

Тема 1: «История развития»

Составляющим понятий «системный анализ», «системная проблема», «системное исследование» является слово «система», которое появилось в Древней Элладе 2000—2500 лет назад и первоначально означало: сочетание, организм, устройство, организация, строй, союз. Оно также выражало определенные акты деятельности и их результаты (нечто, поставленное вместе; нечто, приведенное в порядок).

Прототипом описания систем являются системы дифференциальных уравнений, в общем случае нелинейных. Систему, или «организованную сложность», можно описать через «сильные взаимодействия» или взаимодействия, которые «нетривиальны», т.е. нелинейны. Методологическая задача теории систем, таким образом, состоит в решении проблем, которые носят более общий характер, чем аналитически-суммативные проблемы классической науки.

Существуют различные подходы к таким проблемам. Однако все они являются теориями систем. Если оставить в стороне подходы в прикладных системных наследованиях, таких как системотехника, исследование операций, линейное и нелинейное программирование и т.д., то наиболее важными являются следующие подходы.

«Классическая» теория систем. Эта теория использует классическую математику и имеет цели:

- установить принципы, применимые к системам вообще или к их определенным подклассам (например, к закрытым и открытым системам);
- разработать средства для их исследования и описания и применить эти средства к конкретным случаям.

Примерами могут служить: обобщенные принципы кинетики, применимые, в частности, к популяциям молекул или биологических существ, т.е. к химическим и биологическим системам; уравнения диффузии, используемые в физической химии и для анализа распространения слухов; понятия устойчивого равновесия и модели статистической механики, применимые к транспортным потокам; аллометрический анализ биологических и социальных систем.

Использование вычислительных машин и моделирование. Системы дифференциальных уравнений, применяемые для «моделирования» или спецификации систем, обычно требуют много времени для решения, даже если они линейны и содержат немного переменных; нелинейные системы уравнений разрешимы только в некоторых частных случаях. По этой причине с использованием вычислительных машин открылся новый подход к системным исследованиям:

- облегчение необходимых вычислений, которые требовали бы недопустимых затрат времени и энергии;
- замена математической изобретательности заранее установленными последовательностями операций;
- открывается доступ в такие области, где в настоящее время отсутствует соответствующая математическая теория и нет удовлетворительных способов решения;
- возможность анализировать системы, по своей сложности далеко превосходящие возможности традиционной математики;
- вместо лабораторного эксперимента можно воспользоваться моделированием на вычислительной машине и построенная таким образом модель затем может быть проверена в реальном эксперименте.

Подобный анализ стал обычным делом в экономических разработках, при исследовании рынка и т. д.

Теория ячеек. Одним из аспектов системных исследований является теория ячеек, изучающая системы, составленные из подъединиц с определенными граничными условиями, причем между этими подъединицами имеют место процессы переноса. При наличии в системе трех и более ячеек математические трудности становятся чрезвычайно большими. В этом случае анализ возможен лишь благодаря использованию преобразований Лапласа и аппарата теорий сетей и графов.

Теория множеств. Общие формальные свойства систем и формальные свойства закрытых и открытых систем могут быть аксиоматизированы в языке теории множеств..

Теория графов. В теории графов, особенно в теории ориентированных графов (диграфов), изучаются реляционные структуры, представляемые в топологическом пространстве. Эта теория применяется для исследования реляционных аспектов биологии.

Теория сетей. Эта теория, в свою очередь, связана с теориями множеств, графов, ячеек и т. д. Она применяется к анализу таких систем, как нервные сети.

Кибернетика. В основе кибернетики, т.е. теории систем управления, лежит связь (передача информации) между системой и средой и внутри системы, а также управление (обратная связь) функциями системы относительно среды. Кибернетические модели допускают широкое применение, но их нельзя отождествлять с теорией систем вообще. В биологии и других фундаментальных науках кибернетические модели позволяют описывать формальную структуру механизмов регуляции, например, при помощи блок-схем и графов потоков. Использование кибернетических моделей позволяет установить структуру регуляции системы даже в том случае, когда реальные механизмы остаются неизвестными и система представляет собой «черный ящик», определяемый только его входом и выходом. Таким образом, одна и та же кибернетическая схема может применяться к гидравлическим, электрическим, физиологическим и другим системам.

Теория информации. Хотя теория информации имеет большое значение для техники связи, ее применение в науке весьма незначительно. Главной проблемой остается выяснение отношения между информацией и организацией, между теорией информации и термодинамикой.

Теория автоматов. Это так называемая теория абстрактных автоматов, имеющих вход, выход, иногда способных действовать методом проб и ошибок и обучаться. Общей моделью теории автоматов является машина Тьюринга, которая представляет собой абстрактную машину, способную печатать (или стирать) на ленте конечной длины цифры 1 и 0. Можно показать, что любой сколь угодно сложный процесс может моделироваться машиной Тьюринга, если этот процесс можно выразить конечным числом операций. В свою очередь, то, что возможно логически (т.е. в алгоритмическом символизме), может также быть сконструировано — в принципе, но не всегда практически — автоматом (т.е. алгоритмической машиной).

Теория игр. Несмотря на то, что теория игр несколько отличается от других рассмотренных системных подходов, все же ее можно поставить в ряд наук о системах. В ней рассматривается поведение «рациональных» игроков, пытающихся достичь максимальных выигрышей и минимальных потерь за счет применения соответствующих стратегий в игре с соперником (или природой). Следовательно, теория игр рассматривает системы, включающие антагонистические силы.

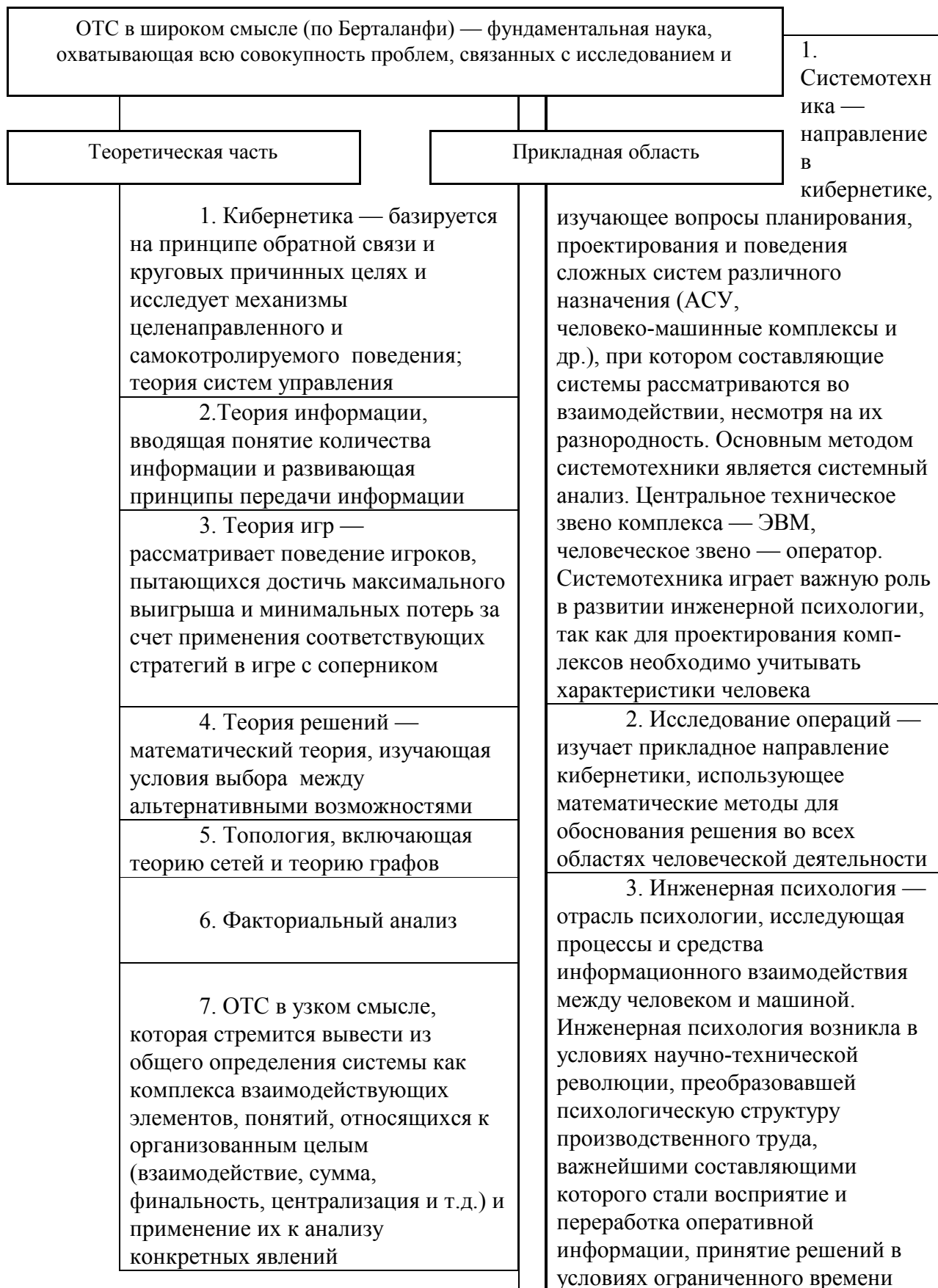
Теория решений. Эта математическая теория изучает условия выбора между альтернативными возможностями.

Теория очередей. Рассматривает оптимизацию обслуживания при массовых запросах.

Итак, подводя итоги, ОТС выступает в двух смыслах. В широком — как основополагающая, фундаментальная наука, охватывающая всю совокупность проблем, связанных с исследованием и конструированием систем. В узком смысле — ОТС, стремящаяся вывести из общего определения системы как комплекса взаимодействующих элементов понятия, относящиеся к организованным целым (взаимодействие, сумма, централизация, финальность и т.д.), и применяющая их к анализу конкретных явлений.

Прикладная область общей теории систем включает, согласно: 1) системотехнику; 2) исследование операций; 3) инженерную психологию (схема 1).

Состав ОТС



Тема 2: «Понятие системы. Основные свойства систем»

Система (греч. — «составленное из частей», «соединение», от «соединяю, составляю») — объективное единство закономерно связанных друг с другом предметов, явлений, а также знаний о природе и обществе.

Под **системой** понимается:

- комплекс элементов, находящихся во взаимодействии,
- нечто такое, что может изменяться с течением времени,
- любая совокупность переменных, свойственных реальной машине.

Основные свойства системы:

1. Система есть прежде всего совокупность элементов. При определенных условиях элементы могут рассматриваться как системы.

2. Наличие существенных связей между элементами и (или) их свойствами, превосходящих по мощности связи этих элементов с элементами, не входящими в данную систему. Под существенными связями понимаются такие, которые закономерно, с необходимостью определяют интегративные свойства системы. Указанное свойство отличает систему от простого конгломерата и выделяет ее из окружающей среды в виде целостного объекта.

3. Наличие определенной организации, что проявляется в снижении термодинамической энтропии (степени неопределенности) системы по сравнению с энтропией системоформирующих факторов, определяющих возможность создания системы. К этим факторам относят число элементов системы, число существенных связей, которыми может обладать элемент, число квантов пространства и времени.

4. Существование интегративных свойств, т.е. присущих системе в целом, но не свойственных ни одному из ее элементов в отдельности. Их наличие показывает, что свойства системы хотя и зависят от свойств элементов, но не определяются ими полностью.

Вывод: система не сводится к простой совокупности элементов, и, расчленив систему на отдельные части, нельзя познать все свойства системы в целом.

Таким образом, в самом общем случае понятие «система» характеризуется:

- 1) наличием множества элементов;
- 2) наличием связей между ними;
- 3) целостным характером данного устройства или процесса.

Техническая система — множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство.

Наиболее характерные черты ТС:

— наличие определенной целостности, функционального единства (общей цели, назначения и пр.), что приводит к сложному иерархическому строению системы;

— большие масштабы по типу частей, объему выполняемых функций, абсолютной стоимости (ИЛ-96 м/т = 75 млн. дол.);

— сложность (полифункциональность) поведения;

— высокая степень автоматизации;

— нерегулярное, статистически распределяемое во времени поступление внешних воздействий;

— наличие в целом ряде случаев состязательного момента, т.е. такого функционирования ТС, при котором надо учитывать конкуренцию отдельных частей (в американской ракете «Редай», что надо увеличивать: массу боевой части или системы управления и наведения?);

— наличие связей (положительных, отрицательных, одноплановых, многоплановых);

— многоаспектность (техническая, экономическая, социальная, психологическая пр.);

— контринтуитивность (причина и следствие тесно не связаны ни во времени, ни в пространстве);

— нелинейность (синергетика!!!).

Задолго до появления термина «система» системные объекты существовали в природе (биологические системы, экосистемы, космические системы). Они развивались независимо от нас, от системного подхода, спонтанно (в силу внутренних причин). Многих самоорганизующихся систем мы не знаем и сейчас, помалу открывая их. В основе развития природных систем лежат

системообразующие законы структурного и функционального порядка (законы тяготения, механики...).

В технике мы имеем дело с комплексами. Это навязываемое субъектом понятие. Это конгломерат (механическое соединение разнородного, беспорядочная смесь), который мы пытаемся как-то организовать извне, от человека, от субъекта, самоорганизуемые в лучшем случае.

Итак, в природе — самоорганизующиеся системы; в технике — самоорганизуемые комплексы.

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.

В соответствии с этими требованиями классификация систем предусматривает деление их на два вида — абстрактные и материальные (схема 2)

Схема 2



Материальные системы являются объектами реального времени. Среди всего много

образия 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.

В основе функционирования технических систем лежат процессы, совершаемые машинами, а в основе функционирования организационно-экономических систем — процессы, совершаемые человеко-машинными комплексами.

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. Их можно рассматривать как системы понятий и определений (совокупность представлений) о структуре, об основных закономерностях состояний и о динамике материальных систем.

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

1. *статические математические системы* или модели, которые можно рассматривать как описание средствами математического аппарата состояния материальных систем (уравнения состояния);
2. *динамические математические системы* или модели, которые можно рассматривать как математическую формализацию процессов материальных (или абстрактных) систем;
3. *квазистатические (квазидинамические) системы*, находящиеся в неустойчивом положении между статикой и динамикой, которые при одних воздействиях ведут себя как статические, а при других воздействиях — как динамические.

Профессор Ю. Черняк дает такое подразделение систем:

1. *Большие системы (БС)* — это системы, не наблюдаемые одновременно с позиции одного наблюдателя либо во времени, либо в пространстве. В таких случаях система рассматривается последовательно по частям (подсистемам), постепенно перемещаясь на более высокую ступень. Каждая из подсистем одного уровня иерархии описывается одним и тем же языком, а при переходе на следующий уровень наблюдатель использует уже *мета-язык*, представляющий собой расширение языка первого уровня за счет средств описания самого этого языка. Создание этого языка равноценно открытию законов порождения структуры системы и является самым ценным результатом исследования.

2. *Сложные системы (СС)* — это системы, которые нельзя скомпоновать из некоторых подсистем. Это равноценно тому, что:

- а) наблюдатель последовательно меняет свою позицию по отношению к объекту и наблюдает его с разных сторон;
- б) разные наблюдатели исследуют объект с разных сторон.

Системы можно соизмерять по степени сложности, используя разные аспекты самого этого понятия:

- а) путем соизмерения числа моделей СС;
- б) путем сопоставления числа языков, используемых в СС;
- в) путем соизмерения числа объединений и дополнений метаязыка.

Простота находится всегда в результате исследования! (Р. Акофф)

3. *Динамические системы (ДС)* — это постоянно изменяющиеся системы. Всякое изменение, происходящее в ДС, называется процессом. Его иногда определяют как преобразование входа в выход системы.

Если у системы может быть только одно поведение, то ее называют *детерминированной* системой.

Вероятностная система — система, поведение которой может быть предсказано с определенной степенью вероятности на основе изучения ее прошлого поведения (протокола).

Свойство равновесия — способность возвращаться в первоначальное состояние (к первоначальному поведению), компенсируя возмущающие действия среды.

Самоорганизация ДС — способность восстанавливать свою структуру или поведения для компенсации возмущающих воздействий или изменять их, приспосабливаясь к условиям окружающей среды.

Инвариант поведения ДС — то, что остается неизменным в ее поведении в любой отрезок времени.

4. Кибернетические, или управляющие, системы (УС) — системы, с помощью которых исследуются процессы управления в технических, биологических и социальных системах. Центральным понятием здесь является *информация* — средство воздействия на поведение системы. УС позволяет предельно упростить трудно понимаемые процесс и управления в целях решения задач исследования проектирования.

Важным понятием УС является понятие *обратной связи* (ОС). ОС — информационное воздействие выхода на вход системы.

5. Целенаправленные системы (ЦС) — системы, обладающие целенаправленностью (т.е. управлением системы и приведением к определенному поведению или состоянию, компенсируя внешние возмущения). Достижение цели в большинстве случаев имеет вероятностный характер.

Классификация совокупностей объектов

Обобщенная классификация совокупностей объектов представлена схемой 3.

Все существующие в действительности совокупности объектов (а всякая система представляет собой такую совокупность, хотя не всякая совокупность есть система) можно разбить на три больших класса: неорганизованные совокупности, неорганичные системы, органичные системы.

Неорганизованная совокупность (примерами ее могут служить куча камней, случайное скопление людей на улице) лишена каких-либо существенных черт внутренней организации. Связи между ее составляющими носят внешний, случайный, несущественный характер. Входя в состав такого объединения или покидая его, составляющие не претерпевают каких-либо изменений, что говорит об отсутствии у подобной совокупности целостных, интегративных свойств. Свойства совокупности в целом по существу совпадают с суммой свойств частей (составляющих), взятых изолированно. Следовательно, такая совокупность лишена системного характера.

Два других класса совокупностей — *неорганичные* и *органичные системы* — характеризует наличие связей между элементами и появление в целостной системе новых свойств, не присущих элементам в отдельности. Связь, целостность и обусловленная ими устойчивая структура — таковы отличительные признаки любой системы.

Специфические особенности органичных систем, отличающие их от систем неорганичных.

1. Органичная система имеет не только структурные, но и генетические связи.
2. Органичная система имеет не только связи координации (взаимодействия элементов), но и связи субординации, обусловленные происхождением одних элементов из других, возникновением новых связей и т.п.

3. Органичная система имеет особые управляющие механизмы, через которые структура целого воздействует на характер функционирования и развития частей (биологические корреляции, центральная нервная система, система норм в обществе, органы управления и т. д.).

4. В неорганичном целом в силу менее тесной зависимости между системой и ее составляющими основные свойства частей определяются их внутренней структурой, а не структурой целого. Связи внутри целого не вызывают коренных качественных преобразований частей. С этим связана способность частей неорганичного целого к самостоятельному существованию. В органичном же целом основные свойства частей определяются закономерностями, структурой целого. Зависимость между системой и ее компонентами столь тесна, что элементы системы лишены способности к самостоятельному существованию.

Неорганизованная совокупность Куча камней, случайное скопление людей на улице, в автобусе, метро... Отсутствуют существенные черты внутренней организации. Связи носят внешний, случайным характер, целостные свойства отсутствуют. Свойства совокупности совпадают с суммой свойств частей, взятых изолированно. Таким образом, совокупность лишена системного характера. (Вспомните САПР!)	Класс систем Неорганичная система Органичная система Присутствуют связи между элементами, и появляются новые свойства, не присущие элементам в отдельности. Таким образом, связь, целостность и обусловленная ими устойчивая структура являются их признаками Имеет только структурные связи (связи строения, например, химические). Имеет только связи координации (взаимодействия элементов). Отсутствуют управляющие механизмы. Зависимость между ТС и ее элементами менее жестка, поэтому основные свойства частей определяются их внутренней структурой, а не структурой целого. Связи внутри целого не вызывают коренных качественных преобразований частей, поэтому части способны к самостоятельному существованию. (Выньте одну квартиру из дома как строительного комплекса — в остальных можно жить, с определенной вероятностью). Элемент зачастую активнее целого (например, ион химически активнее атома); с усложнением организации активность все в большей мере передается от частей к целому, т. е. целое более активно, чем части! Устойчивость обусловлена стабильностью элементов
--	--

Имеет не только структурные, но и генетические связи. Имеет не только связи координации, но и связи субординации, обусловленные происхождением одних элементов из других, возникновением новых связей. Имеет особые управляющие механизмы, через которые структура целого воздействует на характер функционирования в развитии частей (биологическая корреляция, центральная нервная система, система норм в обществе, органы управления и т.д.). Основные свойства частей определяются закономерностями, структурой целого. Части лишены способности к самостоятельному существованию. (Один двигатель не полетит без ЗУР!) Необходимым условием устойчивости является постоянное обновление элементов (блоков); их гибкая приспособленность к выполнению команд управляющей системы основана на том, что элементы подсистем функционируют вероятностным образом и имеют определенное число степеней свободы
--

5. Если в неорганических системах элемент зачастую активнее целого (например, ион химически активнее атома), то с усложнением организации активность все в большей мере передается от частей к целому.

6. Органическое целое образуется не из тех частей, какие функционируют в развитом целом. В ходе развития органической системы происходит качественное преобразование частей вместе с целым. Первичные компоненты внутри системы претерпевают трансформации, которыми определяется их современная форма.

7. Устойчивость неорганических систем обусловлена стабильностью элементов; напротив, необходимым условием устойчивости органических систем является постоянное обновление их элементов.

8. Внутри органического целого существуют своеобразные блоки (подсистемы). Их гибкая приспособляемость к выполнению команд управляющей системы основана на том, что элементы

подсистем функционируют вероятностным образом и имеют определенное число степеней свободы. Следовательно, жесткая детерминированность связи подсистем между собой и с целым реализуется через отсутствие однозначной детерминации в поведении элементов подсистем.

Тема 3: «Характеристика основных аспектов системности»

Тот, кто начинает осваивать идеи теории систем, сразу сталкивается с проблемой изначальной неопределенности в понятиях. Довольно часто в литературе используются такие понятия, как “системный подход”, “теория систем”, “системный анализ”, “принцип системности” и др. При этом их не всегда различают и часто применяют как синонимы.

По нашему мнению, наиболее общим понятием, которое обозначает все возможные проявления систем, является “системность”. Причем в этом термине заключается два смысла. Первый составляет отождествление системности с объективным, независимым от человека свойством действительности. Такое понимание делает ее онтологическим, объективно-диалектическим свойством всего сущего.

Другой под системностью подразумевает накопленные людьми представления о самом свойстве, т.е. она представляет собой гносеологическое явление, некоторые знания о системах различной природы.

Гносеологическая системность — довольно сложное и многообразное явление, проявляющаяся в трех аспектах (рис. 1).



Рис. 1. Структура системности и составляющие ее функции

1. В **системном подходе** как принципе познавательной и практической деятельности людей. Термин “подход” означает совокупность приемов, способов воздействия на кого-нибудь, в изучении чего-нибудь, ведении дела и т. д. В этом смысле подход — скорее не детальный алгоритм действия человека, а множество некоторых обобщенных правил. Это лишь подступ к делу, но не модель самого дела. Поэтому системный подход можно рассматривать как принцип деятельности. Ведь под принципом понимается наиболее общее правило деятельности, которое обеспечивает его правильность, но не гарантирует однозначность и успех. Системный подход следует рассматривать как некоторый методологический подход человека к действительности, представляющий собой некоторую общность принципов. Это по сути дела системная парадигма, системное мировоззрение. Назначение системного подхода заключается в том, что он направляет человека на системное видение действительности. Он заставляет рассматривать мир с системных позиций, точнее — с позиций его системного устройства.

Системный подход состоит в том, что любой более или менее сложный объект рассматривается в качестве относительно самостоятельной системы со своими особенностями функционирования и развития. Основываясь на идеях целостности и относительной независимости объектов, находящихся в целостном мире, принцип системности предполагает представление исследуемого объекта как некоторой системы, характеризующейся:

- элементарным составом;
- структурой как формой взаимосвязи элементов;
- функциями элементов и целого;

- единством внутренней и внешней среды системы;
- законами развития системы и ее составляющих.

Как пишет А. Н. Аверьянов [1, с. 9], системное познание и преобразование мира предполагают:

- рассмотрение объекта деятельности (теоретической и практической) как системы, т.е. как ограниченного множества взаимодействующих элементов;
- установление состава, структуры и организации элементов и частей системы, обнаружение ведущих взаимодействий между ними;
- выявление внешних связей системы, выделение главных;
- определение функций системы и ее роли среди других систем;
- анализ диалектики структуры и функций системы;
- обнаружение на этой основе закономерностей и тенденций развития системы.

Можно согласиться с А. Н. Аверьяновым, что принцип системного познания не подменяет диалектику, а представляет собой дальнейшее раскрытие и обогащение таких диалектических принципов, как всеобщая связь и взаимодействие, развитие и др.

2. В *теории систем*, или научном знании о системах, которое характеризуется своими гносеологическими возможностями. Теория систем объясняет происхождение, устройство, функционирование и развитие систем различной природы. Это — не просто мировоззрение, а строгое научное знание о мире систем.

3. В *системном методе* и его разрешающих способностях. Системный метод выступает как некоторая интегральная совокупность относительно простых методов и приемов познания, а также преобразования действительности.

Составляющие системности реализуют специфические функции. Так, системный подход, будучи принципом познания, выполняет ориентационную и мировоззренческую функции, обеспечивает не только видение мира, но и ориентацию в нем.

Системный метод реализует познавательную и методологическую функции, а системная теория — объясняющую и систематизирующую. Таким образом, системность выступает в качестве инструмента познавательной деятельности, значительного арсенала конкретных методов познания всего сущего. Системная теория как знание о системах накапливает их, приводит в порядок и использует для объяснения систем различной природы.

Развитие аспектов системности особенно интенсивно началось со второй половины XX ст. Значительную роль в этом сыграла научно-техническая революция. Многообразные и кардинальные открытия в области науки в значительной степени были вызваны системным мировоззрением и широким применением системного анализа. Последовавшая за научной технической революцией также была обусловлена системным подходом в создании технических нововведений. Наконец, успехи производства также обусловлены системностью.

Можно с уверенностью констатировать, что XX в. был не только веком покорения атома и сотворения компьютера. Главное его достижение — создание системного мировоззрения, системного метода получения знаний, которые в конечном итоге предопределили и мирное использование атомной энергии, и появление компьютера, и еще сотни тысяч достижений в области науки, техники, производства, политики и культуры.

В эти годы начала оформляться общая теория систем, а также частные теории. В последующем стало происходить выделение прикладной области системного знания — системотехники как прикладного, инженерного направления знаний о системах. Постепенно различные виды системных теорий интегрируются в системологию, которая включает в себя общую теорию систем, частные и отраслевые теории систем, системотехнику. Сущность системологии заключается в том, что она представляет собой интегральную науку о системах. Общая теория систем интегрирует наиболее обобщенное знание о системах. Она находится под воздействием двух наук: философии, которая дает ей обоснование категориального аппарата, методы и приемы познания, качественное видение систем, и математики, обеспечивающей количественный анализ систем.

Огромную роль в развитии общей теории систем играют логика, теория множеств, кибернетика и другие науки. Отраслевые теории систем раскрывают специфику систем различной природы. Речь идет о теории физических, химических, биологических, экономических, социальных

систем, которые курируются соответствующими отраслями наук. Специальные теории систем направлены на отражение их отдельных сторон, аспектов, срезов, этапов. Они находятся под влиянием соответствующих теорий. Например, теория диссипативных систем, теория переходных систем, теория эволюции систем и т.п.

Наконец, системология (прикладная инженерная дисциплина) находится под воздействием техники, моделирования, проектирования и конструирования, т.е. технической, биологической, информационной и социальной инженерии (рис. 2).

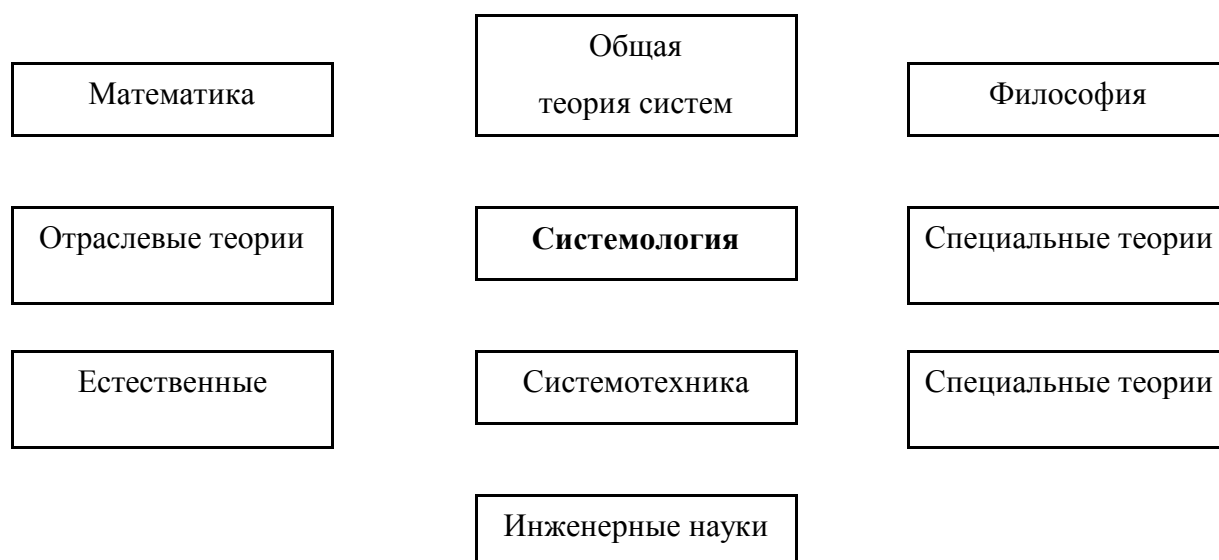


Рис. 2. Структура системологии

В последней четверти XX ст. вместе с выдающимися успехами системности проявляются кризисные процессы. Системность в ряде случаев перестает отвечать на возрастающие методологические аппетиты ученых и техников, политиков и бизнесменов. Начинается кризис системности, обусловленный тем, что в эпоху индустриального развития системность базировалась на методологии причинно-следственных связей, принципе детерминизма, однозначности в понимании сущности явлений природы и общества. Но со вступлением авангарда современной цивилизации в постиндустриальную фазу развития, характеризующуюся отрицанием жесткого детерминизма, однозначностью понимания природы предметов и явлений, системный подход стал все чаще давать сбои. Заметим, что основная причина этого не столько в кризисе системности как таковой, сколько в кризисе ее детерминистской транскрипции.

Вследствие постоянной смены нововведений человечество оказалось в постоянно переходном обществе, состоящем из непрерывно обновляющихся подсистем. Это общество нуждалось в принципиальном обновлении системной методологии, что и произошло благодаря формированию **И.И.Пригожиным** (лауреат Нобелевской премии 1977 г. в области химии за вклад в термодинамику неравновесных процессов, особенно в теорию диссипативных структур) концепции хаоса и переходных процессов. Дальнейшее развитие идеи системности привело к возникновению концепции синергетики **Г. Хагена** и принципа синергизма, который сформировался к 80-м годам, когда системность потрясли первые кризисы. Принцип синергизма, или мультипликационный подход, обособился от системного и выдвигается на первый план среди других методологических принципов потому, что научно-техническая революция и социальные преобразования потребовали исследования проблемы эффективности. Благодаря этим открытиям системность оказалась способной объяснять переходные, нестационарные процессы, что и обеспечило преодоление ее кризиса.

Заметим, что в литературе нередко применяют несколько терминов: системный подход, принцип системности, системный анализ и системный метод. Чаще всего они употребляются как синонимы, но понятия системный подход и системный анализ следует различать.

Так, если системный подход — это принцип познания, то системный анализ представляет собой процесс, некоторое развертывание принципа системности в методологический комплекс. Кроме того, системный анализ осуществляется не только по отношению к функционированию и развитию тех или иных систем, но и по отношению к совокупности фактов, событий, идей и т.п.

Тема 4: «Среда и ее роль в жизни системы»

Понятие среды

При самом упрощенном понимании *среда* представляет собой то, что выступает некоторым окружением системы, а при более сложном подходе *средой* данной системы будет система, состоящая из элементов ей не принадлежащих. Подчеркнем, что среда — это не просто окружение системы, а то из этого окружения, что жизненно важно для системы.

Значительный вклад в понимание природы среды внес один из самых выдающихся социологов XX ст., ведущий представитель системного и функционального подходов в социологии немецкий социолог-теоретик **Никлас Луман (1927–1998)**. В центр своего исследования он поставил отношение “система — окружающий мир”, где возникает точка отсчета для понимания природы как системы, так и среды.

Система характеризуется тем, что она отграничена от окружения как область меньшей “комплексности” от области большей “комплексности”. Н. Луман постоянно подчеркивает, что система и среда органично связаны и не могут быть поняты друг без друга. Система начинается там, где идет отграничение от окружающей среды.

Граница системы — это совокупность объектов, которые одновременно принадлежат и не принадлежат данной системе. Н. Луман писал, что если система возникла, то способна к самоограничению и благодаря этому отграничивает себя от окружающей среды. При этом следует обратить внимание на то, что границы системы и среды всегда зыбки и текучи. Каждая функция системы задает свои границы. Поэтому система отделена от окружающей среды не четкой линией, а пограничным пространством, которое соткано из границ системы, образуемых при реализации ею той или иной функции. Например, фирма как организация имеет одни границы, которые не совпадают с границами ее как субъекта рыночных отношений, и совокупность ее функций формирует границы системы. Стремление глубже раскрыть природу среды заставляет выдвинуть несколько ее концепций.

Согласно первой концепции, среда представляет собой **окружающий систему хаос, шумы**, которые постоянно мешают системе жить, но вместе с тем выступают для нее источниками вещества, энергии и информации. Система в этом случае — очаг организованности в хаосе событий. Главная задача, которая стоит перед системой, сохранить себя перед хаосом.

В соответствии со второй концепцией, среда выступает как **факторизованное окружение**, т.е. в ней содержатся не просто хаотические явления, а некоторые их активные результирующие, отличающиеся организованностью. При этом окружающие систему факторы выступают активными причинами, которые оказывают на систему воздействия, заставляют ее приспособляться к себе. Сама система по отношению к другим системам также представляется таким фактором либо входит в обиход некоторого интегрального фактора.

Третья концепция видит окружающую среду в виде **совокупности равнозначных систем**, которые конкурируют с данной, обмениваются с ней ресурсами, стараясь выжить в этой борьбе посредством разрешения противоречий в свою пользу.

Наконец, по четвертой концепции среда видится некоторой **надсистемой**, т.е. такой, в которую входит данная система. В этом случае взаимоотношения между ними строятся по принципам структурно-организационных отношений надсистемы и определяются противоречиями между ними. Надсистема стремится привести систему-элемент в организационное и функциональное соответствие своей природе, а та, в свою очередь, пытается сохранить независимость, увеличить число степеней свободы.

Каждая из этих концепций отражает определенную долю истины. Отсюда следует, что среда системы представляет собой некоторое единство неупорядоченных процессов, организованных факторов и систем, а также включений данной системы в надсистемы.

Исходя из этого по отношению к среде можно выделить несколько важнейших тезисов.

Первый — среда далеко не всегда неорганизованное образование. Чаще всего она представляет собой некоторую совокупность систем различного уровня, имеющих свои стратегии поведения. Виды среды многообразны: природная, экологическая, хозяйственная, социальная, политическая, культурная, информационная и т.п.

Второй — среда отличается различным характером воздействия на систему — может быть нейтральной, пассивной или активной, агрессивной, благоприятной и неблагоприятной (например, социально-психологическая обстановка в коллективе для деятельности человека).

Третий — среда связана с системой сложными обменными процессами, она является необходимым условием существования, прежде всего, открытых систем. Вещество, энергия и информация попадает в систему из среды. Среда, в качестве которой выступает, например государство, задает правила поведения системам, например социальным организациям или политическим партиям.

Четвертый — среда вездесуща, находится не только за пределами системы, но и внутри нее. Внешняя среда выступает средой обитания системы, а внутренняя — ее жизни (рис. 1).

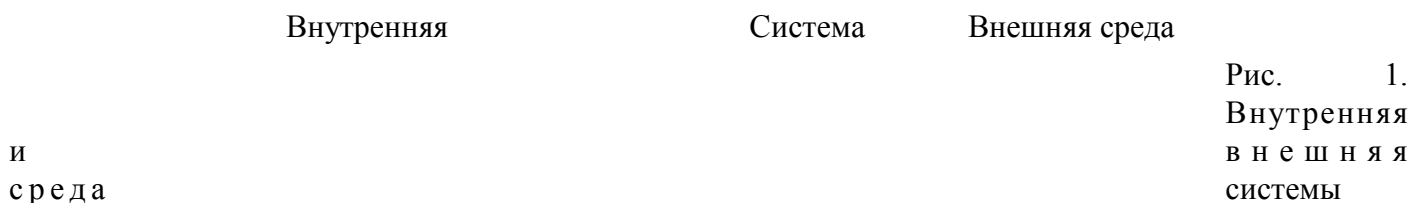


Рис 1

Это означает, что из внешней среды система черпает жизненные ресурсы, а внутренняя выступает организмом системы. Внутренняя и внешняя среда системы находятся во взаимной зависимости и взаимной обусловленности.

С точки зрения теории множеств внутренняя среда охватывает составляющие, которые содержатся в данном множестве, а внешняя среда — это те элементы, которые не содержатся в данном множестве. Если с внешней средой все относительно ясно, ибо она не входит в множество элементов системы, то с внутренней средой сложнее: она входит в систему и определяет ее строение. В принципе в любой системе внутренняя среда включает в себя две составляющие. В качестве первой выступают элементы, отношения, связи, воздействующие на систему и на ее составляющие, второй — внутренняя среда элементов, которая определяет их поведение. Резких граней между внутренней и внешней средами нет. Еще вчера работник был во внешней среде, искал себе работу, но уже сегодня он работает в фирме, включен во внутреннюю среду и сам ощущает ее как внешнюю для себя.

Разнообразие среды

Среда характеризуется известным разнообразием, различающимся по масштабам, степени активности и характеру воздействия на систему (табл.1).

Таблица 1 – Типология среды

Основание классификации	Среда	
	Вид	Характеристика
Масштаб	Микросреда	Ближайшее окружение системы, воздействующее на нее непосредственно
	Макросреда	Широкое окружение системы, воздействующее на нее опосредованно
Положение	Внешняя Внутренняя	Окружает систему Находится внутри системы
Активность	<i>Активная</i>	Высокая активность по отношению к

	<i>Пассивная</i>	системе, динамика перемен Низкая активность по отношению к системе, отсутствие перемен
Х а р а к т е р активности	<i>Благодатная</i> <i>Нейтральная</i> <i>Агрессивная</i>	Представляет для системы источник ресурсов Нейтральность по отношению к системе Воздействует негативно на систему, расширяет ее ресурсы
У р о в е н ь организованности	<i>Стихийная,</i> <i>неорганизованная</i> <i>Организованная</i>	Неорганизованность и непредсказуемость проявлений Упорядоченность
У р о в е н ь управления	<i>Управляемая</i> <i>Неуправляемая</i>	Возможность регулирования системой Система не может ей управлять
Структура среды	<i>Гомогенная</i> <i>Гетерогенная</i>	Однородное образование, включающее систему одной природы Состоит из систем различной природы
Функциональное выражение	<i>Ресурсная</i> <i>Информационная</i> <i>Конфликтогенная</i> <i>Миссионерско-реализаторская</i>	Источник материальных, информацион-ных, энергетических ресурсов Частный вид ресурсной среды, когда в качестве ресурса выступает информация Источник конфликтов и противоборства с системой Поле реализации миссии системы

Обратим внимание на важный аспект в понимании среды. Как отмечает В. Г. Афанасьев: “Среда — важный фактор дифференциации целостных систем”. Отсюда следует зависимость, обусловленность системы средой является важнейшим направлением научных исследований систем любой природы, их анализа и осмысления.

Углубление понимания среды показывает, что среда представляется неоднородной. Для нее свойственны следующие характеристики:

- **некоторая совокупность организованных систем и хаотических образований.** При этом организованные системы придают среде организованность, предопределенность, а хаотические образования — непредсказуемость, случайность;

- **множество факторов, воздействующих на систему.** Средой являются не все объекты, которые окружают систему, а лишь имеющие отношение к ее жизнедеятельности. Либо это объекты и системы, которые попадают, что называется, в сферу “интересов систем”, либо те, в сферу интересов которых попадает данная система;

- **система воздействует на среду посредством своих функций.** При этом внешние функции организующе воздействуют на окружающую среду, а внутренние — на внутреннюю;

- **система использует среду в качестве источника, хранилища и средства переработки ресурсов, средств жизни.** Среда пополняет систему, обеспечивает ее обновление, сферу жизни, проявление функций;

- **система постоянно меняет свои границы по отношению к средам.** В этом проявляется ее динамизм. Она может получать или захватывать из окружающей среды элементы и присваивать их, вводить во внутреннюю среду. Система отделена от среды границами. Границы системы можно определить как любые объекты, в которых не существует данный объект и которые обладают наименьшим отличием от них. Определение границ системы принципиально важно как для ее познания, так и управления. При этом границы системы, прежде всего, устанавливаются в пространстве. В бизнесе — это границы рынка, в государственном управлении — границы государства и т.п. Следует обратить внимание: проблема границ особенно сложна в том случае, когда возникает принципиально новая система (например, демократия или рыночное хозяйство в

поставторитарных странах). Чтобы найти границы системы и построить ее план, необходимо приложить к каждому объекту системы своеобразную линейку — системообразующий фактор. Построение пространственной модели системы с определением границ изучается специальной отраслью знания, называемой топологией систем.

Тема 5: «Взаимодействие системы и среды»

Проблема взаимодействия системы и среды

Среда обязательно воздействует на систему. Сама система представляется некоторой совокупностью сред. По роли среды в жизнедеятельности системы можно выделить две группы систем. Первая группа систем опирается на внутренние источники развития, а вторая — на внешние. При этом между средами и системой существуют взаимодействия, т.е. вектор может быть направлен от среды к системе и от системы — к среде.

Характеристика основных факторов среды и их классификация (по степени объективности — объективные и субъективные; по характеру воздействия на систему — стимулирующие, факторы-помехи; по способу воздействия на систему — прямые и косвенные; по соотношению общего и специфического — общие и специфические), представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Типология факторов, воздействующих на систему

Основание классификации	Фактор	
	Вид	Характеристика
Степень объективности	Объективные Субъективные	Не зависят от воли и деятельности людей Представляют собой волю и деятельность людей
Важность для системы	Существенные Несущественные	Без них система не может функционировать Действия не влияют на систему
Характер воздействия на систему	Стимулирующие Помехи	Способствуют развитию системы Мешают функционированию и развитию системы
Способ взаимосвязи с системой	Прямые Косвенные	Непосредственная связь с системой Опосредованно связаны с системой
Соотношение общего и специфического	Общие Специфические	Отличаются высокой степенью общности Отличаются спецификой проявления

Находясь в среде, система испытывает на себе постоянные воздействия, которые называются *факторами*. Рассмотрим эти факторы. Принципиально важными характеристиками систем считаются открытость и закрытость. Под открытостью системы понимается несколько составляющих.

Открытость сводится к *отсутствию пограничной проблемы*, т.е. отрытая система не имеет жестких границ. Вместе с тем для такого аспекта открытости свойственна опасность растворения системы в окружающей среде, потеря собственной идентичности. Н. Луман подчеркивал, что системы, поддерживающие себя в состоянии сложного порядка благодаря отношениям обмена с окружающей средой посредством входа и выхода, являются открытыми системами. Открытость отождествляется также *со свободой элементов системы*. Свобода сводится к возможности и реальности выбора, движения элементов в различных направлениях. Именно так понимал открытость выдающийся английский философ, логик и социолог *Карл Раймунд Поппер (1902–1994)*, который, рассматривая эту проблему по отношению к обществу. Граждане открытых обществ отличаются индивидуальной свободой, в отличие от граждан закрытого, которым присуща коллективная несвобода.

Органичность закрытой системы и неорганичность открытой. Речь идет о том, что элемент этой системы представляет собой органическую часть общности. К. Поппер пишет: “Закрытое общество в его лучших образцах можно справедливо сравнивать с организмом. Закрытое общество сходно со стадом или племенем в том, что представляет собой полуорганическое единство, члены которого объединены полубиологическими связями — родством, общей жизнью, участием в общих делах, одинаковыми опасностями, общими удовольствиями и бедами” [там же]. Для открытых систем свойственна значительная утрата такой органичности. Интересно, что утрата органичности,

т.е. полная независимость, изоляция элементов друг от друга, их автономность могут привести к вырождению системы.

В основе концепции взаимодействия системы и окружающей среды Н. Лумана лежит не действие, а коммуникация. Такой подход дает возможность рассматривать не только физическое и энергетическое взаимодействие системы и среды, но и их информационное взаимодействие. Для обозначения связи системы с внешней средой Н. Лума ввел понятие “структурного соединения”, которое означает, что среда не управляет всеми операциями системы, но она может нарушать некоторые из них, образуя некоторые специфические пограничные структурные соединения, что вызывает структурные изменения системы или ее “структурный дрейф”. Система, по мнению Н. Лумана, никогда бы не пришла к построению собственной сложности и собственных знаний, если бы постоянно смешивалась с окружающей средой.

Она взаимодействует с ней, испытывает постоянные возбуждения, создает пограничные структуры, сохраняет равновесие.

Адаптация системы в среде

Важнейшая проблема выживания системы в среде — *адаптация*. Несмотря на привычность понятия “адаптация” (от лат. *adaptare* — приспособлять) в науке наблюдается некоторый концептуальный “разброс” в понимании сущности этого явления. Можно выделить, по крайней мере, три подхода.

Первый — чаще всего под этим термином понимается приспособление самоорганизующихся систем к изменяющимся условиям среды или процесс активного приспособления социальных и политических субъектов к изменяющимся внешним условиям, к окружающей среде с помощью специальных средств.

Второй подход рассматривает ее как путь, которым социальные системы любого рода “управляют” или отвечают на среду своего обитания. Согласно Т. Парсонсу, адаптация — это одно из важнейших функциональных условий, которым все социальные системы должны отвечать, чтобы выжить.

Третий подход осмысливает адаптацию как способ сохранения идентичности объекта. Здесь адаптация представляет собой реактивное поведение, связанное с приспособлением к окружающей среде, а не с активным и целенаправленным ее преобразованием.

Многообразие видов адаптации и их характеристики даны в табл. 2.

Таблица 2- Классификация адаптации

Основания классификации	Адаптация	
	Вид	Характеристика
<i>Ц е л ь адаптации</i>	<i>Сохранительная</i>	Направлена на сохранение системы
	<i>Приспособительная</i>	Ориентирована на приспособление системы к условиям среды
	<i>Экспансионистски-преобразовательная</i>	Имеет целью приспособление среды к системе
<i>Х а р а к т е р адаптации</i>	<i>Естественная</i>	Осуществляется естественно в процессе жизнедеятельности системы
	<i>Искусственная</i>	Осуществляется целенаправленно посредством специальных действий
<i>В е к т о р адаптации</i>	<i>Прогрессивная</i>	Изменения в соответствии с прогрессивными тенденциями развития
	<i>Консервативная</i>	Процесс сохранения рационального прошлого
	<i>Реакционная</i>	Охватывает адаптационные аспекты регресса системы
<i>Г л у б и н а адаптации</i>	<i>Поверхностно-ритуальная</i>	Не предполагает глубинных изменений системы и среды
	<i>Аспектная</i>	Изменение того или иного аспекта системы или среды
	<i>Развивающая</i>	Качественное изменение системы и среды

Тип среды	Внешняя Внутренняя	Развертывается в системе взаимодействий системы — внешняя среда Осуществляется в системе взаимодействий системы — внутренняя среда
Аспекты системности	Атрибутивная Функциональная Организационная Структурная	Изменяет свойства системы и среды Сводится к функциональным изменениям Преобразует организацию системы и среды Воздействует на структуру системы и среды
Пророда адаптанта и среды	Биологическая Психологическая Социальная Экономическая Политическая Культурологическая Информационная	Взаимодействие организмов и среды Предполагает взаимодействие психики и среды Охватывает взаимодействие людей, общностей, институтов, подсистем и социальной среды Предполагает взаимодействие экономических систем и экономической среды Описывает взаимодействие политических систем и политической среды Определяет взаимодействие культурологических систем с культурной средой Представляет собой взаимодействие информационных систем с информационной средой

Довольно серьезна проблема внутренней перестройки системы под воздействием среды, суть сводится к пределам этой перестройки. Полная перестройка системы под воздействием среды означает потерю ее самобытности и растворение в среде. Перестройка должна идти до приведения в соответствие природы системы природе среды, чтобы они принципиально не отрицали одна другую. В этом случае среда перестает быть конфликтогенным фактором системы и может выступить нейтральным явлением, не мешающим системе функционировать и развиваться. Образно это можно обозначить формулой “перекраска белой вороны”. Частный случай — несовместимость системы и среды, под которой следует понимать такое их отношение, когда наличие одного из них является условием для отсутствия другого. В этом случае возникает проблема агрессивности.

Проблема агрессивности выступает состоящей из трех подпроблем: первая — это агрессивная среда и неагрессивная система, вторая — агрессивная система и среда, а третья — агрессивная система и агрессивная среда. При этом первая проблема может быть разрешена посредством уничтожения, ассимиляции системы в среду либо путем перевода этой подпроблемы в состояние третьей. Подобное же свойственно и для решения второй подпроблемы. Но здесь система должна подчинить себе среду, интегрировать часть ее в себя и неизбежно выйти на изменения своей конфигурации и вхождения в новую среду, с которой нужно будет выстроить отношения.

Значительный интерес представляет собой равновесие систем.

Равновесие — способность системы возвращаться в первоначальное состояние, компенсируя возмущающее воздействие среды. Значение равновесия связано с тем, что оно приобретает судьбоносное значение для планетарной цивилизации, прежде всего, с обострением экологических проблем и стремлением найти экологический баланс посредством обеспечения равновесия системы со средой.

Равновесие системы включает в себя, по крайней мере, две составляющие: внутреннее равновесие системы, т.е. равновесие ее со своей внутренней средой, выступает как равенство действий противоположностей; равенство противоположности системы в среде и среды в системе. Обе составляющие очень тесно взаимосвязаны. Давление среды на систему заставляет ее вырабатывать противоположное ей компенсирующее воздействие. Это толкает систему на перестройку совокупности противовесов внутри себя. Таким образом, обеспечение внешнего баланса

способствует формированию внутреннего. Сбалансированность системы выступает главным условием ее стабильности.

Важным показателем системы, особенно социальной, является ее устойчивость. Этот показатель очень тесно связан с равновесием системы. Как пишет С. А. Кузьмин: “В самом общем виде устойчивость социальной системы может быть определена как способность последней сравнительно быстро возвратиться в исходное состояние, либо достигнуть новой, более высокой точки на траектории сбалансированного развития”. Среди защитных механизмов системы, обеспечивающих ей устойчивость:

- инерционность, т.е. способность двигаться по инерции вопреки возмущающим факторам;
- способность к адаптации, т.е. способность приспосабливаться к изменяющимся условиям в пределах некоторых границ.

Взаимодействие системы со средой представляется как взаимодействие данной системы с другими системами. Оно далеко не всегда сводится к агрессии или адаптации. Довольно часто при благоприятных условиях происходит сближение систем. Процесс получил название конвергенции (в переводе с лат. — сближаться, склоняться, сходиться в одной точке). В геометрии под конвергенцией понимается сближение двух линий и схождение их в одной точке. В биологии конвергенция означает возникновение одинаковых признаков в строении тел и функционировании разных организмов, находящихся под воздействием одних и тех же факторов среды. В социологии этот термин был впервые введен французским социологом **Раймондом Ароном (1905–1983)** в 1957 г. для обозначения процесса сближения социалистической и капиталистической общественных систем.

По всей видимости, конвергенция является общесистемным процессом, важной составляющей эволюции. Она возникает:

- при наличии общей среды обитания для двух систем;
- при открытости обеих систем, что позволяет факторам среды воздействовать на внутренние структуры систем;
- при отсутствии противостояния и борьбы систем одна с другой;
- в случае взаимного влияния систем, что ускоряет процесс взаимного обмена сходством.

Борьба и конкуренция систем

Борьба представляет собой такой вид взаимодействия систем, который выступает средством их выживания. Борьба — общий закон развития всего сущего, формулируется в диалектике в виде закона единства и борьбы противоположностей, который был обнаружен уже философами древности.

Идею о значении борьбы за выживание для развития живой природы впервые обосновал **Чарлз Роберт Дарвин (1809–1882)** в книге “Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь” (1859).

Борьба представляет собой динамику противоречия между противоположными сторонами, средой и системой, различными системами, сторонами и аспектами одной системы. Что касается противоречия, то оно понимается как “... определенный тип взаимодействия различных и противоположных сторон, свойств, тенденций в составе той или иной системы или между системами, процесс столкновения противоположных стремлений и сил. Предельным случаем противоречия является конфликт”.

Борьба начинается только тогда, когда системы в процессе функционирования сталкиваются, попадают в зону соперничества. Но она продолжается только в том случае, когда предмет соперничества имеет исключительное значение для жизнедеятельности систем и когда у систем есть соответствующие предпосылки, возможности: сила и соответствующие органы у животных, военная мощь у государств, агрессивность у людей и т.п.

С позиции систем борьба представляет собой весьма многоплановое явление. Это:

- **постоянный фактор активного присутствия**, т.е. борьба в той или иной форме, аспекте, проявлении всегда повенчана с системами;
- **источник развития систем**, объясняет механизмы развития, его содержание, формы и процесс.

Конкуренция в широком смысле — это борьба между системами за другие системы, за ресурсы окружающей среды. Она наиболее выражена в виде борьбы в обществе между индивидами,

группами или обществами за овладение ценностями, запасы которых ограничены и неравным образом распределены между индивидами или группами. Отличительные признаки конкуренции:

- ориентация на отстранение или опережение соперников в достижении целей;
- соревнование в достижении цели;
- постоянное соперничество;
- сочетание честных и нечестных действий. Честная конкуренция в виде соперничества в соответствии с установленными в обществе нормами, правилами (законом, моральными нормами).

Правила конкуренции характеризуют уровень культуры общества.

Конкуренция как спонтанное и честное соперничество побуждает внутренние силы конкурирующих сторон, заставляет их развиваться, совершенствовать средства деятельности, т.е. выступает важнейшим источником развития. Конкуренция может осуществляться как между отдельными людьми, так и общностями, производственными предприятиями, политическими партиями, кандидатами в депутаты, обществами, государствами и т. п.

Среди важнейших функций, которые реализует в обществе конкуренция, конечно же функция развития. Именно механизм конкуренции определяет развитие рыночной экономики, которая характеризуется такими составляющими, как конкуренция между товаропроизводителями за получение прибыли, между работниками на рынке труда и т.п. Конкурентный механизм заложен и в политическую демократию, которая представляет собой, прежде всего, конкуренцию, игру основных ветвей власти: законодательной, исполнительной и судебной. Кроме того, она выступает одним из важнейших средств распределения недостающего для всех вознаграждения.

Победитель получает богатство, служебное положение, любовь, признание, славу и т.п. Помимо позитивных функций конкуренция может приводить и к негативным последствиям, особенно тогда, когда ее правила не установлены либо являются крайне примитивными и нецивилизованными. Острота и масштабы конкуренции различны в разных обществах и социальных группах. Если конкуренция ослабевает, то замедляется развитие общества, наступает застой. Если же она обостряется, то может перерасти в острую борьбу, конфликт, революцию.

Тема 6: «Системообразующие факторы»

Понятие системообразующего фактора

Одна из важных проблем в определении системы — выяснение сущности сил, объединяющих множество в одну систему. Действительно, как образуются, существуют, функционируют, развиваются системы? Как они сохраняют свою целостность, структуру, форму, ту особенность, которая позволяет отличить одну систему от другой? Почему неупорядоченность, хаос превращаются в организованное образование? Для объяснения этого применяется специальный термин — «системообразующий фактор». Под ним понимается фактор, который формирует систему.

Идея системообразующего фактора волнует философов со времени возникновения философии до наших дней. Она зародилась уже в глубокой древности. **Платон (428 или 427–348 до н. э.)** представлял мир сотворенным творцом (демиургом), который придал ему душу. Последняя обеспечивает его порядок. При этом бестелесными сущностями всего сущего выступают идеи. У выдающегося энциклопедиста античного мира **Аристотеля (384–322 до н. э.)** фактором упорядочивания считается форма, которая представляется активным началом по отношению к материи. У **Г. Гегеля (1770–1831)** системообразующим свойством обладает противоречие, у **К. Маркса (1818–1883)** — необходимость, противоречие и т.п. В наше время наука находит все больше подтверждений того, что принцип системности — основополагающее свойство материи и сознания.

Системообразующий фактор, с одной стороны, представляется объективным явлением, ибо характеризует способность материи обретать и проявлять системность. Но, с другой стороны, он выступает средством для вычленения исследователем системы из среды, т.е. он — инструмент проверки того, есть ли то, что определяется им, системой. Таким образом, системообразующий фактор — это одно из проявлений активности материи в аспекте реализации ее способности формировать системы. Вместе с тем поиск системообразующих факторов отражает способность человеческого мозга видеть мир в системном измерении.

Проблема поиска системообразующих факторов является одно из главных проблем науки, поскольку, найдя фактор, мы находим систему. А это приводит к кардинальному росту познавательного эффекта. Достаточно вспомнить, например, о скачке в науке благодаря открытию **Д.И. Менделеевым (1834–1907)** периодического закона и построения периодической системы элементов. Системообразующим фактором периодической системы элементов выступает зависимость между атомным весом и свойствами элементов. Открытие позволило объединить все элементы в строгую периодическую систему, создало возможности не только описывать свойства имеющихся элементов, но предсказывать появление новых.

В науке просматриваются два направления поисков системообразующих факторов:

первое — естественнонаучное, заключается в том, что исследуются особенности, специфика, характер системообразующих факторов в каждой анализируемой системе. Химики, например, выделяют различные типы связи в веществе: ковалентная, водородная, ионная и др. Потом по этим видам факторов исследуют реальные явления. Каждая наука накопила значительный багаж знания тех факторов, которые образуют системы;

второе — характеризуется попытками выявить за спецификой, уникальностью, единичностью конкретных системообразующих факторов закономерность, присущую всем системам без исключения, но проявляющаяся по-разному в разнородных системах.

Существует несколько идей поиска главных факторов образования системы с философской точки зрения. Так, российский физиолог, основоположник теории функциональных систем **Петр Кузьмич Анохин (1898–1974)** выдвинул идею: решающий и единственный фактор — результат функционирования системы, который, будучи недостаточным, активно влияет на отбор именно тех степеней свободы из компонентов системы, которые при их интегрировании определяют дальнейшее получение полноценного результата. Согласно функциональной теории систем системообразующим фактором поведенческих актов признается доминирующая мотивация, формирующаяся на основе ведущей потребности организма. Речь идет о такой биологической мотивации, как голод, которая выступает в виде ведущей метаболической потребности.

Встречается мнение, что системообразующим фактором является *цель*, благодаря которой элементы системы объединяются и функционируют ради ее достижения. Это приемлемо для живой

природы и социальной жизни. Здесь целевая системная организация нередко ведущая. В неживой природе, где цель — движение к состоянию равновесия, это менее четко выражено. Развитие, например кристалла, направленно, ибо он принимает определенную форму, но это происходит не потому, что атомы заранее сориентированы для принятия формы кристалла, а в силу того, что существуют взаимодействия между атомами, выстраивающие их в нужном порядке.

Системообразующим фактором является **время**, точнее не протяженная его часть, а та, которую мы называем **будущее**. Будущее может выступать целью объединения. Понятие “ради будущего” применимо к процессам создания любых систем. Будущее лежит и в основе их сохранения. Кроме того, будущее влияет на развитие систем еще и тем, что его зачатки существовали в прошлом. Особенно хорошо применимы эти категории к анализу социальных систем. Достаточно вспомнить, что в последние годы прошлого века и тысячелетия существенно активизировалось развитие многих стран и народов с целью войти в новый век и тысячелетие со значительными экономическими, политическими и социальными успехами. Появление новых целей укрепляет и развивает систему. Неопределенность же с будущим резко ухудшает развитие системы, которая утрачивает динамику, снижает интегрированность, а также эффективность функционирования. Утрата будущего, по всей видимости, есть первейшее условие для аннигиляции системы.

Системообразующим фактором может быть и прошлое. Это хорошо видно на примере поставторитарных стран, в которых в условиях социально-экономического кризиса резко обострилась ностальгия по социалистическому прошлому. Она в немалой степени способствует формированию коммунистического движения, развитию различных форм социального протеста.

Настоящее время также системообразует объекты, соединяя и консолидируя для успешной и быстрой реализации их индивидуальных целей. Благодаря этому индивидуальное выживание объектов становится более успешным, ибо срабатывает синергетический эффект — эффект умножения результата от их функционирования, который оказывается больше суммы отдельных эффектов от элементов.

В общем, выделение пространства и времени как внешних системообразующих факторов условно (все в мире находится в пространстве и во времени), однако каждая конкретная система имеет свои пространственно-временные характеристики, которые мы можем определить как внутренние, присущие только ей и отличные от пространства и времени другой системы. Здесь наблюдается удивительное многообразие, например, временной детерминации, когда прошлое, настоящее и будущее формируют различные свои соотношения в системообразующих факторах систем. При этом одни системы предопределяются преимущественно прошлым, другие — настоящим, третьи — будущим, четвертые — всеми видами времени.

В качестве оснований классификации системообразующих факторов выделяем активность, способ проявления, положение по отношению к системе, аспекты системы, соответствие реальности и характер действия (табл. 1).

Если представить данную классификацию в виде дерева, уровнями которого представляются основания классификации, а ветви — конкретные

Таблица 1 - Классификация системообразующих факторов

Основание классификации	Фактор	
	Разновидность	Характеристика
Активность	<i>Активный</i> <i>Пассивный</i>	Активное формирующее проявление Пассивность, слабость воздействия
Способ проявления	<i>Открытый</i> <i>Латентный</i>	Проявляет себя открыто Не проявляется внешне, отличается скрытостью
Положение по отношению к системе	<i>Внешний</i> <i>Внутренний</i>	Находится во внешней по отношению к системе среде Находится внутри системы
Аспекты системы	<i>Целевой</i> <i>Временной</i> <i>Структурный</i>	Выступает в виде целевых проявлений Представляется в качестве формирующего системы времени Структурообразующее явление

	<i>Организационный</i>	Выступает в виде проявлений организованности
	<i>Функциональный</i>	Представляется в виде функций
Соответствие реальности	<i>Искусственный</i>	Носит искусственный, пробный характер
	<i>Естественный</i>	Свойственен природе реальных объектов
Характер действия	<i>Стабилизирующий</i> или <i>благоприятствования</i> <i>Дестабилизирующий</i> или <i>угрозы</i>	Воздействует стабилизирующе, чем обеспечивает формирование системы Благодаря угрозе дестабилизации, гибели элементов обеспечивает их интеграцию в систему

разновидности, то получим детальные описания имеющихся системообразующих факторов.

Системообразующие факторы выполняют вполне определенные функции по отношению к системам:

- выступают источником возникновения систем, ибо возникновение системообразующего фактора означает прекращение существования неупорядоченности, появление обостренной нужды в системе;
- играют важную роль в поддержании равновесия системы. Система, вышедшая из равновесия, побуждает, “включает” системообразующий фактор, который обеспечивает достижения ею состояния гомеостата;
- обеспечивают процесс наследования в системах, память о ее коде.

Обратим внимание и на то, что системообразующие факторы далеко не всегда проявляют себя открыто. Это скрытые факторы, что требует специальных и длительных исследований.

Внешние и внутренние системообразующие факторы

Системообразующие факторы часто рассматривают как факторы среды, способствующие возникновению и развитию систем. Они подразделяются на механические, физические, химические и пр. Указанные факторы действуют на всех уровнях материи. Примером может быть: скопление людей, существующее под влиянием климатических, политических, социальных или других условий; скопление и упорядочение атомов под влиянием какого-либо поля (магнитного, теплового, гравитационного и др.). Иначе говоря, **системообразующие факторы** — силы, которые способствуют образованию системы, являются чуждыми для ее элементов, не обуславливаются и не вызываются внутренней необходимостью к объединению. Они не могут играть главную роль, они случайны, но могут быть внутренними и необходимыми в масштабе той системы, в которую рассматриваемая входит как элемент. Эти факторы нередко бывают крайне противоположными той системе, которую они образуют. В политике и обыденной жизни людей известен фактор внешнего врага, который приводит к консолидации наций, формированию государственных коалиций и т.п.

Внутренние системообразующие факторы порождаются объединяющимися в систему отдельными элементами, группами элементов или всем множеством. Их перечень достаточно велик:

- общность природного качества элементов позволяет существовать многим естественным системам потому, что элементы какого-либо природного качества имеют только им присущие, особые связи (атомы одного элемента, мономеры в полимере, клетки одного органа, организмы в популяции и пр.);
- взаимодополнение — обеспечивает связь как однородных, так и разнородных элементов в системе;
- факторы индукции — отражают присущее всем системам живой и неживой природы “достраивать” систему до завершенности (например, обломок кристалла при доращивании восстанавливает первоначальную форму кристалла);
- постоянные стабилизирующие факторы системообразования включают постоянные жесткие связи, обеспечивающие единство системы (примерами могут быть каркас здания, скелет организма), кроме того, они не только системообразующие, но и системосохраняющие;

- связи обмена — представляют собой сущность любого взаимодействия элементов, но характер обмена и его субстрат зависят от уровня развития взаимодействующих элементов или подсистем в системе. В неорганической природе в качестве субстрата обмена выступают различные виды вещества, поля, энергия, информация. Живая природа несет большее разнообразие: вещество, информация, энергия, различные силы, звуковые колебания и пр. В человеческом обществе — основная форма связи такого типа — экономическая;

- функциональные связи возникают в процессе специфического взаимодействия элементов систем. Можно назвать функциональными связи, возникающие между различными химическими элементами, взаимодействия между животными во время охоты, между людьми при совместных действиях. Эти связи нередко носят временный характер и образуемые ими системы могут распадаться, если еще нет более сильных, постоянных системообразующих факторов.

Данные факторы носят как внутренний, так и внешний характер. Внешние — элементы образуемой системы индифферентны по отношению друг к другу (куча камней, мешок зерна); внутренние — образуемая ими система выступает как единство подобных элементов.

Обратим внимание, некоторая совокупность объектов всегда является системой. Назначение человека заключается в том, чтобы понять, в каком отношении данную совокупность можно считать системой. Три улицы большого города — это не законченная территориальная, хозяйственная, политическая, экологическая система. Но они могут составлять этническую систему, поскольку исторически сложилось так, что на этих улицах проживают преимущественно представители одного этноса. Поэтому проблема заключается только в правильном определении системообразующего фактора.

Тема 7: «Характеристика основных этапов жизненного пути системы»

Возникновение системы

С материалистической точки зрения существующий мир в целом не возникает и не исчезает, он существует вечно, представляя собой взаимосвязь, взаимодействие конкретных материальных систем.

Возникновение — есть одна из форм движения материи. Это понятие отражает процессы, присущие всем конкретным явлениям органической и неорганической природы, общества и мышления. Эта универсальность дает полное право считать “возникновение” философской категорией.

Каждое явление имеет свое начало, т.е. возникает, но возникает не на пустом месте, а на базе предшествующего и проявляется при благоприятных условиях. Возникновение также теснейшим образом связано с понятием “новое”. Появление нового и есть возникновение, а новое зарождается в недрах старого, на его базе.

Процесс возникновения можно разделить на два этапа: 1) скрытый, когда появляются новые элементы и происходит их количественный рост, и 2) явный, когда новые элементы образуют новую структуру, т.е. новое качество; происходит постепенное накопление определенных факторов и скачок — образование нового, качественно отличного. Так, возникновение льда на первый взгляд кажется внезапным, но в действительности при понижении температуры постепенно замедляется движение молекул, уменьшается их энергия, что и приводит к скачку, к образованию кристаллов льда. Следовательно, постепенность как этап возникновения включает в себя не только количественный рост новых элементов, но и количественные изменения энергетических состояний элементов системы, приводящих в конечном итоге к структурной перестройке, т.е. к скачку.

Возникновение невозможно без разрушения. Эти два процесса органически связаны и не имеют преимуществ один перед другим.

Причины возникновения, как и причины разрушения, кроются в вечном взаимодействии взаимосвязанных противоречивых сторон, явлений, процессов. Существует представление о возникновении как акте слияния, соединения двух и более качеств в одно, или разделения одного качества на два (или более) новых. Кроме того, образование системы может происходить путем обмена элементов, но это не третий путь, а сочетание соединения и разъединения взаимодействующих объектов.

Возникновение системы есть одновременно и возникновение новой формы движения или нового вида определенной формы движения и связано с тем, что прежняя форма движения исчерпала себя.

Это выражается в том, что любая дальнейшая организационная перестройка элементов системы в рамках данной формы движения ведет не к укреплению и совершенствованию этой системы, а к ее преобразованию.

Система считается возникшей, когда между элементарными носителями новой формы движения образуется взаимосвязь, однако вначале связь носит неустойчивый характер, т.е. новая система находится на грани перехода из возможности в действительность. Иначе говоря, новое качество должно еще утвердиться, проявиться, обрести устойчивость, т.е. новая система, возникнув, должна стать собой.

Из природных примеров можно сделать вывод о непрерывном возникновении нового, но не каждое возникшее оказывается соответствующим внешним условиям.

Итак, возникновение — сложный противоречивый процесс. Существует много форм возникновения, где притяжение и отталкивание, разъединение и соединение варьируются в самых неожиданных сочетаниях.

Становление системы

Становление — это этап в развитии системы, в процессе которого она превращается в развитую систему. Становление есть единство “бытия” и “ничто”, но это не простое единство, а безудержное движение.

Процесс становления также как и возникновение системы, связан с количественным увеличением качественно тождественного множества элементов. Так, в термодинамических условиях

земной поверхности количество кислорода и кремния преобладает над всеми остальными элементами, а на поверхности других планет преобладают другие элементы. Это свидетельствует о потенциальной возможности количественного роста любого элемента при благоприятных физико-химических условиях.

В процессе становления системы у нее появляются новые качества: природное и функциональное. Природным качеством является определяющий признак того или иного класса, уровня систем, позволяющий говорить о тождественности систем класса. Функциональное качество включает в себя специфические свойства системы, приобретаемые ею в результате ее способа связи со средой. Если природное качество постепенно исчезает вместе с данной системой, то функциональное может изменяться соответственно внешним условиям.

Кроме того, новые качества появляются и у отдельных элементов системы, вернее элемент приобретает это качество при образовании системы (например, стоимость товара).

Противоречие между качественно тождественными элементами — один из источников развития системы. Следствие этого противоречия — тенденция к пространственному расширению системы. Возникнув, качественно тождественные элементы стремятся разойтись в пространстве. Данное “стремление” обусловлено непрерывным количественным ростом этих элементов и возникающими между ними противоречиями.

Но существуют системообразующие факторы, которые не дают возникшей системе распасться из-за существующих внутренних противоречий и расширения. И существует граница, выход за которую может быть губителен для элементов вновь возникшей системы.

Кроме того, на вновь возникшие элементы новой системы действуют системы уже существующие в данной среде ранее. Они препятствуют проникновению новых систем в среду своего существования.

Таким образом, элементы новой системы находятся в противоречии друг с другом, но под давлением внешней среды и условий существования они оказываются во взаимодействии, в единстве. При этом тенденция развития такова, что внутренние противоречия между качественно тождественными элементами системы приводят их к тесной взаимосвязи, и в конце концов, — к становлению системы в целом. Становление есть противоречивое единство процессов дифференциации и интеграции. Причем углубляющаяся дифференциация элементов соответственно усиливает и их интеграцию.

Итак, в процессе возникновения и становления наблюдается количественный рост новых элементов. Основным движущим развитие противоречием оказывается при этом противоречие между новыми элементами и старой системой, которая разрешается победой нового, т.е. возникновением новой системы, нового качества.

Зрелость системы

Целостность, или зрелость системы представляет такую фазу ее развития, когда система достигает максимальной эффективности функционирования. Система работает на полную мощь. Вместе с тем диалектика не оставляет в покое и зрелую систему. По сути система представляет собой некоторое противоречивое образование, когда в единой системе обнаруживаются противоположные системы, каждая из которых объединяет элементы, обладающие функциональными качествами, противоположными функциональным качествам другой подсистемы.

Система в период зрелости внутренне противоречива не только вследствие глубокой дифференциации элементов, приводящей доминирующие из них к взаимной противоположности, но и вследствие двойственности своего состояния как системы завершающей одну форму движения и являющейся элементарным носителем высшей формы движения. С одной стороны, система совершенна, “работает” максимально эффективно, но с другой стороны, она выступает как завершенная форма, которая неизбежно окажется неспособной решать более высокие задачи.

Как завершающая одну форму движения система представляет собой целостность и “стремится” полностью раскрыть возможности этой высшей формы движения, а как элемент высшей системы элементарная система — носительница новой формы движения, она ограничена в своем существовании законами внешней системы. Это противоречие между возможностью и действительностью в развитии внешней системы в целом оказывает воздействие и на развитие ее

элементов. И наиболее перспективными в развитии оказываются те элементы, функции которых соответствуют потребностям внешней системы.

Иначе говоря, система, специализируясь, положительно воздействует на развитие преимущественно тех элементов, чьи функции отвечают специализации. А так как преобладают в системе элементы, чьи функции соответствуют условиям внешней системы (или окружающей среде), то и система в целом становится специализированной. Она может существовать, функционировать только в той среде, в которой сформировалась. Всякий переход зрелой системы в другую среду неизбежно вызывает ее преобразование. Так, простой переход минерала из одной области в другую вызывает в нем изменение и перегруппировку, отвечающую новым условиям.

Это объясняется тем, что минерал может существовать неизменным лишь до тех пор, пока находится в условиях своего образования. Как только он из них вышел, для него начинаются новые стадии существования.

Но даже при благоприятных внешних условиях внутренние противоречия в системе выводят ее из достигнутого на определенном этапе состояния равновесия, таким образом, система неизбежно вступает в период преобразования.

Будущее системы

Для эффективной практической деятельности людям нередко бывает важно иметь более или менее четкие представления о будущем систем. И, прежде всего, о развитии общества и его подсистем. Но зададим себе простой вопрос: что же такое будущее системы? Уже первые попытки дать на него ответ приводят к неоднозначным выводам.

Во-первых, современная наука практически не изучала будущее именно систем. Скорее исследовалось будущее объектов как некоторых неструктурированных целостностей. А система представляет собой гораздо более сложное образование, чем объект, который годится ей в сыновья-элементы. Проблема здесь заключается в том, что будущее системы зависит от значительного числа внутренних факторов. Оно является их результирующей. Механизм его достижения гораздо сложнее, непредсказуемее, чем будущее “одинокого” элемента, которым можно считать объект. Но если внутренние факторы не толкают систему в будущее, т.е. будущее является экзогенным, то их воздействие на систему распределяется по внутренним подструктурам системы и все равно достигается согласованно.

Во-вторых, когда речь идет о будущем системы, с которой человек связан узами жизнедеятельности, то подразумевается, по крайней мере, один из вариантов его понимания.

Системным называется такое будущее, которое обусловлено развитием самой системы, ее механизмами, возможностями, ресурсами.

Но система не существует сама по себе. В ее развитие вторгается человеческий фактор, который целенаправленно начинает планировать будущее. В связи с этим на будущее накладывают отпечаток цели, интересы и ценности людей. Оно становится желаемым будущим.

Будущее различается по направленности вектора преобразований как прогрессивное (инновационное), консервативное (сохранительное) и реакционное (возвратное). Первая разновидность характеризуется постоянными инновационными процессами, вторая акцентирует усилия на сохранении возникших структур, направляя весь пафос на мелкие дела — доведение до совершенства функционирования, а третья концентрирует свои устремления в прошлое, стараясь воплотить его в настоящем. Эти варианты присутствуют в реальности, но различным может быть сам коктейль, который может быть создан на основе одного с добавлением двух других составляющих.

Будущее может быть реалистическим и нереалистическим. Как правило, нереалистическое будущее апеллирует к идеалу и требует от человека веры, а несогласные с предложенной моделью будущего объявляются неправильными. Реалистическое будущее всегда обосновывается возможностями и опирается на системный эффект.

Много несуразностей возникает при разговоре о будущем, которое нередко не дифференцируют по временным отрезкам, отделяющим его от настоящего. Будущее требует временного адреса, иначе оно становится абстрактным будущим, не подтверждающимся человеческой деятельностью.

Будущее может быть предопределено законами развития системы. Например это свойственно для циклических систем, которые повторяют себя на новом более высоком уровне развития. Но в

ряде случаев будущее носит вероятностный характер и реализуется в результате стечения случайных событий с определенным уровнем вероятности.

Немаловажно также, что источники будущего могут лежать внутри системы или вовне. Опять речь идет о доминировании внешних или внутренних факторов. Это предопределяет экзогенное или эндогенное будущее.

По отношению к будущему в теории систем формулируется несколько важнейших проблем.

- Определения степени свободы человека в воздействии на систему в целях достижения желательного будущего. Существуют ограничения человеческих возможностей при воздействии на системы. Имеются и пороги чувствительности систем. Но самое главное — это естественные законы развития системы, нарушение которых может приводить к уродливому воплощению будущего по причине вторжения человека в естественный ход событий. Наука не дала убедительных советов людям относительно того, насколько они являются кузнецами своего счастья, насколько решительно они должны реализовывать свои проекты в жизнь, ибо сами проекты могут быть весьма нереалистическими, что в конечном итоге может привести к настоящим трагедиям людей.

- Изучение и приведение в движение системных механизмов достижения будущего. Будущее нельзя мыслить только как состояние системы. Это сложное динамическое системное качество, т.е. в будущем система должна быть способной функционировать на качественно новом уровне, обеспечивая новые функции всеми структурами системы.

- Проблема траектории движения системы к будущему, которая по отношению к системе представляет собой пучок траекторий, формируемый движением в будущее отдельных подсистем и элементов. При этом отдельные составляющие системы довольно успешно переживают кризисные процессы, быстро обновляются, другие движутся рывками, а третьи задерживаются в развитии настолько, что ощутимо негативно влияют на марш в будущее всей системы.

- Построение критериев истинности и ценности того или иного варианта модели будущего системы. Но человека интересует этот вопрос задолго до воплощения будущего в настоящее. По-нашему мнению, в качестве таких критериев могут выступать критерии системности. Если при движении системы в будущее она сохраняет системную целостность и одновременно меняет качество как элементов, так и системы в целом, обеспечивая более высокий уровень своего функционирования в каждый момент времени, то модель будущего можно рассматривать как реалистическую.

Тема 8: «Этапы проектирования»

Первый — осознание и формулирование практической проблемной ситуации, связанной с необходимостью удовлетворения возникшей или возникающей потребности в изменениях.

Второй — сбор необходимой информации, изучение накопленного опыта преобразования действительности и аналогичных проектов. Предполагается создание информационной базы по следующим направлениям:

- **получение информации обо всех аспектах проблемы.** Для сбора информации применяются различные методы: статистические, социологические, социально-психологические. Используются здесь как количественные методы, так и качественные;

- **изучение имеющегося опыта решения таких или подобных проблем.**

При этом особого внимания заслуживает анализ проблемы соотношения в опыте общего и особенного;

- **накопление сведений о способах, методах и технологических решениях таких или подобных проблем.** Здесь важно, опираясь на методологический арсенал инженерии, а также на общение с проектировщиками, испытателями и управленцами определить с теми методами и технологическими решениями, которые могут быть свойственны для данного проекта.

Третий — накопление информации, которое завершается обоснованием возможности и целесообразности проекта, появлением его замысла, созданием концепции. Обоснование необходимости создания технологии определяется ее актуальностью, т.е. способностью

решать назревшую общественно значимую проблему, возможностью, т.е. наличием в обществе разнообразных возможностей разрешения проблемы посредством построения технологии и целесообразностью, которая определяется разумностью затрат на формирование технологии.

Четвертый — формирование задания на проектирование, определение требований к проекту;

Пятый — принятие решения о проведении проектирования, в котором фиксируется техническое задание на проектирование с его требованиями и основными характеристиками проекта; определяются сроки его выполнения, оцениваются необходимые ресурсы, дается характеристика исполнителя. Завершается работа принятием специального документа о проведении проектирования.

Шестой — формируется команда проектировщиков. На основании анализа распорядительного документа о проектировании и технического задания ответственный за создание проекта формирует команду, которая должна выполнить проект.

Седьмой — планирование проекта:

- **определение системы управления проектированием.** На этом этапе определяется руководитель проекта, его полномочия, распределяются обязанности, создается система контроля, оценки, стимулирования и т.п.;

- **уточнение целей и конкретизация задач проектирования.** Люди, которые формулировали техническое задание, довольно часто дают описание общей миссии нововведения или выдвигают завышенные нереалистические требования к нему, поэтому работа над уточнением целей и задач может иметь решающее значение для успеха проектирования;

- **построение графика проектировочных работ.** После того как сформулированы основные задачи, на основании общей логики проектирования формируются основные виды работ в виде графа;

- **распределение обязанностей внутри команды.** Каждый участник процесса получает задание на проектирование, в котором определяются задачи, его взаимосвязи с другими членами команды, сроки исполнения и ресурсная обеспеченность;

- **подготовка сотрудников к проектированию.** Поскольку проект предполагает нередко решение принципиально новых задач, то в коллективе могут возникать проблемы неподготовленности сотрудников к работе (дефицит квалификации, опыта, знаний у некоторых сотрудников и т.п.). Задача этого этапа заключается в том, чтобы максимально подготовить, адаптировать коллектив к проектированию.

Восьмой — осуществляется процесс проектирования. Проектирование в узком смысле слова представляет собой создание модели объекта или процесса. Оно базируется на системном подходе, когда на основании технического задания формируется описание функций проектируемой системы.

Потом под эти функции строится структура системы. Немаловажную роль играет развертывание “дерева целей”, которое позволяет представить деятельность системы в виде некоторой иерархии целей-действий, сводящихся в конечном итоге к простым операциям. Проектирование в более широком смысле предусматривает приведенные ниже направления.

Структурно-функциональное моделирование объекта или процесса. Проектирование представляет собой специфическую отрасль системотехники, ориентированной на создание систем. Само создание системы или структурно-функциональное проектирование обычно происходит путем формирования требований к технологии, т.е. определения ее функций на “входе” проекта, а потом выявляются ее структуры, которые на “выходе” проекта выступают в качестве конечного результата проектирования. С точки зрения принципа кибернетики, получившего название “принцип черного ящика”, сущность проектирования заключается в том, чтобы черный ящик, в качестве которого выступает модель технологии, сделать “светлым” путем раскрытия его структуры.

Пространственное проектирование, т.е. размещение фрагментов объекта или процесса в пространстве. Пространство выступает в качестве важнейшей характеристики системы. По отношению к ней приходится разрешать проблему пространственных масштабов.

Системы могут применяться в масштабах всей страны, региона, района, формы поселения и даже семьи. Но наиболее сложной проблемой является включение данной системы в свой тип пространства.

Мы привыкли, например, рассматривать социальное пространство как пространство физическое. И для этого есть основания, поскольку довольно часто социальное и физическое пространства совпадают. Социальное пространство представляет собой физическое пространство, трансформированное интересами людей. Так, в любом населенном пункте можно выделить огромное число разновидностей социального пространства: пространство рекреации составляет предметный мир, зоны отдыха людей; пространство трудовой деятельности людей и даже мусорное пространство, связанное со всеми составляющими возникновения, сбора, утилизации и переработки мусора. Социальная система должна соответствовать своему пространству, охватывать все его объекты и, самое главное, оптимизировать его, приводить в соответствие с достижениями цивилизации.

Временное проектирование, предполагающее размещение процессов в социальном времени, когда определяется направленность в технологии вектора времени, ее развитие, синхронность, ритмичность и т.п. Важно помнить, что система довольно часто представляет собой процесс, который развертывается не только в пространстве, но и во времени. Система как процесс технологична. Она простирается от прошлого через настоящее в будущее. Это прогрессивный тип технологии. Общество, которое применяет их, развивается, осваивает передовые достижения цивилизации. Но технология может быть и традиционалистской, т.е. ее миссия заключается в том, чтобы законсервировать настоящее. В отдельных случаях такие технологии являются очень важными и прогрессивными, например, сохранение культурных ценностей малых народов. Но доминирование этих технологий в обществе закладывает его застой, отставание от передовых стран. Еще интереснее тот вариант, когда вектор социального времени направлен в прошлое. Это тоже в отдельных случаях оправдано, например, при рекреации городских территорий, которые словно возвращаются в прошлое с точки зрения экологических характеристик. Но чаще всего такой вектор социального времени в технологиях превращает общество в заповедник прошлого.

Операционально-деятельностное проектирование, т.е. формирование системы как некоторой оптимальной деятельностной системы.

Значительная часть систем представляют собой алгоритмы оптимальной деятельности, реализуемые в пространстве и времени. В некоторых системах деятельность выступает не главной, а вспомогательной составляющей. Но всегда приходится решать комплекс задач операционально-деятельностного проектирования (выделение операций, установление их порядка, формирование алгоритма, его оптимизация и т.п.).

Институциональное проектирование, предполагающее институционализацию системы, т.е. придание ей институциональной легитимности. Система включает в себя многие существенные признаки института.

Организационное проектирование, обусловленное тем, что любая система предусматривает некоторое организационное обеспечение, которое необходимо для управления, контроля за ней, ее

мониторинга. Формирование составляющих системной организации представляет собой организационное проектирование.

Организационное развитие — долговременный процесс обновления организации, ее структуры, коммуникационных связей в соответствии с новыми целями и задачами, происходит посредством организационных изменений, как правило, каждые 1–5 лет. Умеренная реорганизация происходит раз в год, коренная — раз в 4–5 лет.

Организационное проектирование изменение предполагает: целей работы организации; содержания работы и структуры управления; технологии производства; методов решения задачи; кадровой политики (кого и сколько принимать) в организации.

Технология организационных изменений, согласно Лерри-Грейнеру, включает в себя: анализ внешней среды и внешних факторов; посредничество и переориентация внимания руководства на новые цели, задачи, проблемы. Здесь важно выделить критические факторы успеха работы организации; диагностику организации и осознание необходимости перемен. При этом производится сбор информации, ее обработка, подготавливается общественное мнение. Процесс идет сверху вниз; нахождение нового решения и выработка обязательств (денежные и материальные гарантии); организационный эксперимент и выявление трудностей в жизнедеятельности организации; выработку стимулов к изменениям и обеспечение согласия между людьми.

Условия успеха в осуществлении перемен в организации довольно многообразны. Для их осуществления требуется:

- разделять полномочия в руководстве работников так, чтобы был баланс власти;
- быстро преодолевать сопротивления переменам (вплоть до увольнения сопротивляющихся работников;

- организовывать процесс содействия переменам не только сверху вниз, но и снизу вверх;
- выявлять проблемы при помощи независимых экспертов, консультантов;
- тщательно обследовать и проводить эксперименты.

Технологические процедуры реорганизации предполагают следующие действия:

- постановка диагноза состояния организации (тесты, опросы членов организации);
- передачу результатов обследования членам этой организации; придание гласности планируемых решений по реорганизации;
- проведение экспериментов в отдельных отделах и подразделениях организации;
- выявление проблемы в процессе эксперимента;
- исправление ошибок;
- поэтапного перехода к реальной реорганизации.

Девятый — предполагает оценку проекта. При этом она осуществляется по нескольким аспектам:

- эффективность предложенного в проекте нововведения;
- эффективность самого проектирования;
- реалистичность разработанного нововведения, проблемы и последствия его внедрения

Десятый — происходит воплощение проекта в реальность, т.е. конструирование. Конструирование выступает решающей фазой в процессе движения от проекта к практике. Обобщенно оно включает: во-первых, поиск и определение той “материи”, в которой должен быть воплощен проект; во-вторых, опредмечивание проекта в некоторой совокупности объектов и процессов; в-третьих, коррекцию, согласование проекта с реальным его воплощением. Наиболее сложными проблемами конструирования выступают: недостаточность ресурсов наличного бытия для воплощения проекта, “рассасывание” конструкции средой, отторжение ее реальностью.

Конструирование — это единство двух процессов: с одной стороны, логический мыслительный процесс, включающий элементы интуиции, инсайта (озарения); с другой, он выступает практической деятельностью по опредмечиванию проекта в конструкцию. При этом развертывание второго процесса осуществляется от абстрактно сформированного задания на реализацию проекта в жизнь — через функционирующие элементы к желаемому результату. Основы структуры конструирования как процесса составляет связь между заданием на конструирование и наилучшим вариантом его решения, что дает возможность выделить рабочие этапы конструирования как процесса:

- анализ задания на конструирование, которое должно содержать необходимые и достаточные данные для возможных решений;

- анализ проектов, а также конструкций, соответствующих техническому заданию на конструирование. При этом имеется в виду, что такие проекты создаются в процессе проектирования, а конструирование выступает не только этапом его опредмечивания, но и способом доведения до соответствия требованиям задания.

Выделяются рабочие принципы, структуры, подсистемы и т.п.;

- воплощение проекта в соответствии с требованиями задания в социальную материю, которое предполагает: создание новых элементов, структур, подсистем, конструкций и т.п.; установление связей между ними; формирование алгоритмов функционирования и обучение персонала; разработку правил и принципов;

- “запуск” конструкции, ее испытание в целях выявления недостатков и оценки эффективности. Проведение мысленных и натурных экспериментов. Устранение недостатков конструкции, улучшение рабочих принципов.

Таковы основные этапы проектировочной и конструкторской деятельности в области систем. Эти положения определяют строгую (единственно возможную) последовательность действий при конструировании объектов, когда повторения (возвраты) допустимы и необходимы.

Тема 9: «Модели и способы их построения»

Чаще всего логика проведения исследований при построении модели следующая:

1. если есть количественные переменные, то их всегда возможно выразить качественно;
2. если есть количественные переменные, то всегда возможно определить зависимость между ними; и таким образом построить модель на элементарном уровне с последующим использованием ЭВМ.

Существует немало проблем при решении которых такой подход удачной. Однако, имеют место следующие недостатки:

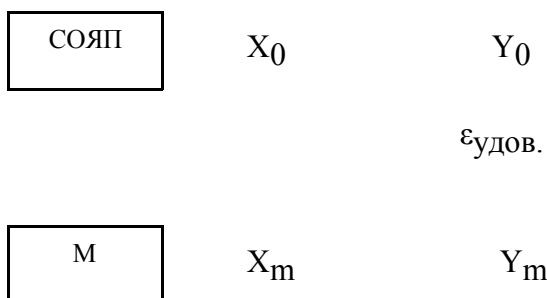
1. для измерения необходимо иметь адекватный измерительный аппарат;
2. при построении модели необходимо иметь достоверные способы проверки надежности и адекватности модели.

Математические модели в общем случае разрабатываются для двух целей:

1. для лучшего понимания, объективно существующей реальности СОЯП с целью следующего управления ею;
2. для разработки рационального курса действий, то есть для принятия решения.

Задача построения надежной комплексной модели может быть очень трудной. Для моделей многих систем, которые включают в себя людей, возможные такие явления как отсутствие четких связей, например, отсутствие их при повторяемых наблюдениях.

Общий вид структуры модели:



Если $\epsilon_{удов.}$ удовлетворяет нас, то такая модель называется правильной.

Использование таких моделей, например, для цели управления моделями, довольно проблематично:

1. проблема измерения (при сравнении). Для указанных прежде слабоструктурированных систем исследователь сталкивается с большим числом переменных, для которых, как правило, существуют способы качественных оценок, и, таким образом, в таких моделях необходимо использовать качественные оценки.
2. построение функциональных зависимостей
3. оценка времени жизни модели

Возможность построения надежных количественных моделей определяется следующими факторами:

1. возможность надежного измерения количественных переменных
2. наличие фактической данных, необходимых для проверки и воспроизведения функциональных зависимостей
3. относительная возможность структуры модели и стабильность ее, кроме того, надежность использования количественных моделей определяется оценкой возможной динамики системы в будущем.

Системы и их модели

Математическое определение:

E – множество объектов

ST – структура, которая объединяет эти объекты

Q – среда

$B(t)$ – динамика развития

С позиции теории управление система определяется в следующей форме:

Канонические модели сложных систем

Классической канонической моделью системы называется такая упрощенная форма представления системы, которая при данном рассмотрении отображает наиболее общие свойства без потери всеобщности представления о ней.

Рассмотрим в самом общем виде каноническую форму модели сложной системы:



Первый вход и первый выход – это безинерционные вход/выход системы.

Второй вход и второй выход – это вход/выход несущие информацию.

Третий вход и третий выход – это входные и выходные объекты.

Пример 1:

Пусть мы рассматриваем процесс обработки информации на ЭВМ. Тогда

I вх. – характеристики источников питания.

I вых. – теплоотдача в помещении.

II вх. – информация про входные данные устройств. Обработка и выдача данных.

II вых. – сигналы на устройстве отображения.

III вх. – дискета.

III вых. – распечатанный материал.

Пример 2:

Экономическая модель.

С математической точки зрения наибольший интерес среди экономических систем представляют разные модели процессов планирования. Тогда:

I вх. – это критерий оптимизации, который определяется необходимостью развития экономики.

I вых. – алгоритм решения.

II вх. – трудовые ресурсы.

II вых. – статистические планы по выполнению планов.

III вх. – стимул.

III вых. – процесс роста экономической системы.

Пример 3:

Система управления организации.

Основной целью системы организационного типа является автоматизация процессов принятия решений и ее усовершенствования.

Одним из возможных вариантов процесса принятия решений будут:

- 1) определение цели;
- 2) обнаружение проблемы;
- 3) поиск решения;
- 4) выбор решения;
- 5) оценка решения;
- 6) согласование решения;
- 7) утверждение решения;
- 8) реализация решения;
- 9) управление процессом выполнения решения;
- 10) проверка эффективности

I вх. – цель организации

I вых. – алгоритм решения проблемы

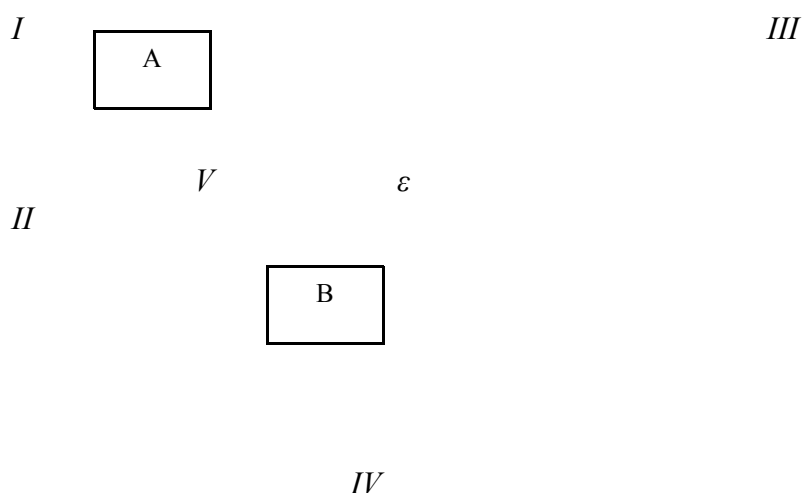
II вх. – ресурсы динамики проблемы

II вых. – качество и количество решений

III вх. – устройства обзора среды и сбора данных

III вых. – результат

Рассмотрим структурную схему системы управления организацией. Она может быть представлена в виде:



A – реакция организации

B – процесс принятия решения

I вх. – влияние окружающей среды

II вх. – предвиденная прибыль

III – фактический результат

? – проблема

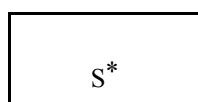
IV – решение проблем

V – обратная связь

Такую схему предложил Янг.

Многосвязная динамическая система

Многосвязная динамическая система может быть представлена в виде следующей подсистемы:



X



S^* - Подсистема управляема и наблюдаема

S^f – Подсистема управляема и не наблюдаема

S^o - Подсистема не управляема и наблюдаема

S^c – Подсистема не управляема и не наблюдаема

Методика системного моделирования

Подобие – взаимнооднозначное соответствие между двумя объектами или системами, при котором функции, характеризующие переход от одних параметров к другим, известные, а между математическими описаниями этих объектов установленные тождественные отношения.

Модель – некоторый объект, процесс, система, знаковое образование, которое находится в отношении сходства к исследуемому сходству.

Моделирование – исследование на модели, которая подобная к объекту.

Виды подобий:

1. Точное подобие – подобие между всеми элементами исследуемого объекта и модели при котором функции перехода от одних параметров к другому на модели не изменяются. Такое подобие называется *подобием с точностью до изоморфизма*.
2. Приближенное подобие - подобие, которое допускает нарушение взаимнооднозначного соответствия между объектом и моделью, нарушение процессов, протекающих в модели при сравнении с исследуемым объектом может быть оценено аналитически или экспериментально.
3. Физическое подобие – подобие между исследуемым объектом и моделью, которые имеют одну и ту же физическую природу.
4. Структурное подобие – подобие структур между исследуемым объектом и моделью.
5. Функциональное подобие – подобие функции, которые выполняются исследуемым объектом и моделью при одних и тех же входных сигналах.
6. Математическое подобие – подобие между величинами, которые входят в математическое описание исследуемого объекта и модели при одних и тех же входных сигналах.
7. Динамическое подобие – подобие между последовательными состояниями исследуемого объекта и модели.
8. Вероятностное подобие - подобие между вероятностными характеристиками исследуемого объекта и модели.
9. Геометрическое подобие – подобие между пространственными характеристиками исследуемого объекта и модели.

Виды моделирования

Виды моделирования определяются в соответствии с видами сходства.

Например, точное моделирование - это моделирования, при котором реализуется точное сходство.

Критерий сходства - это некоторый безразмерный, как правило, степенной комплекс, который является функцией координат исследуемого объекта.

Уравнение сходства - это математическая модель, которая устанавливает связь между описанием исследуемого объекта и критерием сходства.

Погрешность модуляции – это расхождения между соответствующей действительности значениями характеристик исследуемого объекта и тех же характеристик на модели.

Систематическая погрешность – это погрешность, которая возникает под действием определенных известных факторов, которая может быть учтена априорно с помощью коррекции их принятия.

Предельные условия – это условия определяющие значения характеристик моделей на границе, которая определяет область её функционирования.

Идентификация – это процесс отождествления характеристики объекту или его структуры в их математической модели.

Задача идентификации – относится к обратным задачам управления. *Различают:*

- параметрическую идентификацию; если структура модели исследуемого объекта известная с точностью до параметра, тогда необходимо определить неизвестные параметры системы
- структурную идентификацию; это процесс, который определяет структуру модели исследуемого объекта
- структурно-параметрическая идентификация

Количественная оценка степени идентичности модели и исследуемого объекта

Известно, что при моделировании вероятных моделей заведомо не известная ни степень, ни форма зависимости между отдельными входными переменными, а также между входными и выходными переменными. Конечно, что мы хотим построить модель с учетом не всех переменных, а с учетом по возможности меньшей их количества.

Однако, это количество входных переменных должна определять исходную переменную с точностью не больше допустимой погрешности.

После выбора определенного числа входных переменных и построения по ним модели возникают задачи определения степени соответствия модели к реально исследуемого объекту. Решение такой задачи имеет большое практическое значение, так как разрешает определить правильность выбора тех или других переменных.

Пусть вектор входных переменных имеет вид:

,

а вектор выходных переменных:

, где $m \leq n$. Тогда можно последовательно определить значения

оператора связи a_{ij} j - й выходной переменной от влияния i -й входной переменной.

, если данное распределение системы двух случайных величин X_1 на X_2 то регрессией X_1 на X_2 называется произвольная функция $g_2(x_1)$ приближенно представляющая статистическую зависимость вида:

(1) , где есть поправочными слагаемыми. В вообще среднеквадратичная регрессия x_2 на x_1 минимизирует квадрат отклонения вида

и кривая от X_2 носит название **среднеквадратичной регрессии**. Базируясь на парных результатах

может быть построенная множественная регрессия , которая, как правило, заменяется упрощенной $p \ll n$. Тогда оператор связи может быть оптимальной в понятии минимального среднего квадрата ошибки.

(2)

В этом выражении учитывается общее влияние на выходную переменную Y_j всех учтенных P входных переменных.

Для того чтобы задача установления числа переменных P в выражении (2) стала определенной, необходимо задать некоторые требования к выходным переменным Y_j . Обычно в качестве такого указателя рядом с мат. ожиданием используется дисперсия или корреляционная функция, которая заданная раньше. Дисперсия выходной переменной характеризуют точность, а корреляционная функция - те связи, которые присущи выходным переменным.

Общая дисперсия выходных переменных состоит из двух слагаемых:

(3)

Первое слагаемое вызван влиянием P переменных, второй - учитывается влияние на формирование выходной переменной $(n-p)$ переменных которые остались.

Выходная переменная из выражения (3) должна удовлетворять соотношению

(4)

где D_3 – заданная дисперсия

Очевидно, что если условие (4) выполняется при $P=1$, то достаточно модели, построенной с учетом одной переменной. Практически может быть такой случай, если введение новой переменной не приводит к достижению заданной цели. В таком случае необходимо изменить требования к представлению исходных переменных. Постановка задачи здесь должна быть связана с поиском оптимизации, то есть использование такого критерия, который обеспечит необходимые представления.

В конечном случае роль пойдет о количественной оценке идентичности модели и объекта. Таких критериев можно подобрать немало, мы же используем дисперсионную меру:

если $P=n$, то $Q=1$

$P \neq n$, n_j $0 < Q < 1$

Объекты, для которых $Q=1$ называются регулярными или детерминированными (полностью определенными)

$Q=0$ - нерегулярные, стохастическими, случайные.

Оценка адекватности модели может быть:

- 1) Оценка адекватности концептуальной модели
- 2) Оценка достоверности ее реализации.

Фиксация и обработка результатов моделирования

В результате моделирования некоторых процессов мы получаем информацию, которую необходимо соответствующим образом обрабатывать. Очевидно, что процесс обработки нужно построить так, чтобы оценочные характеристики формировались в ходе моделирования и не требовали запоминания статистической информации по системе.

Рассмотрим характерные приемы формирования таких оценок:

1. Пусть в качестве искомой моделированной величины выступает вероятность прихода конкретного события A . Например, вероятность срыва производства, брака и др. Как известно, в качестве оценки для искомой вероятности используется частота наступления события A в процессе некоторого числа реализаций.

где N - общее число реализаций, а m - число реализаций, при которых наступило событие A .

Вероятность формируется по ходу моделирования.

2. Пусть X - некоторая случайная величина и мы хотим оценить вероятность возможных значений случайной величины, то есть закон распределения

Для этого весь интервал возможных значений случайной величины разбивают на некоторое число n и в соответствующих ячейках памяти накапливают некоторое значение m_k , где $k=1, \dots, n$, которые свидетельствуют о попадании случайной величины в данный интервал.

3. Для оценки среднего значения случайной величины используется формула:

4. Значение выборочной дисперсии определяется по формуле:

5. Корреляционные моменты двух случайных величин записываются в виде:

1. Пусть искомыми величинами будут мат. ожидание и корреляционные функции случайных процессов. Для определения искомых характеристик интервал разбивается на ряд участков. На любом из них проводится обработка данных на базе выше указанной формулы, то есть мы накапливаем:

та , тогда

;

по всем средним может быть построена кривая, аналогично может быть записана и оценка дисперсии:

В частном случае процессы, которые рассматриваются, есть стационарными случайными процессами, если они владеют качествами эргодичности, то есть среднее по множеству тождественно среднему по времени. Поэтому для оценки искомых величин может быть выбрана одна достаточно

длинная реализация, для которой или для некоторой совокупности выражение

примет вид:

Математические модели элементов сложной системы

Неоднородность назначения элементов сложных систем приводит к разнообразию математических моделей. С одной стороны они могут объективно описывать процессы системы, а с другой, удобные для рассмотрения. Часто элементы сложных систем классифицируют по содержательному принципу, определяя классы:

- 1) система автоматического управления - САУ (сюда относятся и следящие системы)
- 2) конечные автоматы;
- 3) вероятностные автоматы;
- 4) системы массового обслуживания – СМО;
- 5) системы передачи и обработки информации;

- 6) системы управления с запасами;
- 7) производственные системы и т.д.

Используют также классификацию по исследуемой математической модели:

- 1. дифференциальные уравнения;
- 2. общие динамические системы;
- 3. случайные процессы.

Методы построения математической модели условно распределенные на:

- аналитические;
- численные методы;
- эмперико-статистические методы;

Основные методы имитационного моделирования.

Основными методами имитационного моделирования являются: аналитический метод, метод статического моделирования и комбинированный метод (аналитико-статистический) метод.

Аналитический метод применяется для имитации процессов в основном для малых и простых систем, где отсутствует фактор случайности. Например, когда процесс их функционирования описан дифференциальными или интегродифференциальными уравнениями. Метод назван условно, так как он объединяет возможности имитации процесса, модель которого получена в виде аналитически замкнутого решения, или решения полученного методами вычислительной математики.

Метод статистического моделирования первоначально развивался как метод статистических испытаний (Монте-Карло). Это – численный метод, состоящий в получении оценок вероятностных характеристик, совпадающих с решением аналитических задач (например, с решением уравнений и вычислением определенного интеграла). В последствии этот метод стал применяться для имитации процессов, происходящих в системах, внутри которых есть источник случайности или которые подвержены случайным воздействиям. Он получил название метода статистического моделирования.

Комбинированный метод (аналитико-статистический) позволяет объединить достоинства аналитического и статистического методов моделирования. Он применяется в случае разработки модели, состоящей из различных модулей, представляющих набор как статистических так и аналитических моделей, которые взаимодействуют как единое целое. Причем в набор модулей могут входить не только модули соответствующие динамическим моделям, но и модули соответствующие статическим математическим моделям.