Оглавление

[Понятийный аппарат: 1](#_Toc204612768)

[ЛПР – лицо, принимающее решение 1](#_Toc204612769)

[СУ – Система управления = СС + УС 1](#_Toc204612770)

[ОУ – Объект управления 1](#_Toc204612771)

[СС – Система связи 1](#_Toc204612772)

[УС – управляющая система 1](#_Toc204612773)

[1. Структура системы с управлением. - https://studfile.net/preview/9091715/page:2/ 2](#_Toc204612774)

[2. Аксиомы теории управления. 4](#_Toc204612775)

[3. Совершенствование систем с управлением. 6](#_Toc204612776)

[4. Автоматизация управления 10](#_Toc204612777)

[5. Задачи системного анализа. - https://studfile.net/preview/5809852/page:2/ 11](#_Toc204612778)

[6. Классификация систем. - https://kchgu.ru/wp-content/uploads/2020/06/KafIVM\_23gr\_Teoriya\_sistem\_i\_SA\_lekciya2.pdf 13](#_Toc204612779)

[7. Виды моделирования систем. - https://studfile.net/preview/4001713/page:3/ 22](#_Toc204612780)

[8. Принципы построения математической модели. 28](#_Toc204612781)

[9. Этапы построения математической модели 30](#_Toc204612782)

# Понятийный аппарат:

## ЛПР – лицо, принимающее решение

## СУ – Система управления = СС + УС

## ОУ – Объект управления

## СС – Система связи

## УС – управляющая система

# Структура системы с управлением. - https://studfile.net/preview/9091715/page:2/

Структура системы с управлением

Под управлением в самом общем виде будем понимать процесс формирования целенаправленного поведения системы посредством информационных воздействий, вырабатываемых человеком или устройством. Часто для обозначения управляющих воздействий используется понятие “руководство”. Руководство – это управление чужой работой в организационных, социальных, экономических системах.

К системам с управлением относятся технические, биологические, организационные, социальные и экономические системы. Экономическая система (экономический объект) – система, которая реализует преобразование природных ресурсов в блага общества (в товарный продукт).

Системы с управлением включает три подсистемы:

* управляющую систему (УС),
* объект управления (OУ)
* систему связи (СС).

Рис. Система с управлением

УС совместно с системой связи образует систему управления (СУ). СУ=УС+СС

Система управления – (то есть то, что управляет) – совокупность процессов управления и персонала, их реализующего с помощью определенных средств (в том числе средств автоматизации и связи) и на основе определенных правил и процедур.

Процесс управления – часть бизнес-процесса, объединяющая функции (работы) реализующие управление достижением цели.

Основным элементом организационно-технических СУ является лицо, принимающее решение (ЛПР) – индивидуум или группа индивидуумов, имеющих право принимать окончательные решения по выбору одного из нескольких управляющих воздействий.

Система связи включает канал прямой связи, по которому передается входная информация – множество {xi}, включающее командную информацию {u} и канал обратной связи, по которой передается информация о состоянии ОУ – множество выходной информации {y}.

Множества переменных обозначают: {n} – воздействие окружающей среды (помехи) и {w} – показатели, характеризующие качество и эффективность функционирования ОУ. Эти показатели являются подмножеством {y}.

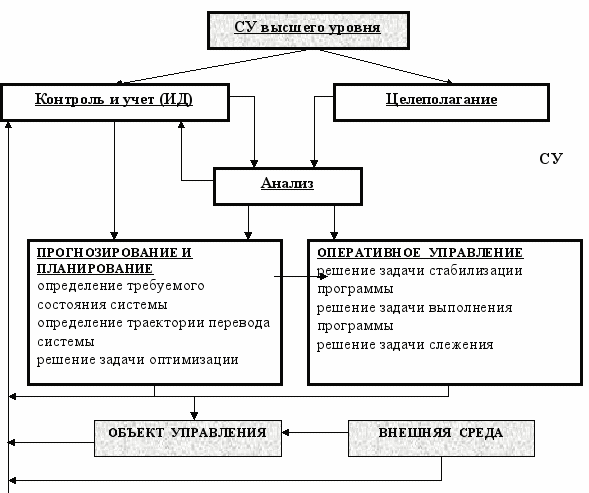
Объект управления (то есть то, чем управляют) – совокупность управляемых процессов, персонала, их реализующего с помощью определенных средств (в том числе средств автоматизации и связи) и на основе определенных правил и процедур.

Управляемый процесс – процесс реализации (достижения) цели – часть бизнес-процесса, объединяющая работы по преобразованию или перемещению предмета труда.

Бизнес-процесс – устойчивый процесс (последовательность работ), соотнесенный с отдельным видом производственной деятельности предприятия и обычно ориентированный на создание новой стоимости; иерархия взаимосвязанных функциональных действий, реализующих одну из целей системы, например выпуск продукции или ресурсное обеспечение выпуска (под продукцией понимают товары, услуги, документы).

# 2. Аксиомы теории управления.

Для управления системой необходимо выполнять ряд естественных условий, которые формулируются в виде аксиом [1].

*Аксиома 1.*Наличие *наблюдаемости объекта управления*. Определение любого из состояний ОУ (т.е. наблюдаемость) реализуется только в том случае, если по результатам измерения выходных переменных *y(t)* при известных значениях Рис. 2.5.Обобщенный цикл управления входных переменных *x(t)* может быть получена оценка*z0(t)*любой из переменных состояния*z(t)*. Такая задача в теории систем называется задачей наблюдения. В социально-экономических и организационно-технических системах с управлением эта задача реализуется функциями учета и контроля текущего состояния ОУ и воздействий окружающей среды. Без этой информации управление оказывается неэффективным.

*Аксиома 2.*Наличие *управляемости* – способности ОУ переходить в пространстве *Z* возможных состояний из текущего состояния в требуемое под воздействием управляющей системы. Под этим переходом можно понимать перемещение в физическом пространстве, изменение скорости и направления движения в пространстве состояний, изменение структуры или свойств ОУ. Если состояние ОУ не меняется, то понятие управления теряет смысл.

*Аксиома 3.*Наличие *цели управления*. Под целью управления понимают совокупность значений количественных и качественных показателей, определяющих требуемое состояние ОУ.  Если цель неизвестна, то управление не имеет смысла, а изменения состояний системы превращаются в бессмысленные манипуляции над ней.

*Аксиома 4.*Свобода выбора – выбор *управляющих воздействий*из множества возможных альтернативных решений. Считается, что чем меньше это множество, тем менее эффективно управление, так как в условиях ограничений оптимальные решения часто остаются за пределами области адекватности. Если ЛПР не имеет альтернатив решения, то управление не требуется.

*Аксиома 5.*Наличие *критерия эффективности управления.*Обобщенным критерием эффективности управления считается степень достижения цели функционирования системы. Кроме того, по частным критериям можно оценивать качество управления, степень устойчивости системы.  *Аксиома 6.*Наличие *ресурсов* (материальных, информационных, финансовых, и других), обеспечивающих реализацию принятых решений. Ограниченность или отсутствие ресурсов ограничивает свободу выбора ЛПР. Поэтому управление без ресурсного обеспечения невозможно.

# 3. Совершенствование систем с управлением.

Совершенствование систем с управлением сводится к сокращению длительности цикла управления и повышению качества управляющих воздействий (решений). Эти требования носят противоречивый характер. При заданной производительности СУ сокращение длительности цикла управления приводит к необходимости уменьшения количества перерабатываемой информации, а, следовательно, к снижению качества решений.

Одновременное удовлетворение требований возможно лишь при условии, что будет повышена производительность управляющей системы (УС) и системы связи (СС) по передаче и переработке информации, причем повышение производительности

обоих элементов должно быть согласованным. Это исходное положение для решения вопросов по совершенствованию управления.

Основными путями совершенствования систем с управлением являются следующие.

1. Оптимизация численности управленческого персонала.
2. Использование новых способов организации работы СУ.
3. Применение новых методов решения управленческих задач.
4. Изменение структуры СУ.
5. Перераспределение функций и задач в УС.
6. Механизация управленческого труда.
7. Автоматизация.

Рассмотрим кратко каждый из этих путей:

1. Управляющая система - это прежде всего люди. Самый естественный путь, позволяющий поднять производительность, - разумное увеличение числа людей.

2. Организация работы управленческого персонала должна постоянно совершенствоваться.

3. Путь применения новых методов решения управленческих задач носит несколько односторонний характер, так как в большинстве случаев направлен на получение более качественных решений и требует увеличения времени.

4. При усложнении ОУ, как правило, производится замена простой структуры УС на более сложную, чаще всего иерархического типа, при упрощении ОУ - наоборот. Изменением структуры считается и введение обратной связи в систему. В результате перехода к более сложной структуре функции управления распределяются между большим числом элементов УС и производительность СУ повышается.

5. Если подчиненные УС могут решать самостоятельно лишь очень ограниченный круг задач, то, следовательно, центральный управляющий орган будет перегружен, и наоборот. Необходим оптимальный компромисс между централизацией и децентрализацией. Решить эту проблему раз и навсегда невозможно, так как функции и задачи управления в системах непрерывно изменяются.

6. Поскольку информация всегда требует определенного материального носителя, на котором она фиксируется, хранится и передается, то, очевидно, необходимы физические действия по обеспечению информационного процесса в СУ. Использование различных средств механизации позволяет значительно повысить эффективность этой стороны управления. К средствам механизации относятся средства для выполнения вычислительных работ, передачи сигналов и команд, документирования информации и размножения документов. В частности, использование ПЭВМ в качестве пишущей машинки относится к механизации, а не к автоматизации

управления.

7. Сущность автоматизации заключается в использовании

ЭВМ для усиления интеллектуальных возможностей ЛПР.

Все рассмотренные ранее пути ведут так или иначе к повышению производительности УС и СС, но, что принципиально, не повышают производительность умственного труда. В этом заключается их ограниченность.

2.4 Правила применения системного подхода в управлении

Системный подход в менеджменте основан на глубоких исследованиях причинных связей и закономерностей развития социально-экономических процессов. А так как существуют связи и закономерности, значит существуют и определенные правила. Рассмотрим основные правила применения системного в управлении.

*Правило 1.* Не компоненты сами по себе составляют суть целого (системы), а наоборот, целое как первичное порождает при своем членении или формировании компоненты системы, - это основной принцип системы.

*Пример.* Фирма как сложная открытая социально-экономическая система представляет собой совокупность взаимосвязанных отделов и производственных подразделений. Сначала следует рассматривать фирму как целое, ее свойства и связи с внешней средой и только потом — компоненты фирмы. Фирма как целое существует не потому, что в ней работает, допустим, лекальщик, а, наоборот, лекальщик работает потому, что функционирует фирма. В малых, простых системах могут быть исключения: система функционирует благодаря исключительному компоненту.

*Правило 2*. Количество компонентов системы, определяющих ее размер, должно быть минимальным, но достаточным для реализации целей системы. Структура, например, производственной системы представляет собой сочетание организационной и производственной структур.

*Правило 3*. Структура системы должна быть гибкой, с наименьшим числом жестких связей, способной быстро переналаживаться на выполнение новых задач, оказание новых услуг и т. п. Мобильность системы является одним из условий быстрого приспособления (адаптации) ее к требованиям рынка.

*Правило 4*. Структура системы должна быть такой, чтобы изменения в связях компонентов системы оказывали минимальное влияние на функционирование системы. Для этого следует обосновывать уровень делегирования полномочий субъектами управления, обеспечивать оптимальную самостоятельность и независимость объектов управления в социально-экономических и производственных системах.

*Правило 5*. В условиях развития глобальной конкуренции и международной интеграции следует стремиться к росту степени открытости системы при условии обеспечения ее экономической, технической, информационной, правовой безопасности.

*Правило 6.* Для повышения обоснованности инвестиций в инновационные и другие проекты следует изучать доминантные (преобладающие, наиболее сильные) и рецессивные признаки системы и вкладывать средства в развитие первых, наиболее эффективных.

*Правило 7.* При формировании миссии и целей системы следует отдавать приоритет интересам системы более высокого уровня как гарантии решения глобальных проблем.

*Правило 8.* Из всех показателей качества систем приоритет следует отдавать их надежности как совокупности проявляющихся свойств безотказности, долговечности, ремонтопригодности и сохраняемости.

*Правило 9*. Эффективность и перспективность системы достигается оптимизацией ее целей, структуры, системы менеджмента и других параметров. Поэтому стратегию функционирования и развития системы следует формировать на основе оптимизационных моделей.

*Правило 10*. При формулировании целей системы следует учитывать неопределенность информационного обеспечения. Вероятностный характер ситуаций и информации на стадии прогнозирования целей снижает реальную эффективность инноваций.

*Правило 11*. При формулировании стратегии системы следует помнить, что цели системы и ее компонентов в смысловом и количественном значениях, как правило, не совпадают. Однако все компоненты должны выполнять конкретную задачу по достижению цели системы. Если без какого-либо компонента можно достичь цели системы, значит, этот компонент лишний, надуманный или это результат некачественной структуризации системы. Это проявление свойства эмерджентности системы.

*Правило 12*. При построении структуры системы и организации ее функционирования следует учитывать, что практически все процессы непрерывны и взаимообусловлены. Система функционирует и развивается на основе противоречий, конкуренции, многообразия форм функционирования и развития, способности системы к обучению. Система существует, пока функционирует.

*Правило 13.* При формировании стратегии системы следует обеспечивать альтернативность путей ее функционирования и развития на основе прогнозирования различных ситуаций. Наиболее непредсказуемые фрагменты стратегии следует планировать по нескольким вариантам, учитывающим различные ситуации.

*Правило 14.* При организации функционирования системы следует учитывать, что ее эффективность не равна сумме эффективностей функционирования подсистем (компонентов). При взаимодействии компонентов возникает положительный (дополнительный) или отрицательный эффект синергии. Для получения положительного эффекта синергии необходимо иметь высокий уровень организованности (низкую энтропию) системы.

*Правило 15.* В условиях быстро меняющихся параметров внешней среды система должна быть способной оперативно адаптироваться к этим изменениям. Важнейшими инструментами повышения адаптивности функционирования системы (компании) являются стратегическая сегментация рынка и проектирование товаров и технологий на принципах стандартизации и агрегатирования.

*Правило 16.* Единственным путем развития организационно-экономических и производственных систем является инновационный. Внедрение новшеств (в форме патентов, ноу-хау, результатов НИОКР и т.д.) в области новых товаров, технологий, методов организации производства, менеджмента и др. служит фактором развития общества.

# 4. Автоматизация управления

# 5. Задачи системного анализа. - <https://studfile.net/preview/5809852/page:2/>

**Задачи системного анализа**

Системный подход позволяет исследовать ситуацию, рассматривая ее как объект, имеющий разные проявления. Например, проблематика рынка отдельного товара может быть связана с изменением спроса, товарного предложения или цены. В данном случае - это своего рода аспекты исследуемого объекта ( или ситуации), следуя которым можно определить стратегические и тактические решения выхода из создавшейся ситуации.

пLine 174Line 177Line 180роблема А решение А

пLine 182Line 175Line 176Line 178Line 181роблема X проблема В решение В РешениеX

пLine 179роблема С решение С

Рисунок 1.1 - Схема системного подхода

Системный анализ открывает возможности для стандартизации методов решения определенных проблем. Поэтому под системным анализом понимается совокупность правил или нормативная методология решения сложных проблем, основанная на системном подходе.

***Системный подход*** представляет собой совокупность методологических положений, предполагающих рассмотрение объекта исследования как целого (системы), а каждый элемент его в связи и взаимодействии с другими элементами.

*Методология* системного подхода включает четыре этапа:

* изучение целей и функций объекта, его взаимодействие с окружающей средой (другими объектами) – изучение объекта как целого;
* расчленение объекта на элементы (подсистемы); определение роли, места и функций элементов (подсистем), исходя из целей и функций целого, определение основных отношений и связей между элементами (подсистемами);
* изучение свойств элементов, отношений между ними и законов, управляющих поведением элементов;
* синтез свойств и поведения объекта из свойств и поведения его частей, позволяющий определить законы, управляющие поведением объекта, обеспечивающие выполнение им своих функций и достижение целей.

Принципы системногоподхода:

* *принцип целостного подхода к объекту.*Членение системы на элементы должно быть «целостным», таким, чтобы элементы несли на себе определенные свойства целого объекта;
* *принцип иерархичности.*Системное исследование объекта осуществляется только тогда, когда каждая его подсистема рассматривается, в свою очередь, как система, а сам системный объект – как часть суперсистемы.

**Пример.**Крупная компания как система состоит из подсистем – входящих в нее предприятий-филиалов. В свою очередь, каждое предприятие может быть расчленено на подсистемы – отделы, отделы – на участки и т.д. С другой стороны, сама компания может представлять собой подсистему системы более высокого уровня – отрасли;

* *принцип множественности описания системы.*Для получения адекватного знания о системе требуется построение некоторого класса взаимосвязанных ее описаний, каждое из которых способно охватить лишь определенные аспекты системы. В общем случае для любой системы требуется три разных способа ее описания:

1. с точки зрения присущих ей внешних, целостных свойств (макроописание);
2. с точки зрения ее внутреннего строения и «вклада» ее компонентов в формирование целостных свойств системы (микроописание);
3. с точки зрения понимания данной системы как подсистемы более высокого уровня (иерархическое описание). И здесь из всего разнообразия *входных воздействий* можно выделить для изучения те из них, которые влияют на рассматриваемое свойство.

* *принцип открытости системы.*Система не изолирована от окружающей среды. Исследование системы неотделимо от исследования условий ее существования;
* *принцип непрерывного саморазвития системы*. Источник развития системы лежит обычно в самой системе. В объектах, образующих целое, появляются противоречия, которые делают невозможным сохранение объекта в неизменном состоянии. Для преодоления возникающих противоречий в системе появляются изменения.

В общественно-экономической и политических сферах наблюдается усиление взаимовлияния, взаимозависимости, взаимодействия всех составных частей современного общества. Все более тесно переплетаются экономические, политические, социальные, духовные процессы, теснее взаимодействуют государство и общество, производство и наука, культура и бытовая сфера. Все это порождает трудности в познании, прогнозировании и управлении. Во второй половине 20 века стало очевидно, что теоретические и прикладные дисциплины образуют как бы единый поток, «системное движение», методологической базой стал «системный подход».

Сам термин «системный анализ» впервые появился в работах корпорации RAND в 1948 г. Первой разработкой, которая была представлена как «система», стало проектирование сверхзвукового бомбардировщика В-52, начавшееся в 1952 г.

Остановимся на определении:

**Системный анализ** является областью деятельности, направленной на выявление причин сложностей, возникших перед «обладателем проблемы» (конкретная организация, учреждение, предприятие, коллектив или индивид), и на выработку вариантов их устранения.

Таким образом, задачи системного анализа состоят в понимании функционирования системы (собственно, анализ - метод научного познания, состоящий в мысленном или фактическом разложении целого на составные части), где задачами более высокого уровня выступают проектирование нужной системы, ее создание и управление ею.

В состав задач системного анализа входят:

* ***Задача декомпозиции***означает представление системы в виде подсистем, состоящих из более мелких элементов. Часто задачу декомпозиции рассматривают как составную часть анализа.
* ***Задача анализа***состоит в нахождении различного рода свойств системы или среды, окружающей систему. Целью анализа может быть определение закона преобразования информации, задающего поведение системы.
* ***Задача синтеза***системы противоположна задаче анализа. Необходимо по описанию закона преобразования построить систему, фактически выполняюшую это преобразование по определенному алгоритму. При этом должен быть предварительно определен класс элементов, из которых строится искомая система, реализующая алгоритм преобразования.

# 6. Классификация систем. - <https://kchgu.ru/wp-content/uploads/2020/06/KafIVM_23gr_Teoriya_sistem_i_SA_lekciya2.pdf>

<https://studfile.net/preview/9546889/page:3/>

<https://studfile.net/preview/9081873/page:4/>

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

в одной и той же классификации необходимо применять одно и то же основание;

объем элементов классифицируемой совокупности должен равняться объему элементов всех образованных классов;

члены классификации (образованные классы) должны взаимно исключать друг друга, то есть должны быть непересекающимися;

подразделение на классы (для многоступенчатых классификаций) должно быть

непрерывным, то есть при переходах с одного уровня иерархии на другой

необходимо следующим классом для исследования брать ближайший по

иерархической структуре системы.

В соответствии с этими требованиями классификация систем

предусматривает деление их на два вида – абстрактные и материальные (рис. 1.7).

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

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

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

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

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:

статические математические системы или модели, которые можно рассматривать как описание средствами математического аппарата состояния материальных систем (уравнения состояния);

динамические математические системы или модели, которые можно рассматривать как математическую формализацию процессов материальных (или абстрактных) систем;

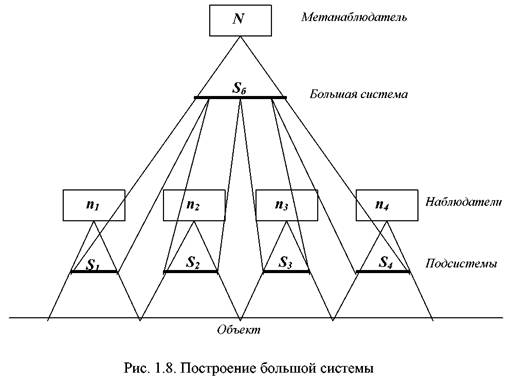
квазистатические (квазидинамические ) системы, находящиеся в неустойчивом положении между статикой и динамикой, которые при одних взаимодействиях ведут себя как статические, а при других – как динамические.

Однако в литературе существуют и другие классификации систем. Ю.И.Черняк дает следующее подразделение систем, нашедшее широкое распространение в практике системного анализа.

Большие системы. Большие системы – это системы, не наблюдаемые единовременно с позиции одного наблюдателя либо во времени, либо в пространстве. Схема построения большой системы представлена на рис. 1.8.

Для того чтобы получить необходимые знания о большом объекте, наблюдатель последовательно рассматривает его по частям, строя его подсистемы. Далее он перемещается на более высокую ступень, на следующий уровень иерархии и, рассматривая подсистемы уже в качестве объектов, строит для них единую систему. Если совокупность подсистем оказывается снова слишком большой, чтобы можно было построить из них общую систему, то процедура повторяется, и наблюдатель переходит на следующий уровень иерархии и т.д.

Каждая из подсистем одного уровня описывается одним и тем же языком, а при переходе на следующий уровень наблюдатель использует уже метаязык, представляющий собой расширение языка первого уровня за счет средств описания свойств самого этого языка.



Если исследователь идет от наблюдения реального объекта, то большая система создается путем композиции – составлен ия ее и з малых подсистем, описываемых одним языком.

Операция, противоположная композиции, есть декомпозиция большой системы, то есть разбиение ее на подсистемы. Она осуществляется для того, чтобы извлечь новую ценную информацию из знания системы в целом, которая не может быть получена другим путем. Важным понятийным инструментом системного анализа является иерархия подсистем в большой системе. В иерархии экономических систем можно, например, выделить уровни: народное хозяйство, отрасль, подотрасль , предприятие, цех, бригада. Рассмотрение систем в иерархии дает возможность выявить новые их свойства.

Величина большой системы может быть измерена по разным критериям: по числу подсистем; по числу ступеней иерархии подсистем.

Сложные системы. Сложные системы – это системы, которые нельзя скомпоновать из некоторых подсистем. Это равноценно тому, что:

наблюдатель последовательно меняет свою позицию по отношению к объекту и наблюдает его с разных сторон;

разные наблюдатели исследуют объект с разных сторон.

Пример 1.5. Решается задача выбора конкретного материала для промышленного изготовления ветрового стекла автомобиля. Задачу нельзя решить без того, чтобы не рассмотреть этот объект в самых разных аспектах и на разных языках: прозрачность и коэффициент преломления – язык оптики; прочность и упругость – язык физики; наличие станков и инструментов для изготовления – язык технологии; стоимость и рентабельность – язык экономики и т.д.

Каждый из наблюдателей отбирает подмножество прозрачных материалов, удовлетворяющих его требованиям и критериям. В области пересечения подмножеств, отобранных всеми наблюдателями, метанаблюдатель отбирает единственный материал, работая в метаязыке, объединяющем понятия всех языков низшего уровня и описывающем их свойства и отношения.

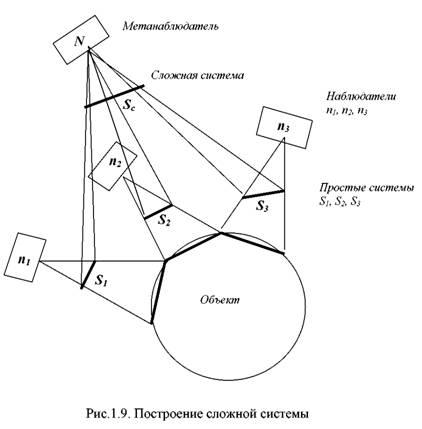
Принципиальная трудность решения задачи состоит в том, что подмножества, отобранные наблюдателями первого уровня, могут вообще не пересекаться. В таком случае метанаблюдателю придется потребовать снизить некоторым из наблюдателей свои требования и расширить подмножества потенциальных решений. В другом случае область пересечения может оказаться слишком большой, так что метанаблюдатель будет испытывать затруднения в выборе конкретного элемента. В первом случае встает вопрос: кому из наблюдателей первого уровня приказать снизить свои требования (оптику, физику, технологу, экономисту). Во втором случае – чьими требованиями и в какой степени руководствоваться в отборе конечного решения? Очевидно, что здесь не может существовать никаких строгих объективных правил отбора, а приходится прибегать к чисто человеческим процедурам социологического типа – опросу общественного мнения, выявлению мнений авторитетных экспертов в различных областях и приданию им количественных оценок. Подобные процедуры получения субъективных оценок представляют собой композицию сложной системы из комплекса моделей.

Противоположным случаем является декомпозиция сложной системы, когда критерий системы известен, но решение задачи достигается в результате решения каждой из подсистем своей собственной задачи в собственном языке. В этом случае приходится осуществлять декомпозицию критерия системы в критерии составляющих ее подсистем с одновременным переводом его в различные языки подсистем.

С измерением сложности систем дело обстоит так же, как и с измерением их величины. Системы можно соизмерять по степени сложности, используя разные аспекты самого этого понятия: путем соизмерения числа моделей сложной системы; путем сопоставления числа языков, используемых в системе; путем соизмерения числа объединений и дополнений метаязыка.

Понятие сложности является одним из основополагающих в системном анализе. Системный анализ есть стратегия исследования, которая принимает сложность как существенное, неотъемлемое свойство объектов и показывает, как можно извлечь ценную информацию, подходя к ней с позиции сложных систем. По мнению американского исследователя Рассела Аккофа , простота не задается в начале исследования, но если ее вообще можно найти, то она находится в результате исследования.

Процесс построения сложной системы показан на рис. 1.9.



Итак, сложная система – это система, построенная для решения многоцелевой задачи; система, отражающая разные несравнимые аспекты характеристики объекта; система, для описания которой необходимо использование нескольких языков; система, включающая взаимосвязанный комплекс разных моделей.

Очевидно, что большие и сложные системы – это фактически два способа разложения задачи на ее составляющие или, соответственно, построения различным способом модели системы. Этот способ получил такое широкое распространение, что понятия цель и критерий в некоторых областях техники и исследования операций стали считать синонимами.

Также выше на примере больших и сложных систем были рассмотрены процедуры системного анализа – композиция и декомпозиция.

Динамические системы. Динамические системы – это постоянно изменяющиеся системы. Всякое изменение, происходящее в динамической системе, 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.

Управляющие системы – это системы, с помощью которых исследуются процессы управления в технических, биологических и социальных системах. Центральным понятием здесь является информация – средство воздействия на систему. Управляющая система позволяет предельно упростить трудно понимаемые процессы управления в целях решения задач исследования проектирования.

Целенаправленные системы. Целенаправленные системы – это системы, обладающие целенаправленностью, то есть управлением системы и приведением к определенному поведению или состоянию, компенсируя внешние возмущения. Достижение цели в большинстве случаев имеет вероятностный характер.

**7)**Модель – это физический или абстрактный образ моделируемого объекта, удобный для проведения исследований и позволяющий адекватно отображать интересующие исследователя физические свойства и характеристики объекта.

логические схемы, упрощающие рассуждения и логические построения или позволяющие проводить эксперименты, уточняющие природу явле­ний, называются *моделями.*

модель (лат. modulus — мера) — это объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала

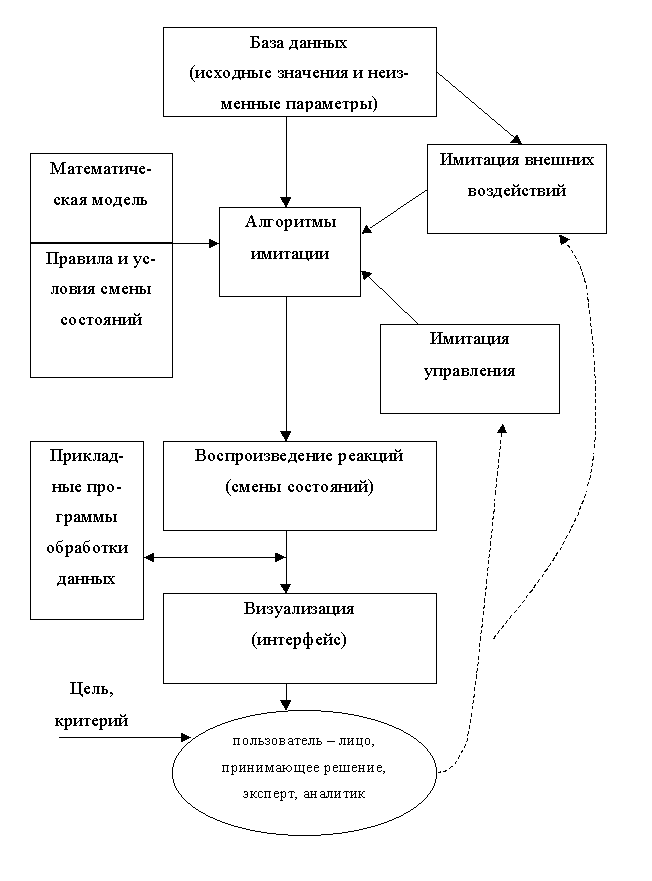
К характеристикам модели системы относится:

* цели функционирования;
* сложность системы;
* целостность системы;
* неопределенность, которая проявляется в системе;
* поведение системы;
* адаптивность системы;
* организационная структура модели;
* управление модели;
* возможность развития модели.

**ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ** [deterministic model] — аналитическое представление закономерности, операции и т. п., при которых для данной *совокупности* входных значений на *выходе системы* может быть получен единственный *результат*. Такая модель может отображать как*вероятностную систему* (тогда она является некоторым ее упрощением), так и *детерминированную систему*.

**ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ** [stochastic, probabilistic model] — 1. *Модель*, которая в отличие от*детерминированной модели* содержит случайные элементы (см. *Случайная величина*). Таким образом, при задании на *входе* модели некоторой совокупности значений, на ее *выходе* могут получаться различающиеся между собой *результаты* в зависимости от действия случайного *фактора* (см. также*Неопределенность*, *Помехи*). Другое название В. м. — **стохастические модели.**

2. В *математической статистике* и теории вероятностей В. м. называют тип *распределения вероятностей* случайных *признаков* (*нормальное*, биномиальное, экспоненциальное).

**8)**Рассмотрим некоторые специальные модели, применяемые в системном анализе. Модель типа «черный ящик» отображает входы и выходы системы без представления информации о внутренних элементах и свя-  Рис.3.4. Обобщенная структурная схема комплекса компьютерного имитационного моделирования зях системы. Такая модель особенно полезна при представлении систем на макроуровне, когда важным является провести анализ внешних связей системы с другими системами (например, связи предприятия с поставщиками и потребителями продукции). В контексте назначения системы модель «черный ящик» позволяет определить необходимые входные ресурсы и ожидаемые результаты работы предприятия и особенно важна при последовательном структурном анализе системы (как существующей, так и проектируемой). При составлении модели типа «черный ящик» важно учесть все входы и выходы системы, имеющие необходимое значение с точки зрения назначения системы. Средством построения модели «черный ящик» могут служить текстовые описания (например, в виде таблиц с графами «вход», «выход»); обобщенные блок схемы, в которых вся система отображается единым блоком; в терминах  теории множеств, перечисляя элементы входного множества Х и выходного множества Y. Модель состава – представляет информацию о внутреннем содержании системы, описывает, из каких подсистем и элементов она состоит. Построение модели состава выполняется поэтапно на разных уровнях детализации системы. Сначала выделяются наиболее крупные подсистемы, потом их функциональные составляющие – элементы подсистем и т.д. Разбиение системы на части при определении состава соответствует принимаемой точке зрения и цели использования модели. Модель структуры предназначена для отображения взаимосвязей (отношений) между элементами рассматриваемой системы. Модель структуры можно рассматривать как дополнение модели состава, которая воспроизводит элементы системы. Однако, как правило, перечень одних только отношений между элементами без самих этих элементов не делается. Поэтому модель структуры является наиболее полной моделью, характеризующей как состав основных элементов, так и взаимосвязи между ними. При построении модели структуры выделяются интересующие виды отношений, исходя из которых выбираются элементы, участвующие в этих отношениях. Распространенными отношениями являются следующие: - отношение «часть-целое». Обозначим отношение часть целое, как r. Пусть отдел А входит в состав фирмы S. Тогда между А и S имеется отношение r, что математически можно записать так: ArS или r( A, S). Подобные отношения служат основой для разработки иерархических структурных схем предприятий (организационной структуры); - отношение «вид-род». Например, конкретная фирма ООО «Мебель» может быть видом (частным случаем) рода фирм «Производители мебели», т.е. ООО «Мебель» и «Производители мебели» связаны отношением «вид-род»; - отношение «управлять работой». Такого типа отношения складываются, например, между службой управления и производственным отделом предприятия; - отношение «обеспечивать работу». Подобное отношение складывается, например, между складом или службой поставок и производственным участком; - отношение «роль-исполнитель». Такое отношение наблюдается между отдельным этапом (функцией) процесса и тем работником, кто его исполняет; - отношения «причина-следствие» и хронологического порядка - показывают взаимосвязи между элементами процессов.  Последние три вида отношений наиболее применимы в моделях бизнес-процессов предприятий и используются в диаграммах процессов. Пожалуй, наиболее распространенным способом изображения модели структуры являются структурные схемы. В таких схемах элементы системы графически изображаются в виде прямоугольников, точек, других обозначений; отношения между ними – с помощью ребер или ориентированных дуг. Примером структурной схемы с отображением различных отношений между элементами системы может быть рис.1.2 в гл.1. Структурные схемы систем, которые отображают все их элементы, все связи между ними, а также входы и выходы, называют еще моделями типа «белый (прозрачный) ящик». Естественно предположить, что полнота и сложность модели типа «белый ящик» так же, как и для любых других моделей зависит от целей моделирования.  Можно сформулировать некоторые рекомендации при построении структурных схем в процессе анализа и синтеза систем: - при разработке структурной схемы необходимо руководствоваться основным правилом структурного системного анализа – поэтапно детализировать систему, начиная с общего обзора и продолжая рассмотрением ее отдельных частей. Такая этапность даст в результате иерархический набор структурных схем, где схемы верхнего уровня уточняются схемами нижнего уровня. При этом необходимо ограничивать на каждой структурной схеме количество воспроизводимых элементов (рекомендуется не более 6-7 элементов на одной схеме); - необходимо достаточно четко представлять цель структурного моделирования и в связи с этим определять те отношения между элементами, которые должны быть положены в основу структурной схемы. В зависимости от цели и принятой точки зрения можно получить разные структурные схемы одной и той же системы; - не стоит перегружать структурную схему текстовыми описаниями и дополнениями. Необходимые текстовые пояснения и второстепенные детали, не нашедшие места на схеме, целесообразно выносить в приложения к ней.

9) **Анализ**– метод научного познания, заключающийся в том, что объект исследования мысленно расчленяется на составные части или выделяются присущие ему признаки и свойства для изучения их в отдельности. Анализ позволяет проникнуть в сущность отдельных элементов объекта, выявить в них главное, существенное и найти связи, взаимодействия между ними. Например, исследуя надежность автомобиля, расчленяют это свойство на три более простых: безотказность, долговечность и ремонтопригодность, затем изучают каждое из них в отдельности.

**Синтез**– метод научного исследования объекта или группы объектов как единого целого во взаимосвязи всех его составных частей или присущих ему признаков. Метод синтеза характерен для исследования сложных систем, после анализа всех его составных частей. Таким образом, анализ и синтез взаимосвязаны и дополняют друг друга.

**10) Декомпозиция** — научный метод, использующий структуру задачи и позволяющий заменить решение одной большой задачи решением серии меньших задач, пусть и взаимосвязанных, но более простых.

Декомпозиция, как процесс расчленения, позволяет рассматривать любую исследуемую систему как сложную, состоящую из отдельных взаимосвязанных подсистем, которые, в свою очередь, также могут быть расчленены на части. В качестве систем могут выступать не только материальные объекты, но и процессы, явления и понятия.

# 7. Виды моделирования систем. - <https://studfile.net/preview/4001713/page:3/>

**Классификация видов моделирования систем**

В основе классификации видов моделирования систем лежат различные признаки, такие как

- степень полноты модели;

- характер изучаемых процессов в системе;

- форма представления системы.

Классификация видов моделирования систем приведена на рис. 1.3.

Основой моделирования является *теория подобия*, из которой следует, что абсолютное подобие может иметь место лишь при замене одного объекта другим, точно таким же. При моделировании абсолютное подобие не имеет места, и стремятся к тому, чтобы модель достаточно хорошо отображала исследуемую сторону функционирования системы. Поэтому в качестве одного из первых признаков классификации видов моделирования можно выбрать степень полноты модели и разделить модели в соответствии с этим признаком на полные, неполные и приближенные.



Рис. 1.3. Классификация видов моделирования систем

Полные модели идентичны объекту во времени и пространстве. Для неполного моделирования эта иден­тичность не сохраняется. В основе приближенного моделирова­ния. Лежит подобие, при котором некоторые стороны функци­онирования реального объекта не моделируются совсем.

В зависимости от характера изучаемых процессов в системе виды моделирования подразделяются на детермини­рованные и стохастические, статические и динамические, дискрет­ные, непрерывные и дискретно-непрерывные. Детерминирован­ное моделирование отображает процессы, в которых предполага­ется отсутствие случайных воздействий. Стохастическое модели­рование учитывает вероятностные процессы и события. Статичес­кое моделирование служит для описания поведения объекта в фи­ксированный момент времени, а динамическое — для исследова­ния объекта во времени. Дискретное,непрерывное и дискретно-непрерывное моделирования используются для описания процес­сов, имеющих изменение во времени. При этом оперируют ана­логовыми, цифровыми и аналого-цифровыми моделями.

В зависимости от формы представления объекта мо­делирование классифицируется на мысленное и реальное. Мыс­ленное моделирование применяется тогда, когда модели не реа­лизуемы в заданном интервале времени либо отсутствуют усло­вия для их физического создания (например, ситуации микроми­ра).

Мысленное моделирование реализуется в виде нагляд­ного, символического и математического. При наглядном мо­делировании на базе представлений человека о реальных объектах создаются наглядные модели, отображающие явления и процессы, протекающие в объекте.

В основу гипотетичес­кого моделирования закладывается гипотеза о закономер­ностях протекания процесса в реальном объекте, которая отража­ет уровень знаний исследователя об объекте и базируется на причинно-следственных связях между входом и выходом изуча­емого объекта. Этот вид моделирования используется, когда знаний об объекте недостаточно для построения формальных моделей. Аналоговое моделирование основывается на при­менении аналогий различных уровней. Для достаточно простых объектов наивысшим уровнем является полная аналогия. С усло­жнением системы используются аналогии последующих уровней, когда аналоговая модель отображает несколько либо только одну сторону функционирования объекта. Макетирование при­меняется, когда протекающие в реальном объекте процессы не поддаются физическому моделированию либо могут предше­ствовать проведению других видов моделирования. В основе построения мысленных макетов также лежат аналогии, обычно базирующиеся на причинно-следственных связях между явлени­ями и процессами в объекте.

Символическое моделирование представляет собой ис­кусственный процесс создания логического объекта, который за­мещает реальный и выражает основные свойства его отношений с помощью определенной системы знаков и символов. В основе языкового моделирования лежит некоторый тезаурус, который образуется из набора входящих понятий, причем этот набор должен быть фиксированным. Между тезаурусом и обычным словарем имеются принципиальные различия. Тезаурус - сло­варь, который очищен от неоднозначности, т. е. в нем каждому слову может соответствовать лишь единственное понятие, хотя в обычном словаре одному слову может соответствовать неско­лько понятий. Если ввести условное обозначение отдельных по­нятий, т. е. знаки, а также определенные операции между этими знаками, то можно реализовать знаковое моделирование и с по­мощью знаков отображать набор понятий — составлять отдель­ные цепочки из слов и предложений. Используя операции объеди­нения, пересечения и дополнения теории множеств, можно в от­дельных символах дать описание какого-то реального объекта.

Примеры знаковых моделей:

*Математические*– представлены математическими формулами, отображающими связь параметров.

*Специальные* – представлены на специальных языках (ноты, химические формулы).

*Алгоритмические* – программы.

Математическое моделирование - это процесс устано­вления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моде­лью. В принципе, для исследования характеристик процесса функционирования любой системы математическими методами, включая и машинные, должна быть обязательно проведена формализация этого процесса, т. е. построена математическая модель. Исследование математической модели позволяет полу­чать характеристики рассматриваемого реального объекта. Вид математической модели зависит как от природы реального объекта, так и от задач исследования объекта, требуемой до­стоверности и точности решения задачи. Любая математическая модель, как и всякая другая, описывает реальный объект с неко­торой степенью приближения. Для аналитического моделирова­ния характерно то, что процессы функционирования элементов системы записываются в виде некоторых функциональных соот­ношений (алгебраических, интегро-дифференциальных, конечно-разностных и т. д.) или логических условий. Аналитическая мо­дель исследуется следующими методами:

* аналитическим, когда стремятся получить в общем виде явные зависимости, связыва­ющие искомые характеристики с начальными условиями, параме­трами и переменными системы;
* численным, когда, не умея ре­шать уравнений в общем виде, стремятся получить числовые результаты при конкретных начальных данных; качественным, когда, не имея решения в явном виде, можно найти некоторые свойства решения (например, оценить устойчивость решения);
* качественным, когда, не имея решения в явном виде, можно найти некоторые свойства решения (например, устойчивость).

В настоящее время распространены методы машинной ре­ализации исследования характеристик процесса функционирова­ния БС. Для реализации математической модели на ЭВМ необ­ходимо построить соответствующий моделирующий алгоритм.

При имитационном моделировании реализующий мо­дель алгоритм воспроизводит процесс функционирования систе­мы во времени, причем имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени, что позволяет по исходным данным получить сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени, дающие возможность оценить характеристики системы. Основным преимуществом имитацион­ного моделирования по сравнению с аналитическим является возможность решения более сложных задач. Имитационные мо­дели позволяют достаточно просто учитывать такие факторы, как наличие дискретных и непрерывных элементов, нелинейные характеристики элементов системы, многочисленные случайные воздействия и др., которые часто создают трудности при анали­тических исследованиях. В настоящее время имитационное моде­лирование — наиболее эффективный метод исследования БС, а часто и единственный практически доступный метод получения информации о поведении системы, особенно на этапе ее проек­тирования.

В имитационном моделировании различают метод статисти­ческого моделирования и метод статистических испытаний (Мон­те-Карло). Если результаты, полученные при воспроизведении на имитационной модели, являются реализациями случайных величин и функций, тогда для нахождения характеристик процесса требуется его многократное воспроизведение с последующей об­работкой информации. Поэтому целесообразно в качестве мето­да машинной реализации имитационной модели использовать метод статистического моделирования. Первоначально был раз­работан метод статистических испытаний, представляющий со­бой численный метод, который применялся для моделирования случайных величин и функций, вероятностные характеристики которых совпадали с решениями аналитических задач (такая процедура получила название метода Монте-Карло). Затем этот прием стали применять и для машинной имитации с целью исследования характеристик процессов функционирования си­стем, подверженных случайным воздействиям, т. е. появился метод статистического моделирования.

Метод имитационного моделирования применяется для оцен­ки вариантов структуры системы, эффективности различных ал­горитмов управления системой, влияния изменения различных параметров системы. Имитационное моделирование может быть положено в основу структурного, алгоритмического и парамет­рического синтеза БС, когда требуется создать систему с задан­ными характеристиками при определенных ограничениях. Систе­ма должна быть оптимальной по некоторым критериям эффек­тивности.

Комбинированное (аналитико-имитационное) моде­лирование позволяет объединить достоинства аналитического и имитационного моделирования. При построении комбиниро­ванных моделей производится предварительная декомпозиция процесса функционирования объекта на составляющие подпроцессы, и для тех из них, где это возможно, используются анали­тические модели, а для остальных подпроцессов строятся имита­ционные модели. Такой подход позволяет охватить качественно новые классы систем, которые не могут быть исследованы с ис­пользованием только аналитического или имитационного моде­лирования в отдельности.

Информационное моделирование (часто называемое кибернетическим) связано с исследованием моделей, в которых отсутствует непосредственное подобие физических процессов, происходящих в моделях, реальным процессам. В этом случае стремятся отобразить лишь некоторую функцию и рассма­тривают реальный объект как «черный ящик», имеющий ряд входов и выходов, и моделируются некоторые связи между выходами и входами. Таким образом, в основе ин­формационных (кибернетических) моделей лежит отражение некоторых информационных процессов управления, что по­зволяет оценить поведение реального объекта. Для построения модели в этом случае необходимо выделить исследуемую функцию реального объекта, попытаться формализовать эту функцию в виде некоторых операторов связи между входом и выходом и воспроизвести данную функцию на имитационной модели, причем на совершенно другом математическом языке и, естественно, иной физической реализации процесса.

Структурно-системное моделирование базируется на некоторых специфических особенностях структур определенного вида, используя их как средство исследования систем или разра­батывая на их основе с применением других методов формали­зованного представления систем (теоретико-множественных, лингвистических и т. п.) специфические подходы к моделированию.

Структурно-системное моделирование включает:

методы сетевого моделирования;

сочетание методов структуризации с лингвистическими (язы­ковыми);

структурный подход в направлении формализации постро­ения и исследования структур разного типа (иерархических, мат­ричных, произвольных графов) на основе теоретико-множествен­ных представлений и понятия номинальной шкалы теории изме­рений.

Ситуационное моделирование основано на модельной теории мышления, в рамках которой можно описать основные механизмы регулирования процессов принятия решений. В ос­нове модельной теории мышления лежит представление о фор­мировании в структурах мозга информационной модели объекта и внешнего мира. Эта информация воспринимается человеком на базе уже имеющихся у него знаний и опыта. Целесообразное поведение человека строится путем формирования целевой ситу­ации и мысленного преобразования исходной ситуации в целевую. Основой построения модели является описание объекта в виде совокупности элементов, связанных между собой опреде­ленными отношениями, отображающими семантику предметной области. Модель объекта имеет многоуровневую структуру и представляет собой тот информационный контекст, на фоне которого протекают процессы управления. Чем богаче инфор­мационная модель объекта и выше возможности ее манипулиро­вания, тем лучше и многообразие качество принимаемых реше­ний при управлении.

При реальном моделировании используется возмож­ность исследования характеристик либо на реальном объекте целиком, либо на его части. Такие исследования проводятся как на объектах, работающих в нормальных режимах, так и при организации специальных режимов для оценки интересующих исследователя характеристик (при других значениях переменных и параметров, в другом масштабе времени и т. д.). Реальное моделирование является наиболее адекватным, но его возмож­ности ограничены. Например, проведение реального моделирова­ния АСУП требует, во-первых, наличия такой АСУ и, во-вторых, проведения экспериментов с управляемым объектом, т. е. пред­приятием, что в большинстве случаев невозможно.

Натурным моделированием называют проведение иссле­дования на реальном объекте с последующей обработкой резуль­татов эксперимента на основе теории подобия. Натурный экс­перимент подразделяется на научный эксперимент, комплексные испытания и производственный эксперимент. Научный экспери­мент характеризуется широким использованием средств автома­тизации проведения, применением весьма разнообразных средств обработки информации, возможностью вмешательства человека в процесс проведения эксперимента. В соответствии с этим появи­лось новое научное направление - автоматизация научного экс­перимента и новая специализация в рамках специальности АСУ - АСНИ (автоматизированные системы научных исследо­ваний и комплексных испытаний). Одна из разновидностей экс­перимента - комплексные испытания, когда вследствие повторе­ния испытаний объектов в целом (или больших частей системы) выявляются общие закономерности о характеристиках качества, надежности этих объектов. В этом случае моделирование осуще­ствляется путем обработки и обобщения сведений о группе одно­родных явлений. Наряду со специально организованными ис­пытаниями возможна реализация натурного моделирования пу­тем обобщения опыта, накопленного в ходе производственного процесса, т. е. можно говорить о производственном эксперимен­те. Здесь на базе теории подобия обрабатывают статистический материал по производственному процессу и получают его обоб­щенные характеристики. Необходимо помнить про отличие экс­перимента от реального протекания процесса. Оно заключается в том, что в эксперименте могут появиться отдельные критичес­кие ситуации и определиться границы устойчивости процесса. В ходе эксперимента вводятся новые факторы и возмущающие воздействия в процесс функционирования объекта.

Физичес­кое моделирование, отличающееся от натурного тем, что исследование прово­дится на установках, которые сохраняют природу явлений и об­ладают физическим подобием. В процессе физического модели­рования задаются некоторые характеристики внешней среды и исследуется поведение либо реального объекта, либо его моде­ли при заданных или создаваемых искусственно воздействиях внешней среды. Физическое моделирование может протекать в реальном и нереальном (псевдореальном) масштабах времени или рассматриваться без учета времени. В последнем случае изучению подлежат так называемые «замороженные» процессы, фиксируемые в некоторый момент времени. Наибольшие слож­ность и интерес с точки зрения корректности получаемых резуль­татов представляет физическое моделирование в реальном масш­табе времени.

Реальное моделирование является наиболее адекватным, но при этом его возможности с учётом особенностей реальных объектов ограничены.

С точки зрения математического описания объекта и в зависимости от его характера модели можно разделить на модели аналоговые (непрерывные), цифровые (дискретные) и аналого-цифровые (комбинированные). Под *аналоговой* моделью понимается модель, которая описывается уравнениями, связывающими непрерывные величины. Под *цифровой* понимается модель, которая описывается уравнениями, связывающими дискретные величины, представленные в цифровом виде. Под *аналого-цифровой* понимается модель, которая может быть описана уравнениями, связывающими непрерывные и дискретные величины.

Особый вид моделирования - *кибернетическое моделирование*, в котором отсутствует непосредственное подобие между реальным объектом и моделью. В этом случае стремятся отобразить лишь некоторую функцию и рассматривают реальный объект как «чёрный ящик», имеющий ряд входов и выходов, и моделируются некоторые связи между выходами и входами. Чаще всего при использовании кибернетических моделей проводят анализ поведенческой стороны объекта при различных воздействиях внешней среды. Таким образом, в основе кибернетических моделей лежит отношение некоторых информационных процессов управления, что позволяет оценить поведение реального объекта.

# Принципы построения математической модели. - <https://studfile.net/preview/6339322/page:2/>

**Принципы построения математических моделей**

Рассмотрим основные принципы моделирования, отражающие опыт,

накопленный к настоящему времени в области разработки и использования ММ.

1*. Принцип информационной достаточности*. При полном отсутствииинформации об исследуемой системе построение ее модели невозможно. Приналичии полной информации о системе ее моделирование лишено смысла.Существует некоторый критический уровень априорных сведений о системе(уровень информационной достаточности), при достижении которого можетбыть построена ее адекватная модель.

2. *Принцип осуществимости*. Создаваемая модель должна обеспечиватьдостижение поставленной цели исследования с вероятностью, существенноотличающейся от нуля, и за конечное время.

3. *Принцип множественности моделей*. Данный принцип являетсяключевым. Речь идет о том, что создаваемая модель должна отражать в первуюочередь те свойства реальной системы (или явления), которые влияют навыбранный показатель эффективности. Соответственно при использованиилюбой конкретной модели познаются лишь некоторые стороны реальности. Дляболее полного ее исследования необходим ряд моделей, позволяющих с разныхсторон и с разной степенью детальности отражать рассматриваемый процесс.

4. *Принцип агрегирования*. В большинстве случаев сложную системуможно представить состоящей из агрегатов (подсистем), для адекватногоматематического описания которых оказываются пригодными некоторыестандартные математические схемы. Принцип агрегирования позволяет, крометого, достаточно гибко перестраивать модель в зависимости от задачисследования.

5. *Принцип параметризации*. В ряде случаев моделируемая системаимеет в своем составе некоторые относительно изолированные подсистемы,характеризующиеся определенным параметром, в том числе векторным. Такиеподсистемы можно заменять в модели соответствующими числовымивеличинами, а не описывать процесс их функционирования. Принеобходимости зависимость значений этих величин от ситуации можетзадаваться в виде таблицы, графика или аналитического выражения (формулы).

Принцип параметризации позволяет сократить объем и продолжительностьмоделирования. Однако надо иметь в виду, что параметризация снижаетадекватность модели.

Степень реализации перечисленных принципов и каждой конкретноймодели может быть различной, причем это зависит не только от желанияразработчика, но и от соблюдения им технологии моделирования. А любаятехнология предполагает наличие определенной последовательности действий. Общая может быть сформулирована следующимобразом: это определение (расчет) значений выбранного показателяэффективности (ПЭ) для различных стратегий проведения операции (иливариантов реализации проектируемой системы). При разработке конкретноймодели цель моделирования должна уточняться с учетом используемогокритерия эффективности. Для критерия пригодности модель, как правило,должна обеспечивать расчет значений ПЭ для всего множества допустимыхстратегий. При использовании критерия оптимальности модель должнапозволять непосредственно определять параметры исследуемого объекта,дающие экстремальное значение ПЭ.

Таким образом, моделирования определяется как целью исследуемой операции, так и планируемым способом использования результатовисследования. Например, проблемная ситуация, требующая принятия решения,формулируется следующим образом: найти вариант построениявычислительной сети, который обладал бы минимальной стоимостью присоблюдении требований по производительности и по надежности. В этомслучае целью моделирования является отыскание параметров сети,обеспечивающих минимальное значение ПЭ, в роли которого выступает

стоимость.

Задача может быть сформулирована иначе: из нескольких вариантовконфигурации вычислительной сети выбрать наиболее надежный. Здесьв качестве ПЭ выбирается один из показателей надежности (средняя наработкана отказ, вероятность безотказной работы и т. п.), а целью моделированияявляется сравнительная оценка вариантов сети по этому показателю.

Приведенные примеры говорят о том, что сам по себе выбор показателяэффективности еще не определяет «архитектуру» будущей модели, посколькуна этом этапе не определена концептуальная модель исследуемой системы.

В целом при решении любой задачи построения модели основную роль играют следующие четыре элемента:

1) эксперимент;

2) модель;

3) показатели эффективности;

4) критерии принятия решений.

Необходимо должным образом определить перечисленные элементы ипонять их взаимосвязь, поскольку они оказывают большое влияние напроектирование системы и на планирование ее работы в целом. Критериипринятия решений позволяют выбрать наиболее эффективные параметрысистемы. Обычно этот процесс называется оптимизацией*.*

# Этапы построения математической модели - <https://old.math.tsu.ru/EEResources/math_mod_electron/text/1_08.html>

<https://it-inform.narod.ru/index/ehtapy_matematicheskogo_modelirovanija/0-41>

<https://blog.tutoronline.ru/matematicheskaja-model-osnovnye-jetapy-postroenija-matematicheskoj-modeli>

Построение математической модели — это процесс формализации реальной задачи или явления в математических терминах. Вот основные этапы:

**1. Постановка задачи**

Определение цели моделирования (что нужно изучить, предсказать или оптимизировать).

Формулировка условий и ограничений.

Выделение основных факторов и переменных.

**2. Анализ объекта моделирования**

Изучение закономерностей, связей и механизмов процесса.

Определение существенных и несущественных факторов.

Упрощение реальной системы для работы с моделью.

**3. Формализация (переход к математическим соотношениям)**

Запись зависимостей между переменными в виде уравнений, функций, неравенств и т. д.

Выбор типа модели:

Детерминированная (точные соотношения) или стохастическая (учёт случайностей).

Линейная или нелинейная.

Динамическая (зависимость от времени) или статическая.

**4. Идентификация параметров**

Определение коэффициентов модели на основе экспериментальных данных или теоретических расчётов.

Использование методов регрессии, оптимизации и статистики.

**5. Проверка адекватности модели**

Сравнение результатов моделирования с реальными данными.

Оценка погрешностей (критерии согласия, статистические тесты).

Корректировка модели при необходимости.

**6. Решение математической задачи**

Аналитическое или численное решение уравнений.

Использование вычислительных методов (Численные методы, Монте-Карло, МКЭ и др.).

**7. Анализ результатов и интерпретация**

Проверка физической осмысленности результатов.

Выводы и рекомендации для практического применения.

**8. Уточнение и развитие модели (при необходимости)**

Усложнение модели (учёт дополнительных факторов).

Переход к более точным или специализированным моделям.

Каждый этап может потребовать итеративного подхода — возврата к предыдущим шагам для улучшения модели.

# 10. Принципы и структура системного анализа.- <https://elenagavrile.narod.ru/TPR/Lekcciya_24.pdf>