

Лабораторная работа №1

Основные понятия системного анализа. Методы и принципы системного исследования.

1 Цель работы

Научиться осуществлять классификацию систем по различным признакам, понять ее необходимость и предназначение в процессе реализации системного подхода. Научиться определять цели системы. Получить практические навыки в использовании методов исследования систем.

2 Порядок выполнения работы

1. Выбрать одну техническую и одну социально-экономическую систему из раздела 7 согласно своему варианту (можно свой вариант). Закрепить выбранный вариант у преподавателя.
2. Классифицировать выбранные системы по различным признакам. Результат классификации занести в следующую таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Классификация систем

№пп	Признак классификации:	Тип объекта по признаку:	Обоснование принадлежности:
1			
2			

Замечание: т.к. абсолютно замкнутых и строгих систем не существует, то в таблицу заносятся относительно замкнутые системы по отношению к материальным, информационным или энергетическим параметрам входа и выхода.

3. Исследовать выбранные системы с помощью применения принципа «черного ящика», то есть определить по 6-7 входов и выходов систем и выделить из них по 3 наиболее существенных.
4. Сформулировать развернутое определение цели системы.
5. Составить и защитить отчет о лабораторной работе у преподавателя.

3 Содержание отчета

- титульный лист;
- наименование и цель работы;
- задание на лабораторную работу согласно варианту;
- результаты выполнения работы.

4 Краткая теория

4.1 Основные понятия системного анализа

4.1.1 Система

Единого общепринятого определения системы не существует. В самом широком смысле под системой (от греческого – составленное из частей, соединение) понимают совокупность элементов, определенным образом связанных. Элементами могут являться различные явления, предметы, методы и т.п., и тем самым можно говорить о системах различной природы: солнечная система, система кровоснабжения, система счисления, система управления и т.п.

Понятие «система» есть средство исследования сложных объектов. Очевидно, что необходимость в системном рассмотрении совокупности объектов возникает тогда, когда эта совокупность обладает некоторыми новыми свойствами, которыми отдельные элементы не обладают, в противном случае изучение элементов может дать информацию и обо всей совокупности. В связи с этим примем за исходное следующее определение.

Система – это совокупность элементов и (или) отношений, закономерно связанных в единое целое, которое обладает свойствами, отсутствующими у элементов и отношений его образующих.

Таким образом, система – это такой объект, свойства которого не сводятся без остатка к свойствам составляющих его частей. Такой объект обладает целостностью, которая выражается в неаддитивности, интегрированности его свойств. Например, молекула обладает такими свойствами, которых нет у составляющих ее атомов. Совокупность производительности труда коллектива больше, чем сумма производительности работников, его составляющих.

Неаддитивность свойств целого означает не только появление новых свойств, но в некоторых случаях к исчезновению отдельных свойств элементов, наблюдающихся до их соединения в систему. Этот

принцип появления у целого свойств, не выводимых из наблюдаемых свойств частей, назван У.Р. Эшби *принципом эмерджентности*.

Целостные свойства систем, несводимые без остатка к свойствам отдельных элементов, называют **эмерджентными** свойствами. В некоторых системах эмерджентные свойства могут быть выведены на основе анализа отдельных элементов (эмерджентность первого рода), в большинстве же больших и сложных систем такие свойства в принципе не выводимы и часто непредсказуемы (эмерджентность второго рода).

В качестве **элемента** системы рассматривается относительно самостоятельный объект, не подлежащий дальнейшему расчленению на этом уровне рассмотрения, выполняющий определенные функции, находящийся во взаимодействии с другими объектами, составляющими систему. Разделение объектов на элементы и системы относительно. Каждая система может быть представлена как элемент системы большего масштаба (суперсистемы), в свою очередь, любой элемент можно рассматривать в качестве относительно самостоятельной системы, состоящей из элементов. Так атом, будучи элементом молекулы, сам является системой, состоящей из ядра и электронов. Цех будучи элементом предприятия, является одновременно системой производственных участков и (или) рабочих мест. Выделение элементов в сложных системах опосредуется расчленением системы на *подсистемы*, которые представляют собой относительно самостоятельные части системы, подлежащие дальнейшему расчленению.

Всякая система функционирует в **среде**. Воздействия среды на систему называется входным воздействием, или **входами**; воздействия системы на среду – выходными воздействиями, или **выходами**.

4.2 Системный подход и системный анализ

Система состоит из элементов и сама, в свою очередь, является элементом систем большего масштаба (порядка). Системы имеют эмерджентные свойства и образуют иерархию. Системность объекта выражается в том, что с позиции целого, элементом которого этот объект является, он представляет собой новый объект (в клетке фермент – катализатор играет роль регулятора, вне клетки – он таковым не является). Это утверждение есть принцип системности.

Принцип системного исследования объекта состоит, во-первых, в выявлении его эмерджентных свойств и, во-вторых, в рассмотрении его с позиции системы большего масштаба.

Цель системного исследования – получение новой меры для объекта, с точки зрения целого, выявление целостности объекта. Содержание системного исследования заключается в решении двух основных проблем:

- проблемы системного выделения объекта, изучения его элементов, эмерджентных свойств, механизмов его функционирования и развития;
- проблемы системного моделирования объекта по некоторым заданным свойствам; решение этой проблемы необходимо для создания новых или преобразования существующих систем.

Системное исследование реализуется посредством системного подхода и системного анализа. **Системный подход** есть общий метод исследования объекта как целого, т.е. как совокупности элементов, находящихся во взаимодействии. **Системный анализ** выступает как комплекс специальных процедур, приемов и методов, обеспечивающих реализацию системного подхода.

4.3 Классификация систем

По обусловленности действия различают системы детерминированные и стохастические (вероятностные). В *детерминированной* системе элементы взаимодействуют точно предвиденным образом (ПК); поведение *стохастической* системы можно предсказать лишь с некоторой вероятностью (мозг).

По происхождению различают системы *естественные*, созданные в ходе естественной эволюции и в целом не подверженные влиянию человека (клетка), и *искусственные*, созданные под воздействием человека, обусловленные его интересами и целями (машина). Системы могут быть разделены на *абстрактные*, все элементы которых являются понятиями (языки, философские системы, системы счисления), и *конкретные*, в которых присутствуют материальные элементы.

По взаимодействию со средой различают системы замкнутые и открытые. *Замкнутая* система в процессе своего функционирования использует только ту информацию, которая вырабатывается в ней самой (система кондиционирования воздуха в замкнутом объеме). В *открытой* системе функционирование определяется как внутренней, так и внешней, поступающей на входы, информацией. Большинство изучаемых систем являются открытыми, т.е. они испытывают воздействие среды и реагируют на него и, в свою очередь, оказывают воздействие на среду.

По степени сложности различают простые, сложные и очень сложные системы. *Простые* системы характеризуются небольшим

числом элементов, связи между которыми легко поддаются описанию (средства механизации, простейшие организмы). *Сложные* системы состоят из большого числа элементов и характеризуются разветвленной структурой, выполняют более сложные функции. Изменения отдельных элементов и (или) связей влечет за собой изменение многих других элементов. Но все же отдельные конкретные состояния системы могут быть описаны (автоматы, ЭВМ, галактики). *Очень сложные* системы характеризуются большим числом разнообразных элементов, обладают множеством структур, не могут быть полностью описаны (мозг, хозяйство).

Кроме того, существует естественное разделение систем на технические, биологические, социально-экономические. *Технические* – это искусственные системы, созданные человеком (машины, автоматы, системы связи). *Биологические* – различные живые организмы, популяции, биогеоценозы и т.п. *Социально-экономические* – системы существующие в обществе, обусловленные присутствием и деятельностью человека (хозяйство, отрасль, бригада и т.п.).

Кибернетика изучает стохастические открытые сложные и очень сложные системы любого происхождения.

4.4 Управление. Связь. Информация

Управление. Существует большое множество определений понятия «управление» от самых общих, абстрактных до специализированных конкретных. Например, «Управление можно определить как саморегулирующийся, или гомеостатический механизм, предназначенный для поддержания значения некоторых переменных в желаемых пределах» (С. Янг). «Управление есть сложный, целенаправленный, планомерный социально-экономический и организационно-технический процесс, осуществляемый по определенной технологии при помощи различных методов и средств в целях достижения оптимальных технико-экономических результатов» (О.А. Дейнеко).

В самом общем виде в кибернетике под **управлением** понимаются процессы восприятия, переработки и передачи информации. Важнейшими необходимыми признаками управления в системе обычно называют наличие цели, управляющей и управляемой подсистем и связей между ними. Реализация управления представляется как выбор цели, выбор средств взаимодействия и само взаимодействие управляющей системы на управляемую для достижения поставленной цели.

Цель как элемент сознательного поведения человека характеризует мысленное предвосхищение результата деятельности. Под **целью системы** понимается определенное «желаемое» (заданное извне или установленное самой системой) состояние, к которому стремится система.

Управляющая система на основе переработки информации выбирает цели и средства их достижения, организует целенаправленное воздействие на управляемую систему. **Управляемая** система не имеет целей, отличных от целей управляющей системы, и в этом смысле не обладает целенаправленным поведением. Как управляющая, так и управляемая системы должны быть динамичными, т.е. способными принимать различные состояния (переходить из одного состояния в другое). Система, состоящая из управляющей и управляемой подсистем, определяется как система управления, или **кибернетическая** система.

Связь. Понятие **связи** используется для обозначения зависимости, подчиненности одного явления (объекта, элемента, системы) другому. Связь между явлениями существует, если они накладывают ограничения на поведение друг друга. Если поведение объектов независимо, то связь между ними отсутствует. функционирование отдельных объектов в качестве целостной системы обеспечивается взаимодействием этих объектов, т.е. установлением и реализацией определенных связей между ними. Выделяют два основных вида связей – прямые и обратные. Различие между прямой и обратной связью заключается в том, что **прямая связь** обеспечивает передачу воздействия или информации с выхода одного элемента на вход другого, а **обратная связь** с выхода некоторого элемента на вход того же элемента.

В зависимости от типа используемых связей различают разомкнутые и замкнутые системы управления. Управление движением транспорта на перекрестке с помощью светофора осуществляется по разомкнутой схеме, так как при переключении сигналов светофора не учитывается реальная ситуация на перекрестке. Если движением транспорта управляет регулировщик, то он учитывает складывающуюся обстановку, т.е. использует информацию обратной связи, и тем самым управление осуществляется по замкнутой схеме. В первом случае имеет место «жесткое» управление, основанное на прямых связях, во втором – «мягкое» управление, основанное на использовании обратных связей.

Информация. Однозначного определения информации не существует. Под информацией понимают какие-либо сведения (Р.Г. Кравченко), содержание сигналов, поступающих в систему (Л.П. Крайзмер), обозначение используемого содержания (Н. Винер),

передаваемое разнообразие (У. Эшби) и т.д. Так или иначе информация связывается с сообщением о некотором событии. Событие – любое наблюдаемое качественное или количественное изменение в системе. Сообщение – сигнал о событии, или закодированный эквивалент события. Информацию может дать только сообщение, которое воспринято получателем. Причем чем более неожиданным является сообщение, тем больше информации оно несет.

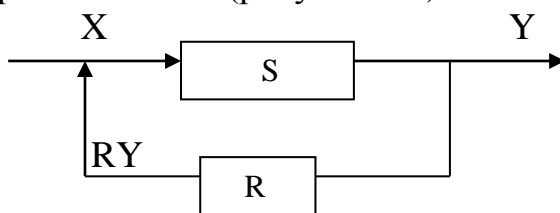
Для того чтобы давать информацию, сообщение должно быть принято получателем. Сообщение тогда несет информацию, когда оно может быть использовано получателем для достижения своих целей.

Под **информацией** будем понимать сообщение о событии принятое, понятое и оцененное как полезное.

4.5 Методы и принципы исследования систем

4.5.1 Принцип обратной связи

Этот принцип Н. Винер назвал «душой» кибернетики. Принцип обратной связи следует отличать от самой обратной связи. Обратная связь подразумевает наличие канала для передачи информации (воздействия) от управляемого объекта (с его выходов) к управляющему. **Принцип обратной связи** есть принцип коррекции входных воздействий в процессе управления на основе информации о выходе управляемой системы. Управляемая система вместе с регулятором, корректирующим входные воздействия на основе использования информации о выходах, образуют замкнутый контур, который носит название **контура обратной связи** (рисунок 1.1).



S – управляемая система

R – регулятор

X – входные воздействия

Y – выход

RY – корректирующие воздействия

Рисунок 1.1 – Контур обратной связи

Принцип обратной связи – это универсальный принцип управления, позволяющий в изменяющейся среде достигать заданной цели. В зависимости от характера самой цели выделяют положительные и отрицательные обратные связи.

Отрицательная обратная связь – обратная связь, предназначенная для поддержания системы в заданном состоянии (при неизменном значении описывающих ее параметров), т.е. для достижения так называемой долговечной цели. В технических устройствах люди начали использовать этот принцип задолго до возникновения кибернетики и возникновения самого понятия «отрицательная обратная связь». Примером может служить регулятор Уатта, цель которого – обеспечить постоянство скорости вращения вала двигателя внутреннего сгорания, паровой машины и т.д. В живом организме с помощью отрицательных обратных связей поддерживаются физиологические константы (температура тела, кровяное давление и т.п.).

Экономика, представляющая собой сложную систему, обладает развитым механизмом обратных связей. Однако, в связи с тем, что в экономических системах практически отсутствуют «долговечные» цели, т.е. цели в виде поддержания некоторых параметров на заданном уровне, основной тип обратных связей в экономике – положительные.

Положительная обратная связь – обратная связь, предназначенная для перевода системы в новое состояние, которое зависит от сложившейся конкретной ситуации, т.е. для достижения текущей (меняющейся, конкретизирующейся) цели. Так, голодающий волк, догоняя овцу, изменяет, корректирует маршрут своего движения на основе получаемой через органы чувств осведомительной информации. В технических устройствах положительная обратная связь используется для увеличения коэффициента их передачи.

Кроме того, положительная обратная связь является причиной так называемых процессов самовозбуждения, которые могут и не служить достижению цели. Рассмотрим пример. Пусть S – на рис.1 – усилитель, на вход которого подаются сигналы от микрофона X . Y – сигналы, передаваемые на репродукторы, которые расположены в той же аудитории, где микрофон. Звуковые колебания из репродуктора частично вновь попадают в микрофон. R показывает, какая часть энергии репродукторов воздействует на микрофон. В итоге на вход усилителя действует и выходной сигнал, а за ним вновь входной и т.д. В результате даже при отсутствии речи возникает нарастающий по силе звук.

Положительная обратная связь является более сложной, чем отрицательная. На основе отрицательных обратных связей управление

осуществляется по достаточно жесткой (неизменной) программе, при управлении на основе положительных обратных связей программа не должна быть жесткой.

4.5.2 Закон необходимого разнообразия

По определению У. Эшби, число различных состояний системы или логарифм этого числа по основанию 2 есть **разнообразие системы**. Система в своем поведении может принимать различные состояния, значения ее параметров могут меняться. Однако, вследствие каких-либо условий, ограничений, внутренних свойств систем и т.п. из всех теоретически мыслимых состояний практически реализуемыми оказываются меньшее число состояний. Такое уменьшение числа возможных состояний есть **ограничение разнообразия**. Всякий закон природы есть ограничение разнообразия, поскольку из всех мыслимых состояний связываемых им объектов он указывает область реально возможных их состояний, параметров, форм и т.п.

Задача управления есть задача ограничения разнообразия, ибо управление осуществляется с целью приведения системы в некоторое заданное состояние и поддержание этого состояния. У.Р. Эшби сформулировал **закон необходимого разнообразия**, который утверждает, что ограничение разнообразия в поведении управляемого объекта достигается только за счет увеличения разнообразия органа управления. Или более лаконично: только разнообразие может уничтожить разнообразие. Этот закон имеет фундаментальное значение, в частности, он устанавливает, что эффективное управление в сложных системах не осуществимо с помощью «простых» средств.

4.5.3 Принцип «черного ящика»

«**Черный ящик**» - система, о внутренней организации поведения которой сведений нет, но существует возможность воздействия на ее входы и воспринимать воздействия ее выходов. Метод «черного ящика» заключается в том, что система изучается не как совокупность взаимодействующих элементов, а как нечто целое (неделимое), взаимодействующее со средой на своих входах и выходах. Метод «черного ящика» применим в различных ситуациях. Во-первых, конструкция системы может не интересовать наблюдателя, которому важно знать только поведение системы. Так, при пользовании телевизором новой марки, при отсутствии конструкции, наблюдатель назначение того или иного регулятора по тому воздействию, которое он оказывает на функционирование телевизора. В этом случае телевизор –

«черный ящик»; изменение положения регулятора – входные воздействия; звук, изображение – выходы.

Во-вторых, этот метод используется при недоступности внутренних процессов системы для исследования. Например, изучение деятельности мозга, изучение новых лекарственных средств.

В-третьих, метод «черного ящика» используется при исследовании систем, все элементы и связи которых в принципе доступны, но либо многочисленны и сложны, что приводит к огромным затратам, либо изучение недопустимо по каким-либо соображениям. Примерами могут служить проверка на готовность к эксплуатации АТС, которая проводится путем «прозванивания», а не непосредственной проверкой всех блоков, схем и т.п., и проверка действия секретного прибора, разбирать который в полевых условиях запрещено.

Метод «черного ящика» заключается в следующем:

1. Предварительное наблюдение взаимодействий системы со средой, установление списка входных и выходных воздействий. Выявление существенных воздействий. Окончательный выбор входов и выходов для исследования с учетом имеющихся средств воздействия на систему и средств наблюдения за ее поведением.

2. Воздействие на входы системы и регистрация ее выходов. В процессе изучения наблюдатель и «черный ящик» образуют систему с обратной связью. Первичные результаты исследования представляют собой множество пар: «состояние входа; состояние выхода».

3. Установление зависимости между входом и выходом системы. Установление такой зависимости – однозначной или вероятностной – возможно только в том случае, если система в своем поведении обнаруживает ограничение разнообразия.

По мере исследования системы и все более глубокого проникновения в суть происходящих в ней процессов необходимость в использовании «черного ящика» отпадает.

4.5.4 Принцип моделирования

Моделирование – создание модели. **Модель** представляет собой отображение каким-либо способом существенных характеристик, процессов и взаимосвязей реальных систем.

В основе моделирования лежит метод аналогий.

Аналогия – подобие, сходство предметов в каких-либо признаках, отношениях. Убедившись в аналогичности двух объектов, предполагают, что функции, свойства одного объекта присущи и другому объекту, для которых они установлены. **Метод аналогий** состоит в том, что изучается

один объект – модель, а выводы переносятся на другой – оригинал. Иначе говоря, аналогия – вывод от модели к оригиналу.

Модели создаются самые разные. *Графическая* модель – объект, геометрически подобный оригиналу (графическая карта). *Функциональная* – объект, отображающий поведение оригинала (любая действующая модель). *Символическая* – выражается с помощью абстрактных символов (программа для ЭВМ). *Статистическая* – описывает взаимодействие между элементами, имеющее случайный характер (схема Бернулли). *Описательная* (дескриптивная) – словесное описание, сравнительные характеристики (различные определения). *Математическая* – совокупность уравнений или неравенств, таблицы, матрицы и другие способы математического описания оригинала. Строятся смешанные модели.

Модель как инструмент исследования, позволяет на основе регулирования исходными параметрами, предположениями прогнозировать поведение системы. Модель может быть использована в качестве инструмента для контроля за деятельностью системы, в качестве средства обучения.

Кроме того, модель является средством «упрощения» объекта и его изучения, поскольку позволяет исследовать систему с точки зрения ее существенных характеристик, абстрагируясь от побочных влияний среды.

Среди методов упрощения можно назвать:

- Исключение из рассмотрения ряда переменных: а) исключение несущественных; б) агрегирование;
- Изменение природы переменных: а) рассмотрение переменных как констант (например, путем замены случайной величины ее математическим ожиданием); б) рассмотрение дискретных величин как непрерывных, и наоборот;
- Изменение характера связи между элементами (например, замена нелинейных зависимостей на линейные);
- Изменение ограничений – снятие или введение новых.

5 Контрольные вопросы

1. Что подразумевается под понятием «система»?
2. Какими свойствами обладают системы?
3. В чем заключается системный подход?
4. Что подразумевается под управлением?

5. В чем заключается закон необходимого разнообразия?
6. В чем различия между обратной связью и принципом этой связи?
7. В каких ситуациях используется принцип «черного ящика»?
8. В чем заключается принцип моделирования?

6 Варианты заданий для самостоятельного решения

Таблица 1.2 – Примеры систем для индивидуального выполнения

<i>№ п.п.</i>	<i>Техническая система</i>	<i>Социально-экономическая система</i>
1	САПР	Супермаркет
2	Грузовик	Банк
3	Кондиционер	Комитет по налогам и сборам
4	Телевизор	Гостиница
5	Телефон	Торговое предприятие
6	Фотоаппарат	Производственное предприятие
7	Трамвай	Оптовая фирма
8	Кофемолка	Магазин розничной торговли
9	Микрофон	Табачная фабрика
10	Кухонный комбайн	Кинотеатр
11	Самолет	Ресторан
12	Огнетушитель	Мебельная фабрика
13	Сигнализация	Трикотажная фабрика
14	Часы	Салон красоты
15	Холодильник	Студия звукозаписи
16	Магнитофон	Агентство по трудоустройству
17	Утюг	Лотерея
18	Микроскоп	Рекламное агентство
19	Копиров.аппарат	Ювелирная мастерская
20	Спутник	Строительная фирма
21	Робот	Агентство недвижимости
22	Микроволновая печь	Биржа