расширение сферы практических приложений в технике, экономике и социальной области.

1.3. Роль теории систем в решении практических задач автоматизации управления

Роль любой теории, тем более теории систем определяется известным положением, что без овладения теорией трудно решать на должном научном уровне практические задачи.

Автоматизация управления в РФ связана с большими материальными затратами и требует значительного времени. Просчеты и ошибки, допускаемые при решении вопросов разработки и внедрения АСУ лишь на основе опыта, здравого смысла и интуиции, ведут к серьезным последствиям.

В мирное время военная практика весьма ограничена и именно теория систем призвана обеспечить выявление и более полный учет всех факторов, влияющих на автоматизацию управления в РФ.

Без теории систем нельзя целенаправленно проводить исследования, связанные с определением требований к автоматизированным системам управления различного типа и перспектив их развития.

Игнорирование положений теории систем затрудняет подготовку специалистов в области автоматизации управления войсками.

Умение мыслить системными категориями и владеть принципами системного подхода необходимо сегодня каждому специалисту по автоматизации управления. Современная культура решения задач создания и эксплуатации АСУ органически включает знания и умения системной методологии.

2. Исходные понятия системотехники

Познавательные возможности системотехники, как и любой другой науки, реализуются путем отражения объектов и явлений в ее понятиях. *Понятие [concept, notion] – символическое отображение в обобщенной форме объектов и явлений действительности через их общие и специфические признаки.*

Различают понятия в широком смысле и научные понятия.

Каждое понятие имеет содержание и объем. *Содержание понятия – это совокупность признаков, на основе которой предметы выделены и отражены в понятии. Объем понятия – это совокупность отраженных в понятии предметов.*

Системные понятия связаны между собой и определяются, как правило, одно через другое, в некоторой мере уточняя друг друга. Исходя из степени связности понятий их можно свести в ряд групп.

2.1 Понятия, определяющие понятие системы

Субъект (от лат. subjectus - лежащий внизу, находящийся в основе) - носитель практической и познавательной деятельности (исследователь), источник активности. Субъектом может быть индивид или социальная группа.

Объект (от лат. objectum – предмет) - то, что противостоит субъекту в его практической и познавательной деятельности (что существует вне субъекта и независимо от его сознания и выступает предметом познания и практического воздействия). Согласно принципу Бора, существующим считается лишь то, что наблюдаемо или может быть сделано таковым (что устойчиво во времени и ограничено в пространстве).

Элемент - часть объекта, обладающая определенной самостоятельностью по отношению ко всему объекту и неделимая при данном его рассмотрении. Так, элементами могут выступать:

- для узла связи – пункт управления и центры (телеграфный центр, центр радиосвязи и др.);
- для персонального компьютера – базовый блок, монитор, клавиатура и мышь;
- для программы – блоки и операторы.

Элемент определяет уровень детализации (предел деления) исследуемого объекта, ниже которого не стоит опускаться в рамках решения конкретной задачи (достижения поставленной цели) исследования. Разбить объект на элементы можно различным образом в зависимости от формулировки цели и ее уточнения в процессе исследования.

Состав объекта – совокупность элементов, относящихся к объекту. Состав объекта может определяться либо перечнем типов элементов и перечнем элементов каждого типа либо перечнем элементов без указания их принадлежности к тому или иному типу.

Связь – вид отношения между элементами (объектами), которое проявляется как некоторый обмен (материальный, энергетический, информационный). Благодаря обмену элементы как бы выходят из своих границ и попадают в границы других элементов (происходит нарушение границ элементов). Связи характеризуются природой (информационные, электрические, генетические и др.), значимостью (основные, вспомогательные), направленностью (прямые, обратные), силой (слабые, сильные), временем действия (постоянные, временные) и местом приложения (внутренние - между элементами объекта, внешние - между элементами данного объекта и элементами других объектов).

Элементы объекта могут обладать одновременно связями нескольких видов.

Иногда связи рассматривают как отдельный элемент объекта и называют его *коммуникантом*. Когда элементы и связи объекта различать не нужно, то пользуются обобщающим термином “*компонент*”.

3. Основные свойства и качество СПОД и её подсистем

Свойство объекта – 1) сторона объекта, обуславливающая его различие или сходство с другими объектами и проявляющаяся во взаимодействии с ними; 2) объективная особенность объекта, которая проявляется при его создании, эксплуатации или потреблении. Так, свойствами компьютера являются производительность, надежность, мобильность и др. Свойства объекта определяются свойствами его элементов, но не прямо и не полностью. На формирование свойств влияют также число элементов каж-

дого типа и связи между элементами. Короче говоря, свойства объекта целиком определяются его составом и строением.

Свойства, разложение которых невозможно по состоянию знаний или нецелесообразно по условиям задачи исследования объекта считаются *простыми*, свойства, подвергающиеся разложению - *составными*. Пример составного свойства – надежность компьютера. Это свойство допускает разложение на такие свойства как безотказность, ремонтпригодность, долговечность и сохраняемость.

Любой объект обладает практически неограниченным числом свойств, единство которых и выражает его объективную определенность. В рамках конкретного исследования рассматривается не все множество свойств объекта, а только те из них, которые оказывают решающее влияние на его качественную определенность (имеют существенное значение). Исходя из этого говорят о *существенных* и *несущественных* свойствах. Существенность свойств может меняться с изменением цели исследования.

Свойства объекта, которые принципиально не сводятся к свойствам его элементов и не выводятся из них, называются *интегративными* (*эмерджентными* от англ. emergence - возникновение нового) или *синергетическими* (от греч. synergetikos — совместный, согласованный, действующий).

Характеристика свойства - мера отражения (выраженности) свойства объекта. Характеристики свойств могут быть *качественными* (уровень морального духа войск, степень подготовленности обслуживающего персонала, форма представления чисел в компьютере) и *количественными* (дальность связи радиостанции, численность личного состава подразделения, емкость оперативной памяти компьютера). При обработке значения качественных характеристик подвергаются логическим операциям, значения количественных – арифметическим.

Количественные характеристики объекта принято называть *параметрами*. По способу определения значений параметры делят на *измеримые* и *вычисляемые*. Первые находятся посредством измерений и относятся преимущественно к простым свойствам, вторые – посредством вычислений и относятся к составным свойствам.

Из деления свойств объекта на существенные и несущественные следует соответствующее деление их характеристик.

При исследованиях объектов выделяют следующие группы характеристик:

- ◆ характеристики объекта в целом,
- ◆ характеристики элементов объекта,
- ◆ характеристики объектов среды.

Качество объекта - совокупность свойств, указывающих на то, что представляет собой объект, и выделяющих его из всех других объектов. Это объективная определенность объекта, в силу которой он является данным объектом, а не другим. В системотехнике обычно используется понятие качества как *совокупности свойств объекта, обуславливающих его пригодность к удовлетворению определенных потребностей в соответствии с назначением*.

Совокупность свойств объекта, определяющих его качество, можно упорядочить в виде древовидного графа (рисунок 2). Основанием (корнем) дерева служит качество объекта. От него отходят свойства первого уровня. Те из них, которые являются *составными*, при разложении образуют второй уровень свойств и т.д. На самом нижнем уровне будут находиться *простые* свойства. Дереву свойств объекта можно сопоставить дерево характеристик.

Рисунок 2 - Пример дерева свойств объекта

Различные объекты имеют ряд общих свойств, которые в той или иной мере присущи им всегда (рисунок 3).

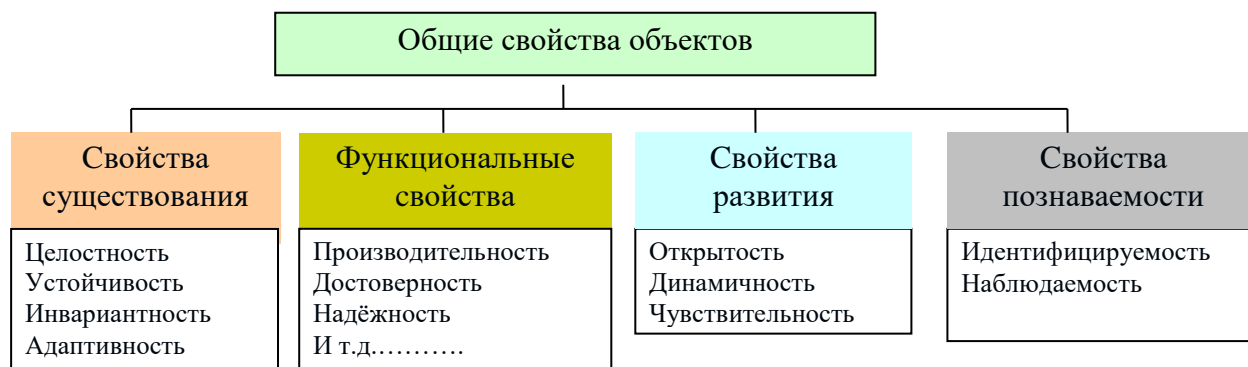


Рисунок 3 - Общие свойства объектов

Рассмотрение объекта имеет смысл только в том случае, если он существует какой-то период времени. Не обладая свойствами существования, объект не может иметь никаких других свойств. К данной группе свойств относятся:

а) *целостность* – внутреннее единство объекта, позволяющее выделить его из окружающей среды как самостоятельное образование. Свойство целостности является основным свойством объектов. Оно проявляется в наличии связей между элементами объекта (свойство связности) и свойств, которыми элементы не обладают (эмерджентные свойства);

б) *устойчивость* – способность объекта сохранять свои характеристики при внешних воздействиях.

в) *инвариантность* – способность объекта сохранять свои характеристики при преобразованиях.

г) *адаптивность* – способность объекта изменять свое состояние с целью сохранения, улучшения или приобретения новых свойств в условиях меняющейся во времени среды, априорная информация о которой является неполной. Это свойство предполагает наличие в объекте определенного механизма адаптации (параметрической, структурной, алгоритмической) – адаптера. Адаптер реализует свои функции на основе информации, поступающей при функционировании объекта.

Состав группы функциональных свойств может значительно варьироваться от одного типа объекта к другому.

Возникший объект не может существовать сколь-нибудь долго в неизменном, застывшем виде – он развивается. Его развитие определяется соответствующей группой свойств, которая включает:

а) *открытость* – способность объекта допускать совершенствование и развитие.

б) *динамичность* – способность объекта допускать изменения своих характеристик в определенных пределах.

в) *чувствительность* – способность объекта реагировать на изменения своих характеристик.

В группу свойств познаваемости входят:

а) *идентифицируемость* – свойство объекта допускать определение его характеристик по данным наблюдения за входом и выходом;

б) *наблюдаемость* – свойство объекта допускать определение его состояния по данным наблюдения за входом и выходом.

Показатель качества объекта – характеристика или функция характеристик свойств объекта.

Рассмотренные выше понятия позволяют определить центральное понятие общесистемных дисциплин – понятие системы.

2.2. Понятия системы и ее среды

Термин “система” (от греч. *systema* — составленное из частей, соединенное) возник в античности и включался философами в контекст поиска общих принципов организации мышления и знания. Начиная с 19 в., распространяются онтологические (онтология – учение о бытии) и натуралистические интерпретации систем. Системность начинает трактоваться как свойство объектов познания, а связи между различными слоями знания — как фиксация связей в самих объектах. Речь теперь идет не столько о том, чтобы сформировать систему знания, сколько о том, чтобы воспроизвести в знании объект как систему. *Понятие системы стало удобным обобщающим понятием, превратилось в общенаучную категорию.* Им пользуются в тех случаях, когда требуется охарактеризовать исследуемый объект как нечто целое и сложное, о котором невозможно сразу дать представление: показать его, изобразить графически или описать математически.

И на сегодняшний день единства в определении термина “система” нет (существует несколько десятков определений), хотя в своем большинстве они не очень существенно отличаются друг от друга. Им присущи следующие моменты:

- система включает множество элементов объекта со своими свойствами (в системе не один элемент, а несколько);
- элементы системы связаны (элемент без связей не может принадлежать системе);
- система обладает эмерджентными свойствами (является не простым множеством элементов, а выступающим как целостность);
- представление объекта как системы формируется исследователем.

Таким образом, признаками системы является наличие элементов и связей между ними, а в качестве **основных системообразующих принципов** можно выделить следующие:

а) **целостность**, то есть несводимость свойств системы к сумме свойств ее составляющих и невыводимость из них свойств системы. Целостность системы это не интегральное (аддитивное, суммативное) свойство всех элементов системы, а совершенно новые, иные свойства или качества системы в целом, появляющиеся только в результате системного объединения элементов;

б) **зависимость** каждого элемента, части системы (подсистемы), свойств и отношений от их места и функций (значения, назначения) внутри целого;

в) **структурность**, то есть возможность описания статического состояния системы через установление ее структуры, размещение элементов системы в пространстве и во времени и фиксацию сети связей и отношений этих элементов;

г) **взаимозависимость** системы и окружающей среды, то есть возможность отграничить систему от окружающей ее среды, "выделить" систему из окружающей среды путем определения ее границ;

д) **иерархичность**, то есть возможность ранжированного, упорядоченного деления системы на части, подсистемы и элементы.

Примем в качестве основного следующее определение: **Система** (от гр.systema – целое) - представление объекта с позиции исследователя и поставленной перед ним цели как множества связанных элементов, обладающего эмерджентными свойствами и выделенного из окружающего мира на определенное время исследования.

В системе могут выделяться более крупные части, чем элементы - подсистемы.

Подсистема - подмножество связанных элементов системы, выделенное по определенному признаку и обладающее ее атрибутами. Подсистеме должны быть обязательно присущи свойства целостности и эмерджентности. Этим подсистема отличается от отдельно взятого элемента и простой группы элементов системы. Связи между элементами в подсистемах сильнее связей между подсистемами (рисунок 5).

Процесс выделения подсистем из системы называется *декомпозицией*, процесс объединения подсистем в систему – *композицией (агрегированием)*. Для декомпозиции могут использоваться самые различные признаки: целевые, функциональные, структурные, технологические и т.п. Так, в системе научных знаний, исходя из объекта изучения в качестве подсистем выделяются как подсистемы естественные, общественные, гуманитарные и технические науки.

Функциональная подсистема - подсистема, реализующая одну или несколько функций системы. *Обеспечивающая подсистема* - подсистема, создающая определенные условия для функционирования других подсистем системы.

Суперсистема (надсистема)– система, включающая на правах элемента исследуемую систему. У исследуемой системы может быть не одна, а несколько надсистем. В свою очередь, надсистема может входить как элемент в надсистему более высокого порядка (2-го, 3-го и т.д.).

Таким образом, понятия "элемент", "подсистема", "система" и "надсистема" взаимно преобразуемы: допустимо систему рассматривать как элемент системы более высокого порядка, а элемент - как систему (при углубленном анализе).

Система как относительно обособленная целостность противостоит ближайшему окружению – среде, во взаимодействии с которой она формирует и проявляет свои свойства. Взаимодействие система-среда означает, что для каждой системы наряду с множеством присущих ей внутренних связей, объединяющих между собой ее элементы, существует комплекс ее внешних связей.

Среда - множество объектов вне системы, которые оказывают влияние на нее и/или сами находятся под ее воздействием (рисунок 6). Система образует со средой особое единство.

Рисунок 6 - Виды объектов среды

Среда представляет собой сложное и неоднородное образование, содержащее объекты системы более высокого уровня (суперсистемы), задающей требования и ограничения к исследуемой системе, систем ниже лежащего уровня (подсистем) и систем одного уровня с исследуемой системой. Объект среды, оказывающий влияние на систему называется *объектом возмущения*, объект среды, на который воздействует система, - *объектом воздействия*.

Система (подсистема, элемент) имеет входы и выходы (по крайней мере, один вход и один выход). Вход представляет дискретное или непрерывное множество "контактов", через которые воздействие среды передается системе, выход - множество "контактов", через которые система воздействует на среду.

Воздействие может состоять в передаче вещества, энергии, информации или комбинации этих компонентов. Соответственно говорят о вещественном, энергетическом, информационном обмене между системой и средой (метаболизме).

Среду для военных систем образуют:

- объекты системы (систем) более высокого порядка;
- взаимодействующие объекты других систем;
- объекты противника;
- естественно-природные объекты.

Выбор элементов среды, как и элементов системы, определяется интересами исследователя и поставленной перед ним целью. В процессе исследования граница между системой и средой может существенно деформироваться. Некоторые элементы системы, первоначально включенные в нее, могут быть отнесены к среде, и наоборот. Всякое уточнение системы обычно приводит к соответствующему уточ-

нению среды. При исследовании отдельных систем среда исключается из рассмотрения (система считается полностью изолированной от среды).

Таким образом, хотя конкретные системы и их среды объективны, они в то же время и субъективны. Число системных представлений объекта и его среды безгранично, как безграничен сам процесс познания.

2.3. Понятия структуры и состояния системы

Структура системы (от лат. *structure* - строение, расположение, порядок) - состав системы и совокупность связей между ее элементами. Формально структуру можно представить в виде ориентированного графа, вершины которого соответствуют элементам, а дуги – связям. Иногда понятие структуры сужается до схемы связей между элементами (элементы рассматриваются абстрактно – как точки).

Структура системы играет основную роль в формировании и сохранении ее эмерджентных свойств. Понятие структуры указывает на некую «жесткость» объекта - способность сохранять тождество самому себе при различных внешних и внутренних изменениях и интуитивно противопоставляется понятию хаоса как состоянию, не обладающему какой-либо структурой. Неправомерно отождествлять понятия "система" и "структура", т.к. последняя является лишь временной статической характеристикой системы

В мире существует громадное число различных объектов, однако число соответствующих им типов структур относительно ограничено. Наибольшее распространение получили следующие типовые структуры (рисунок 7):

- 1) последовательная (линейная), в которой каждый из элементов, кроме крайних, связан с двумя соседними элементами. Разрыв какой-то одной связи приводит к разрушению структуры;
- 2) параллельная, в которой между элементами имеется одна общая связь;
- 3) кольцевая, образуемая при замыкании линейной структуры;
- 4) централизованная, в которой один элемент замыкает на себя связи от всех других элементов;
- 5) иерархическая,
- 6) матричная (решетчатая), в которой каждый из элементов, кроме крайних, связан с четырьмя соседними элементами;
- 7) полносвязная, в которой каждый элемент имеет отдельную связь с каждым из других элементов.

Структура является внутренней основой, на которой строится функционирование системы. Связь структуры с функциями системы носит сложный характер. С одной стороны, готовая структура предопределяет набор возможных функций системы. При фиксированной структуре функциональные изменения допустимы лишь в определенных границах. С другой стороны, структура всегда создается под функции.

Топологическая структура (топология) системы - структура системы с указанием пространственного расположения ее элементов.

С понятием структуры системы связаны понятия структуризации, организации и деструкции.

Структуризация системы - процесс выделения элементов системы и установления связей между ними. В одних системах выделение элементов очевидно, в других они явно не выделяются и от исследователя требуются опред. усилия. Общих правил выделения элементов нет.

Организация (от лат. *organize* - сообща, стройный вид, устраиваю) – процесс упорядочения чего-либо или упорядоченность как результат этого процесса. В системном контексте этот термин имеет ряд толкований: 1) совокупность действий, ведущих к образованию и/или изменению связей между частями целого (созданию или изменению структуры) системы; 2) внутренняя упорядоченность, согласованность взаимодействия относительно автономных частей системы, обусловленная ее строением; 3) объединение людей, совместно действующих по достижению цели на основе определенных принципов и процедур.

Деструкция – процесс разрушения структуры системы. Исследованием процессов самоорганизации и образования, поддержания и распада структур в системах различной природы занимается новое научное направление *синергетика* (от греч. “совместно” и “действующий”).

Инфраструктура – совокупность элементов (частей) системы, носящих подчиненный, вспомогательный характер и обеспечивающих ее нормальное функционирование. Например, в экономическую инфраструктуру страны входят транспорт и связь, образование и профессиональное обучение, жилье и коммунальное хозяйство, наука, здравоохранение и т.д., от состояния которых зависит общественное производство.

Состояние системы (среды) - множество значений характеристик существенных свойств системы (среды) в данный момент времени. Используется также определение этого понятия через значения характеристик входов и выходов системы. Понятием "состояние" отражается мгновенная фотография, "срез" системы, остановка в ее развитии. Геометрической интерпретацией состояния системы является точка в многомерном пространстве $\mathbf{x}(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)\}$ (рисунок 8). Аналогично определяется состояние среды $\mathbf{y}(t) = \{y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t)\}$.

Рисунок 8 - Геометрическая интерпретация понятий “состояние системы” и “состояние среды”

Число измерений пространства состояний равно числу независимых характеристик, определяющих состояние системы (среды). Различают системы (среды) с конечным и с бесконечным числом состояний. Понятие состояния играет важную роль при рассмотрении происходящих в системах изменений.

Ситуация - совокупность состояний системы и среды в один и тот же момент времени. Геометрической интерпретацией ситуации состояния системы является точка в пространстве состояний системы и среды $\mathbf{z}(t) = (\mathbf{x}(t), \mathbf{y}(t))$ (рисунок 9).

Рисунок 9 - Геометрическая интерпретация понятия “ситуация”

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

Поведение системы - последовательность состояний, принимаемых системой во времени (рисунок 10). Переход системы из одного состояния в другое $(\mathbf{x}_1(t_1) \rightarrow \mathbf{x}_2(t_2) \rightarrow \dots \rightarrow \mathbf{x}_n(t_n))$ определяется как ее внутренними причинами, так и внешними воздействиями.

В пространстве состояний поведению соответствует линия (траектория). Поведение может быть пассивным и активным. Активный вид поведения имеет две подвиды: случайное поведение и направленное поведение. В поведении отражаются два основных, обычно протекающих одновременно процесса: функционирование и развитие.

Рисунок 10 - Геометрическая интерпретация понятия “поведение” системы

Восстановление системы - процесс придания системе исходных свойств, частично или полностью потерянных при воздействии на нее объектов среды.

Назначение (предназначение) системы - то, для чего возникла (создана), существует и функционирует (используется) система. Например, назначением направления связи является передача потока сообщений, назначением комплекса средств автоматизации – преобразование информации. Назначение системы нельзя определить полностью лишь на основе знания ее собственных свойств – ее нужно рассматривать как бы извне, со стороны систем более высокого уровня. Системы могут иметь несколько назначений, одно из которых является основным, а остальные – вспомогательными. При конкретизации желаемого результата функционирования системы предназначение трансформируется в цель.

Функция системы (от лат. *functio* – исполнение, осуществление) - 1) форма проявления свойств системы в целом или ее отдельных элементов; 2) аспект деятельности, обособленная и устойчивая совокупность действий, подлежащая выполнению работа, обязанность.

Исходя из направленности функции систем подразделяются на два класса: внешние и внутренние (рисунок 11).

Рисунок 11 - Классификация функций системы

Внешние функции отражают отношения между системой в целом и ее средой. В зависимости от характера проявления их делят на рабочие (непосредственно воздействующие на среду) и эстетические (определяющие совершенство исполнения системы при ее чувственном восприятии: внешний вид, дизайн, привлекательность, выразительность и т.д.), физиологические и др. В подклассе рабочих функций принято различать главные и ведущие функции.

Внутренние функции отражают отношения между элементами системы и создают необходимые условия для осуществления внешних функций или дополняют их. Они различаются своим статусом: основные и вспомогательные.

Совокупность всех функций системы раскрывает полностью ее назначение.

Функционирование системы - осуществление в системе различных процессов, протекающих в пространстве и времени и приводящих к изменению или поддержанию состояния среды и/или самой системы. Процессы могут иметь различную природу: физические, химические, механические, психические, информационные, энергетические и др. Содержанием функционирования системы является выполнение стоящих перед ней задач по приспособлению к среде и влиянию на среду. **Функционирование происходит без существенных изменений в структуре.**

Цель - ситуация или область ситуаций, которая должна быть достигнута при функционировании системы. Геометрически цель трактуется как точка или область в пространстве состояний системы и среды, в которую должна войти линия поведения системы в конечный момент ее функционирования.

В зависимости от уровня познания объекта понятие цели может иметь различные уровни конкретизации – от идеальных устремлений до конечного продукта деятельности (рисунок 13).

Для полноты раскрытия цели нужно отметить следующие ее черты: связь с результатами функционирования системы, формирование в сознании и ориентация на будущее (цель выступает как некоторое опережающее отражение действительности, как выражение будущей потребности системы).

Целеполагание - процесс определения цели. Цели формулируются в рамках взаимодействия системы со средой *исходя из ее назначения*. Целью может выступать либо состояние системы, которое необходимо поддерживать при различных состояниях среды, либо состояние среды, в которое ее необходимо перевести из какого-то иного состояния, либо то и другое вместе. Определение цели возможно также в виде требований ко всей линии поведения системы. Достижение цели, формулируемой таким образом, сложнее, чем при формулировании в виде точки (области) пространства состояний. Считается, что правильно сформулировать цель значительно важнее, чем следовать поставленной цели.

Целенаправленность - свойство системы выбирать свое поведение, исходя из поставленной цели. Выделяют два вида целенаправленных систем: *целефиксированные* (имеющие цель, заданную раз и навсегда извне) и *целеавтономные* (формирующие цели самостоятельно). Механизм формирования целей в целеавтономных системах может быть автократическим и демократическим. Между точками в пространстве состояний, отображающими текущее состояние системы и среды и заданную цель обычно существует множество возможных линий поведения (траекторий). Формирование той или иной траектории обуславливает необходимость управления.

Управление - процесс формирования целенаправленного поведения системы, осуществляемый посредством информационных воздействий.

Относительно природы управления сложились два устойчивых представления. Согласно первому управление имеет исключительно социальную природу, свойственно только общественным процессам и нигде больше не встречается. [Суворов Л.Н., Аверин А.Н. Социальное управление. Опыт философского анализа. - М.: Мысль, 1984.. Попов Г.Х. Проблемы теории управления. - М.: Экономика, 1974].

Второе представление, сформировавшееся после работ Н. Винера, А. Розенблата и У.Р. Эшби, состоит в том, что управление свойственно не только социальным, но и биологическим объектам [Граждан В.Д. Философские начала общей теории управления //Методологические проблемы социального управления. - М.: Рос. акад. гос. службы при Президенте РФ, 1995].

Утверждению второго представления в определенной мере поспособствовала неадекватность перевода работ Н. Винера, А. Розенблата и У.Р. Эшби в части объекта, предмета, целей и задач кибернетики и самого понятия "управление". В английском языке используются два "управленческих" термина: management –управление людьми и control - управление техникой. Исследования авторов касались только "control". Представления о сущности управления более многочисленны: целесообразная, сознательная деятельность; целенаправленное воздействие; организация; упорядочение; регулирование и др.

Понятию управления близко понятие *руководства*. Его используют применительно к системам, основным элементом которых являются люди, расширяя содержание такими функциями как развитие, морально-правовое регулирование, воспитание, обучение и др.

Управляющее воздействие - информационное воздействие на объект управления, направленное на достижение им цели функционирования.

Развитие системы - процесс перехода системы от старого к новому качеству. Этот переход осуществляется за счет необратимых, направленных и закономерных изменений (возникновения, трансформации и исчезновения элементов и связей) системы и является следствием ее взаимодействия со средой. Только одновременное наличие всех трех указанных свойств выделяет процессы развития среди других изменений.

В своем развитии любая система, теряя одни и приобретая другие свойства, должна сохранять неизменным свое ядро. Если происходит изменение ядра, то это будет уже другая система с новыми свойствами. Вид ядра определяется системообразующими (фундаментальными) связями. Согласно диалектике движущей силой развития выступает единство и борьба противоположностей.

Существенной характеристикой процесса развития выступает время, так как, во-первых, всякое развитие осуществляется в реальном времени, во-вторых, только время выявляет направленность развития. В зависимости от направленности изменений системы различают *прогрессивное* и *регрессивное* развитие. Отсутствие развития в системе определяется как *стагнация* - застой (от лат. stagnum - стоячая вода).

Развитие системы может носить эволюционный и революционный характер..

Системный инжиниринг – процесс реализации полного набора мероприятий обеспечивающих комплексное развитие системы. В набор входят следующие основные мероприятия: финансирование, формирование коллектива исполнителей проекта, проектирование, поставка комплектующих, подготовка персонала для эксплуатации, пусконаладочные работы, проведение испытаний и сертификации, сервисное сопровождение.

Жизненный цикл системы - совокупность состояний, через которые проходит система на протяжении своего существования. В жизненном цикле системы принято выделять три типовые стадии: со-

здание, функционирование (использование, эксплуатация) и исчезновение (утилизация). Каждая стадия может делиться на этапы, число и содержание которых зависит от специфики системы. Жизненный цикл большинства систем можно смоделировать логистической (S-образной) кривой, на которой выделяются три стадии развития (рисунок 12).

Рисунок 12 –Стадии развития систем

Для первой стадии характерно накопление потенциала, развитие функционала, большие затраты ресурсов, медленный рост или отсутствие отдачи;

На второй стадии система наиболее эффективна при небольших затратах на ее развитие.

Для третьей стадии характерно резкое снижение отдачи от системы, несмотря на увеличивающиеся затраты ресурсов. Третья стадия заканчивается или появлением новой системы со своим жизненным циклом, или гибелью существующей.

Продолжительность жизненного цикла системы - период существования системы, исчисляемый с момента ее возникновения до полной деградации (исчезновения).

Рассмотренные понятия имеют высокий уровень общности и могут использоваться при проведении исследований объектов самой различной природы.

4.Классификация систем

Понятие классификации принадлежит к числу общих категориальных понятий современной науки и является чрезвычайно многоаспектным. Классификация – это одна из высших форм мышления, ряд которых может быть представлен следующим образом: анализ, синтез, сравнение; абстрагирование, обобщение и конкретизация; индукция, дедукция, аналогия, нахождение связей и отношений; формирование понятий, их классификация и систематизация. Логической основой классификации является логическая операция деления объема понятия. Делимым выступает объем понятия, который необходимо разбить на классы, основанием деления – варьируемый признак, по которому производится разбиение, результатом деления - классы.

Объекты системных исследований весьма многочисленны и разнообразны. Проведение классификации (от лат. classis – разряд, класс и facio – делаю, раскладываю), определяющей классы объектов в какой-либо области знания или деятельности человека и связи между ними, позволяет упорядочить исходную информацию о них (подготовить поле для исследований) и тем самым существенно облегчить исследования. Классификация может проводиться и с целью упорядочения результатов исследований и выбора аналогов для сравнительного анализа их свойств и свойств исследуемого объекта. В ряде случаев она направляет научные исследования и способствует появлению новых научных открытий. Ярким примером тому служит открытие А. И. Менделеевым периодической системы химических элементов. Классификацию считают важной методологической процедурой научного познания, прогнозирования и управления. На сегодня классификация – неотъемлемая часть любой науки.

Исторически сложились три основных подхода к классификации:

- распределение по категориям,
- концептуальное объединение,
- прототипирование.

При проведении исследований используется преимущественно иерархическая классификация.

Любая классификация всегда относительна. Одно и то же множество объектов может быть классифицировано по разным признакам.

Для выделения классов систем могут применяться различные классификационные признаки. Классификация по наиболее общим системным признакам приведена в таблице 4.

Таблица 4 - Классификация систем

Номер п\п	Классификационный признак	Классы систем
1	Природа элементов	Материальные
		Абстрактные
2	Способность к обмену веществом, энергией и информацией	Неживые
		Живые

3	Происхождение системы	Естественные
		Искусственные
4	Длительность существования	Постоянные
		Временные
5	Изменчивость свойств	Статические
		Динамические
6	Степень сложности	Простые
		Сложные
7	Связь со средой	Открытые
		Закрытые
8	Реакция на воздействия среды	Пассивные
		Активные
9	Целенаправленность поведения	Без управления
		С управлением

По *природе элементов* системы делятся на два класса: материальные (реальные от лат. *realis* – вещь) и абстрактные (знаковые).

Материальные системы существуют объективно и в пространстве, и во времени. Им соответствуют объекты с материальными элементами, которые человек способен воспринимать (почувствовать или увидеть). Связи элементов в материальных системах основаны на действии законов существования и движения материи.

В мире существует определенная иерархия классов материальных систем, отражающая ход эволюции материи - от элементарных частиц до современной биосферы (рисунок 16). Объединение систем из разных уровней иерархии приводит к классам смешанного типа. Эта природная иерархия систем служит эмпирической основой системологии.

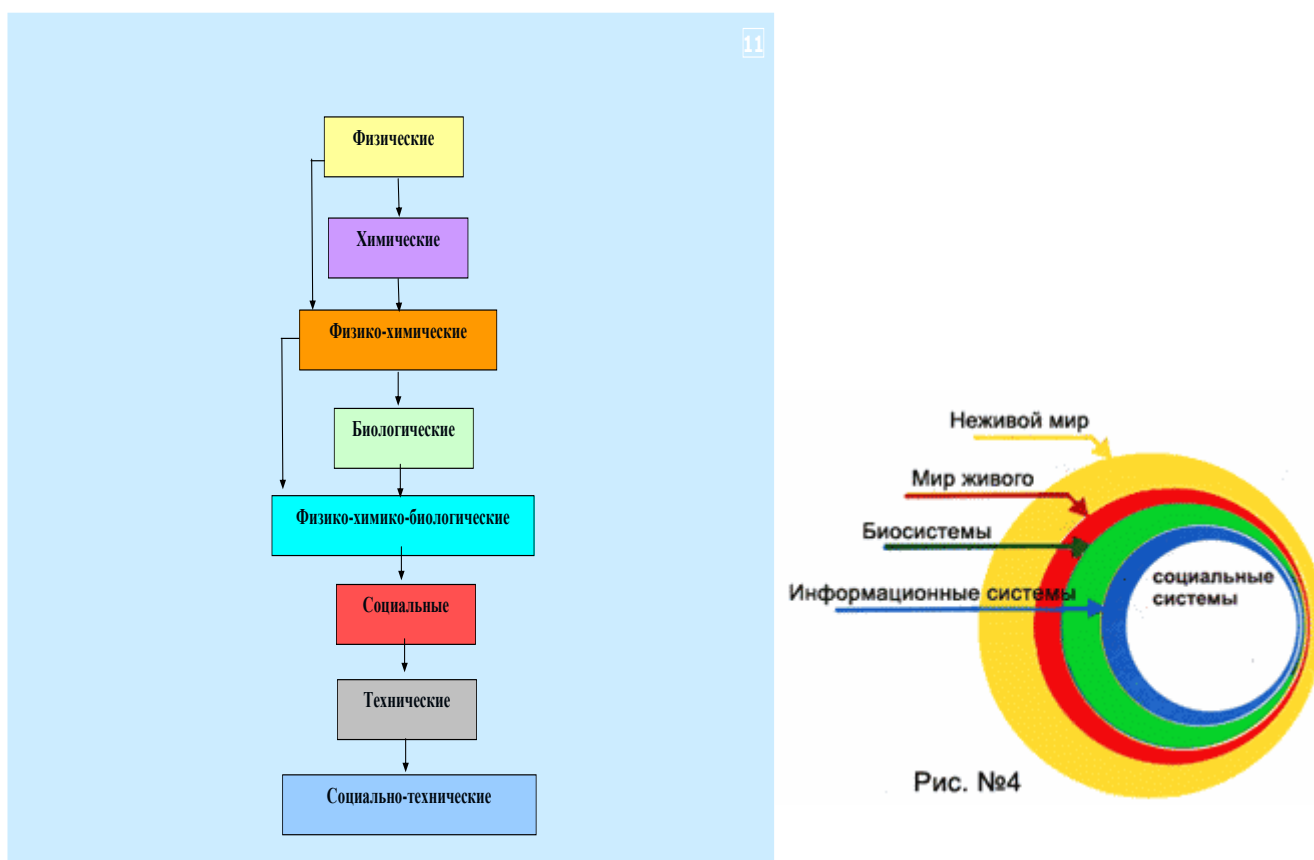


Рисунок 16- Иерархия материальных систем

При классификации систем по *степени сложности* обычно пользуются двумя значениями этого признака: низкая и высокая, а соответствующие им классы определяют как простые и

сложные. Простым системам присущи небольшое число и однородность элементов, определенность связей между элементами, небольшое число выполняемых функций. Как правило, простые системы входят на правах подсистем в состав сложных систем.

Для сложных систем характерны следующие особенности:

- 1) структурная сложность, определяемая большим числом и разнообразием элементов и связей между ними (с увеличением числа элементов число связей между ними в сложных системах растет нелинейно), переменностью структуры, а также структурной избыточностью;
- 2) наличие сильно выраженных эмерджентных свойств по отношению к своим подсистемам (элементам);
- 3) многоцелевое и многорежимное функционирование;
- 4) функциональная избыточность;
- 5) циркуляция в системе больших вещественных, энергетических и информационных потоков;
- 6) разнообразие действующих на систему возмущений;
- 7) сложность поведения, определяемая большим числом состояний и сложными правилами перехода из одного состояния в другое (число возможных состояний системы определяется числом составляющих ее элементов, числом и характером связей между ними);
- 8) слабая предсказуемость (никакое сколь угодно детальное и точное знание поведения системы на интервале $[0, t]$ не позволяет точно предсказать её поведение на интервале $[t, t + \Delta t]$);
- 9) множественность путей развития, что предполагает возможность выбора оптимального из них;
- 10) принципиальная ограниченность формализованного описания.

Иногда используется понятие “большая система”. Оно не тождественно понятию сложной системы, так как отражает только одну черту сложности системы – размерность ее состава.

Провести четкую границу между простыми и сложными системами трудно. При определении класса системы по степени сложности следует учитывать также соответствие того технического и методического инструментария, которым располагает исследователь, цели исследования. Сложность не является свойством, раз и навсегда присущим системе. Если на данный момент времени система представляется исследователю сложной, то в последующем, по мере совершенствования средств и методов исследования, она может перейти в класс простых.

Разработал:

Доцент кафедры, доцент, к.т.н. _____ О.Пантюхин

” _____ ” _____ 20 года