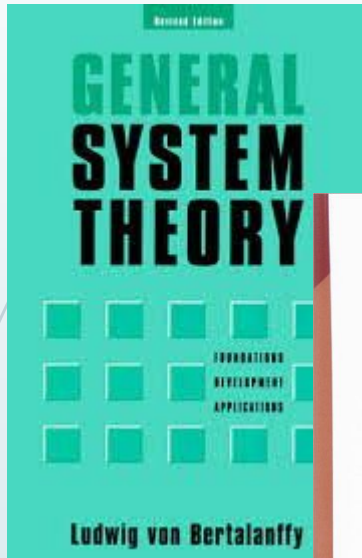



# Общая теория систем (и системный анализ)

## Введение в предмет





## Содержание лекции:

1. Причины возникновения общей теории систем.
  2. Предмет теории систем. Определение системы.
  3. Основные понятия и закономерности теории систем.
  4. Примеры классификации систем.
- 

С понятием **«система»** человек постоянно сталкивается как в научных исследованиях и при решении сложных практических задач, так и на бытовом уровне, в повседневной жизни. Системы окружают нас повсюду.



Потребность в использовании термина «система» возникает в тех случаях, когда нужно подчеркнуть, что что-то является большим, сложным, не полностью сразу понятным, при этом целым, единым. В отличие от понятий «множество», «совокупность» понятие системы подчёркивает упорядоченность, целостность, наличие структуры, закономерностей построения, функционирования и развития.



# Примеры систем:

1. Солнечная система.
2. Система линейных уравнений
3. Нервная система человека.
4. Система водоснабжения города.
5. Система управления организацией.
6. Автоматизированная система учета.

И т. д.

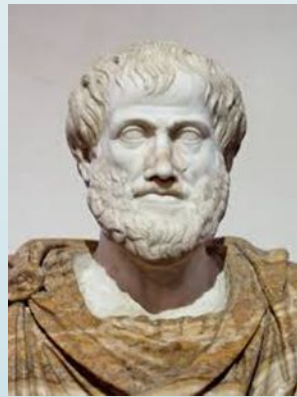


# 1. Причины возникновения общей теории систем (ОТС)

Первобытный человек, взаимодействуя со своим природным и социальным окружением, уже был способен к системному мышлению, когда он выбирал место для жилища (стоянки), разрабатывал «сценарий» будущей охоты, планировал переселение или выбирал вождя племени.



Первые научные и документально оформленные представления о системах возникли в античной философии, выдвинувшей онтологическое истолкование системы как упорядоченности и целостности бытия. Ещё в древнегреческой науке (Евклид, Платон, Аристотель, стоики) разрабатывалась идея **системности знания** (аксиоматическое построение логики, геометрии).



Аристотель: «Целое больше суммы своих частей».

Система (по древнегречески *σύστημα*) – дословно: целое, составленное из частей; соединение. Одно из кратких ее определений: **система – множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определённую целостность, единство.**

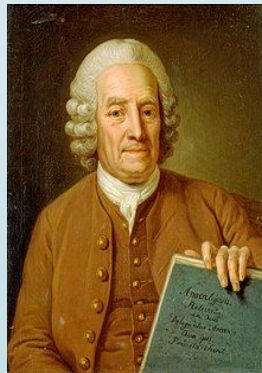


**Система аксиом Евклида** изложена в его основном труде - «Началах» (в латинизированной форме — «Элементы») и содержит систематическое изложение планиметрии, стереометрии и ряда вопросов теории чисел. В ней он подвёл итог предшествующему развитию древнегреческой математики и создал фундамент дальнейшего развития математики.


Например, **геометрия в «Началах» строится как выводная система знаний**, в которой все предложения последовательно выводятся одно за другим по цепочке, опирающейся на небольшой набор начальных утверждений, принятых без доказательства (постулатов или аксиом). Согласно Аристотелю, такие начальные утверждения «должны иметься, так как цепочка вывода должна где-то начинаться, чтобы не быть бесконечной».



Идеи и представления о системности бытия, появившиеся у античных авторов, продолжили развиваться как в концепциях средневековых философов и далее – в трудах Б. Спинозы и Г. Лейбница, в построениях научной систематики 17—18 вв., стремившейся к естественной (а не теологической) интерпретации системности мира (пример: классификация растений К. Линнея). Согласно И. Канту, **«научное знание есть система, в которой целое главенствует над частями»**. Ф. Шеллинг и Г. Гегель трактовали **системность познания как важнейшее требование диалектического мышления.**



В буржуазной философии 2-й половины XIX и начала XX вв. при общем идеалистическом решении основного вопроса философии содержатся постановки, а в отдельных случаях и решения некоторых **проблем системного исследования** – специфики теоретического знания как системы (неокантианство), особенностей целого (холизм, гештальтпсихология), методов построения логических и формализованных систем (неопозитивизм). В противовес этому, в марксистской философии основой исследования систем являются принципы материалистической **диалектики** – всеобщей связи явлений, развития, противоречия и др. (К. Маркс и Ф. Энгельс). Важный вклад в становление системных представлений внес в начале XX в. А.А. **Богданов**, предложивший всеобщую организационную науку – **тектологию**.



Со 2-й половины XIX в. началось интенсивное проникновение понятия системы в различные области конкретно-научного знания. Немаловажное значение для этого имело создание **эволюционной теории Ч. Дарвина**, появление **периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева**, возникновение и развитие **теории относительности, квантовой физики**, и т. п. Актуальной становится задача строгого определения понятия системы и разработки методов анализа систем, которая полностью не решена до сих пор. В 40—50-х гг. XX в. для удовлетворения потребностей энергетики, инженерных дисциплин, электроники и кибернетики продолжились интенсивные исследования в этом направлении.





## □ Потребность в ОТС:

- потребность в языке междисциплинарного обмена знаниями
  - физика - химия - биология (начало XX в.)
  - экономика - социология - психология (середина XX в.)
  - экономика - биология - термодинамика (конец XX в.)
  - Сложные инженерные проекты

До XX в. в качестве междисциплинарного формализованного языка использовалась математика, но её средств оказалось недостаточно для эффективного переноса знаний между вышеуказанными дисциплинами.

## Предшественники и основоположники

**Александр Богданов** (Малиновский) →

«Тектология: всеобщая организационная наука»

**Владимир Бехтерев** → 23 универсальных закона  
(в природе и неорганическом мире)

**Владимир Вернадский** → Учение о биосфере

**Норберт Винер** → «Кибернетика, или управление  
и связь в животном и машине»

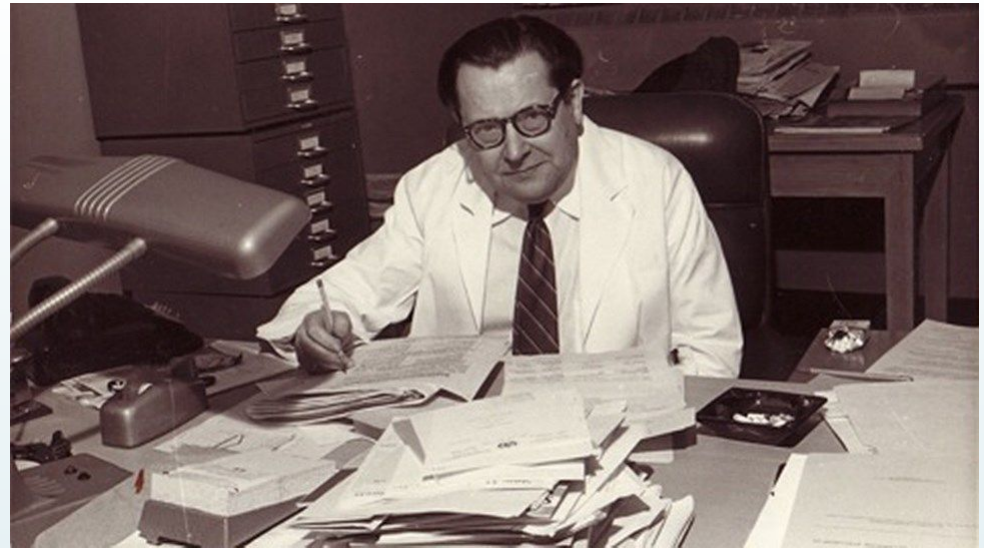
**Уильям Росс Эшби** (автор закона необходимого  
разнообразия) → «Введение в кибернетику»

**Л.ф. Берталанфи** → «Общая теория систем»




Александр Богданов предложил идею создания новой научной дисциплины — **тектологии**, в которой предвосхитил некоторые положения кибернетики и системной теории. Проект был опубликован в 1920-х годах в одноимённой трёхтомной работе, которая осталась непонятой и непризнанной современниками. Автор объясняет процессы развития природы и общества на основе **принципа равновесия**, согласно которому *все развивающиеся объекты природы и общества представляют собой целостные образования, или системы, состоящие из многих элементов*. В работе впервые сформулированы основные положения системного подхода и теории самоорганизации систем.

## Людвиг фон Берталанфи (1901-1972)



Австрийский биолог-теоретик - автор обобщенной системной концепции под названием «Общая теория систем», ряд положений которой выражались иными терминами, но по содержанию были близки положениям тектологии А. А. Богданова. В 30-х годах XX века Л. ф. Берталанфи ввёл понятие **«открытых систем» (системы, способные обмениваться с окружающей средой веществом, энергией, информацией)**, которые – в отличие от «закрытых систем», изучаемых классической физикой, подпитываются потоком материи и энергии из окружающей среды. В 70-х годах XX века математические модели подобных системы были предложены И.Р. Пригожиным и другими исследователями. Кроме этого, Л. Ф. Берталанфи выделял два важных аспекта исследуемых систем - их организованность и многообразие типов связи.

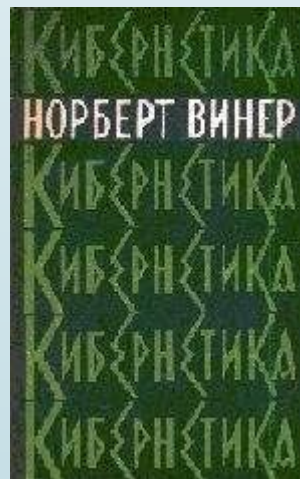




Л. Берталанфи достаточно четко сформулировал **проблему построения общей теории систем**. Для этого необходимо: **во-первых, сформулировать общие принципы и законы поведения систем** безотносительно к их специальному виду и природе составляющих их элементов и строгим законам в нефизических областях знания; **во-вторых, заложить основы для синтеза научного знания** в результате выявления изоморфизма законов, относящихся к различным сферам деятельности.

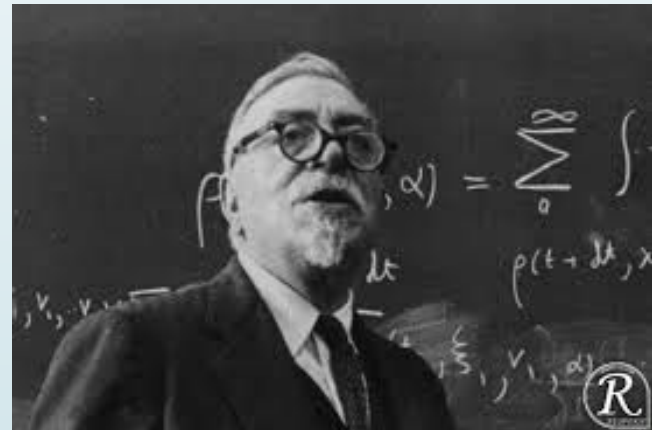
Идеи Берталанфи привлекли внимание международной научной общественности, а идеи Богданова оказались невостребованным потенциалом науки. Это тот, почти библейский случай, когда идеи, как зерна: одни упали на неподготовленную почву, а другие — на благодатную.

Одним из результатов Второй мировой войны было развитие ряда научно-технических направлений исследований. Среди них – **кибернетика** и **исследование операций**, оказавшие большое влияние на становление теории систем. Появлению данных отраслей знания способствовали исследования и разработки по расчету и автоматизации действия зенитных установок. Интеграция этих научно-технических направлений в основной состав общей теории систем обогатила и разнообразила её содержание.



«Отец кибернетики» – **Норберт Винер** во время второй мировой войны работал над математическим аппаратом для систем наведения зенитного огня (предложил детерминированные и стохастические модели по организации и управлению американскими силами противовоздушной обороны). Он разработал новую действенную вероятностную модель управления силами ПВО.

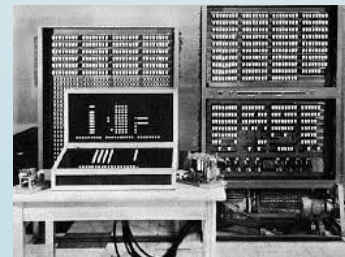
Свой наиболее известный труд «**Кибернетика**» он опубликовал в 1948 году. Полное название главной книги Винера выглядит следующим образом **«Кибернетика, или управление и связь в животном и машине»**.



Термин «кибернетика» появился еще в Древней Греции. Изначально им обозначали искусство кормчего. В переносном смысле он стал использоваться для обозначения искусства государственного деятеля, управляющего городом. В этом смысле он, в частности, используется Платоном в «Законах».

**Объектом кибернетики являются все управляемые системы.** Системы, не поддающиеся управлению, в принципе, не являются объектами изучения кибернетики. Кибернетика вводит такие понятия, как кибернетический подход, кибернетическая система. **Кибернетические системы** рассматриваются абстрактно, вне зависимости от их материальной природы. Примеры кибернетических систем — автоматические регуляторы в технике, ЭВМ, человеческий мозг, биологические популяции, человеческое общество.

**В современном значении этот термин чаще используется применительно к управлению сложными техническими системами.** Отчасти, она трансформировалась в **системотехнику** (раздел информатики, изучающий проблемы проектирования, разработки и эксплуатации сложных технических и компьютерных систем).



## 2. Предмет теории систем.

### Определение системы

- Предмет теории систем - системы произвольной природы.
- Общепринятого определения системы нет и (по всей видимости) не может существовать. Имеющиеся определения отличаются степенью общности и границами применимости.
- Одно из определений: **Система** – это множество составляющих единство элементов, их связей и взаимодействий между собой и между ними и внешней средой, образующее присущую данной системе целостность, качественную определённость и целенаправленность.
- Понятие системы происходит от древнегреческого корня, обозначающего сочетание, организм, организацию, союз (дословно – «составленное из частей»); подразумевается порядок, присущий именуемому явлению, объекту


□ Другие определения:

□ *Берталанфи*: система - комплекс элементов, находящихся во взаимодействии

□ *Холл, Фейджин*: система - множество объектов вместе с отношениями между объектами и между их атрибутами

□ *Получившее наибольшее распространение*: система — это совокупность взаимосвязанных и целесообразно взаимодействующих элементов






**Общая теория систем** — это междисциплинарная наука, изучающая фундаментальные понятия и аспекты систем, отвлекаясь от их конкретной природы и основываясь на формальных взаимосвязях между составляющими их факторами, а также на характере изменений их под влиянием внешних условий.

В настоящее время развивается в направлениях:

- системология;
- системотехника;
- системный анализ.



Предмет теории систем – системы, а также методы создания, изучения и развития систем.

Задачи теории систем:

– Развитие системных концепций общего характера. Построение обобщенных концептуальных моделей систем различных классов.

– Разработка общих принципов организации и логико-математического аппарата для системных исследований.

– Создание различных частных теорий систем.



# *Эволюция представлений о системе*

**Главное в определении системы –  
наличие элементов и связей**



**+ окружающая среда**




**+ цель**



**+ наблюдатель**

# Родственные дисциплины:





Под **системным подходом** понимается совокупность методов и средств, позволяющих исследовать свойства, структуру и функции интересующих нас объектов и процессов в целом, представив их в качестве систем.

*Он позволяет:* выделить **общее** в объектах различной природы, выбрать подходящий **метод** принятия решения, дать адекватное информационное **описание** (характеристику видов, оценку объемов информации об объекте исследования, смоделировать способы информационного обмена между ним и окружением), учесть существующие неопределенности и риски, спрогнозировать и объяснить **результат** исследования.

Термин "**системный анализ**" является не совсем корректным переводом появившегося в 60-х годах в США термина "system analysis" для обозначения техники анализа сложных систем. Системный анализ в современном понимании – это синтез идей и принципов общей теории систем, кибернетики с возможностями современной вычислительной техники. Он имеет своим предметом изучение и моделирование объектов сложной природы (систем) с учетом их организации, т.е. взаимосвязи отдельных частей.

Согласно определению Л.ф. Берталанфи, "**системный анализ - это формализованный здравый смысл.**"



RAND (англ. РЭНД - аббревиатура от Research and Development - «Исследования и разработка») — американская некоммерческая организация, которая выполняет функции стратегического исследовательского центра, работающего по заказам правительства США, их вооружённых сил и связанных с ними организаций.

**Системный анализ** – это прикладное направление теории систем, чьи принципы и методы используются, когда:

- а) существует большая начальная *неопределенность* проблемной ситуации;
- б) необходимо уделить много внимания и времени *постановке задачи* (как качественной, так и формальной);
- в) используются основные *понятия и закономерности теории систем*;
- г) возможно как *единоличное*, так и *коллективное принятие решения*;
- д) немаловажным оказывается процесс исследования целеобразования и особенности постановки *целей*.

Если кратко, системный анализ является прикладной дисциплиной, призванной выработать практические рекомендации для решения возникающих проблем.



Системный анализ в современном понимании – это синтез идей и принципов общей теории систем, кибернетики с возможностями современной вычислительной техники. Он имеет своим предметом изучение и моделирование объектов сложной природы (систем) с учетом их организации, т.е. взаимосвязи отдельных частей.

## Определение системного анализа

- ◆ *Системный анализ* — это кибернетика без математики, формализованный здравый смысл, предпроектная стадия в разработках и предмодельная стадия в научных исследованиях.
- ◆ Известный русский ученый Н. В. Тимофеев-Ресовский дал такое определение: «**Системный анализ, это когда сначала думают, а потом делают**».
- ◆ *Системный анализ* – совокупность методологических средств, используемых для подготовки и обоснования решений по сложным проблемам экономического, политического, социального и военного характера.
- ◆ *Системный анализ* – методика улучшающего вмешательства в проблемную ситуацию.

Системный анализ предоставляет к использованию в различных науках, системах следующие **общесистемные методы и процедуры:**

1. абстрагирование и конкретизация;
2. обобщение;
3. анализ и синтез, индукция и дедукция;
4. композиция и декомпозиция;
5. линеаризация и выделение нелинейных составляющих;
6. структурирование и реструктурирование;
7. макетирование;
8. алгоритмизация;
9. моделирование и эксперимент;
10. распознавание и идентификация;
11. кластеризация и классификация;
12. экспертное оценивание и тестирование;
13. классификация;
14. верификация и т.д.




# 3. Основные понятия теории систем





## Замечание

Рассматриваемые ниже понятия, с помощью которых мы получаем представление о системе, о ее составе, устройстве, особенностях функционирования, тесно связаны между собой и, по мнению ряда ученых (в том числе Л. фон Берталанфи), **не могут быть определены независимо, а определяются одно через другое,** уточняя друг друга. Поэтому принятую в лекции последовательность изложения понятий следует считать условной.



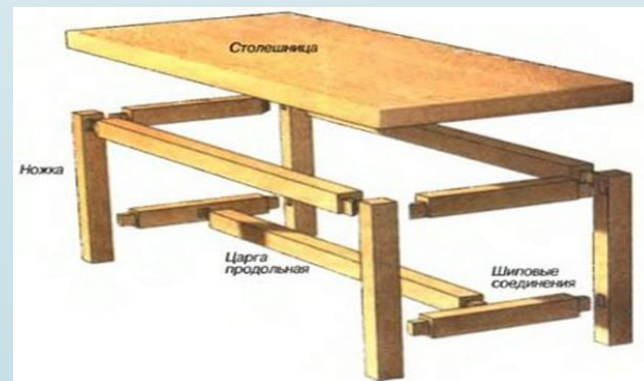
Представленный ниже список понятий может быть отнесен в той или степени к **любой системе**, независимо от ее происхождения. Обыденная их трактовка (**понятия используются очень часто!**) не всегда совпадает с их значением как специальных терминов системного описания и анализа объектов. Общим для них является то, что все они **помогают** уточнять представление о системе, **изучать и описывать системы.**

# Понятия, характеризующие строение систем

**1) Элементы** – всякие, условно неделимые и самостоятельно функционирующие части системы.

Другое определение: **Элемент** – предел деления системы с точки зрения поставленной цели, решаемой задачи.

**Пример:** С точки зрения столяра, изготавливающего табурет, табурет можно разделить на ножки, сиденье, боковые части, фурнитуру. С точки зрения физика – на молекулы, атомы. В таком случае сиденье и ножки будут рассматриваться как подсистемы.



В системе управления предприятием элементами можно считать *подразделения* аппарата управления, а можно – каждого *сотрудника* или каждую *операцию*, которую он выполняет. С непониманием этой проблемы была связана типичная ошибка при обследовании существующей системы управления как первой стадии разработки АСУ: инженеры в соответствии со своим подходом обеспечения полноты подвергали анализу все документы, вплоть до реквизитов, что существенно затягивало работу, в то время как для разработки технического задания на создание АСУП такой детализации не требовалось. Поэтому иногда и говорят, что элемент – это предел членения системы с точки зрения аспекта рассмотрения, решения конкретной задачи.

The screenshot displays three database tables in a windowed application. The top table, 'СОТРУДНИКИ\_1 : таблица', contains 15 records with columns for employee ID, name, birth date, address, phone, position, and salary. The middle table, 'СОТРУДНИКИ : таблица', contains 10 records with columns for employee ID, name, position, and salary. The bottom table, 'ЛИЧНЫЕ\_ДАННЫЕ : таблица', contains 10 records with columns for employee ID, birth date, address, and phone. Arrows indicate that data from the top table is used to populate the middle table, and data from the middle table is used to populate the bottom table.

КодСотрудн	Фамилия	Имя	Отчество	ДатаРождени	Адрес	Телефон	Должность	Оклад	ДатаНазн
1	Алексеев	Иван	Иванович	12.12.1976	ул. Мурысева	24-68-86	инженер	4 400,00р.	11.12
2	Алехин	Игорь	Иванович	12.12.1976	ул. Ярославски	24-68-87	инженер	8 800,00р.	11.12
4	Зотова	Ирина	Андреевна	12.12.1976	ул. Лесная 34	24-68-88	инженер	3 300,00р.	13.01
5	Иванов	Иван	Иванович	12.12.1976	ул. Ярославски	24-68-89	бухгалтер	4 400,00р.	26.09
6	Петров	Петр	Петрович	12.12.1976	ул. Гидростро	24-68-90	бухгалтер	11 000,00р.	31.12
7	Сафронов	Игорь	Трофимович	12.09.1976	ул. Ярославски	24-68-91	инженер	3 600,00р.	01.01
8	Сидоров	Иван	Олегович	15.12.1976	ул. Матросова	24-68-92	менеджер	5 500,00р.	02.06
9	Булкин	Алексей	Игоревич	15.12.1976	ул. Матросова	24-68-93	инженер	3 000,00р.	21.11
10	Хлебов	Олег	Олегович	15.12.1976	ул. Зелёная 54	24-68-94	инженер	4 500,00р.	30.03
15	Пирогов	Александр	Алексеевич	19.01.1976	ул. Ярославски	24-68-95	инженер	7 000,00р.	01.01

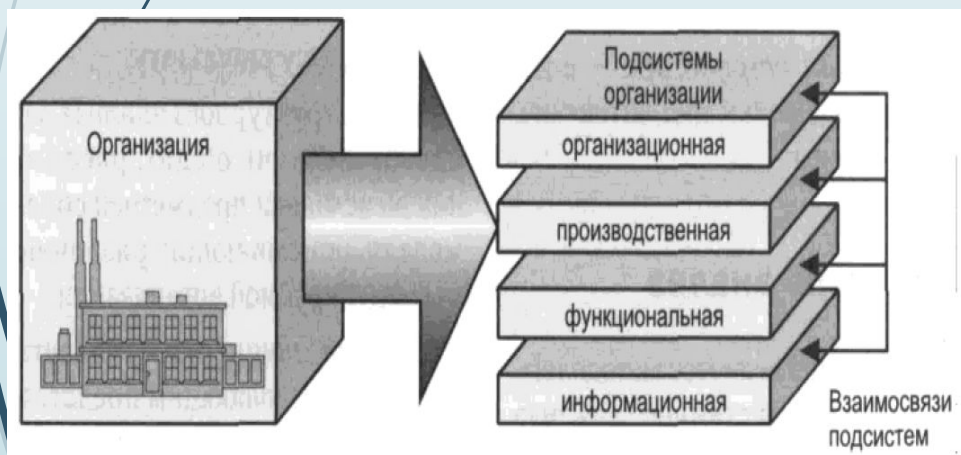
КодСотрудн	Фамилия	Имя	Отчество	Должность	Оклад	ДатаНазначения
1	Алексеев	Иван	Иванович	инженер	4 400,00р.	11.12.2005
2	Алехин	Игорь	Иванович	инженер	8 800,00р.	11.12.2005
9	Булкин	Алексей	Игоревич	инженер		
4	Зотова	Ирина	Андреевна	инженер	3 300,00р.	
5	Иванов	Иван	Иванович	бухгалтер	4 400,00р.	
6	Петров	Петр	Петрович	бухгалтер	11 000,00р.	
15	Пирогов	Александр	Алексеевич	инженер	7 000,00р.	
7	Сафронов	Игорь	Трофимович	инженер	3 600,00р.	
8	Сидоров	Иван	Олегович	менеджер	5 500,00р.	
10	Хлебов	Олег	Олегович	инженер	4 500,00р.	

КодСотрудн	ДатаРождени	Адрес	Телефон
1	01.02.1980	ул. Мурысева 45 - 59	24-68-86
2	12.12.1981	ул. Ярославская 56 - 98	24-68-87
4	12.12.1976	ул. Лесная 34 - 21	24-68-88
5	12.12.1982	ул. Ярославская 56 - 98	24-68-89
6	12.12.1976	ул. Гидростро	24-68-90
7	12.09.1987	ул. Ярославская 56 - 98	24-68-91
8	15.12.1986	ул. Матросова 76 - 43	24-68-92
9	15.12.1966	ул. Матросова 76 - 43	24-68-93
10	15.12.1956	ул. Зелёная 54 - 34	24-68-94

**Подсистема** – относительно независимая часть системы, имеющая собственную подцель, назначение.


Примеры: подразделения организации, виды обеспечения компьютерных систем.

**Компонент(та)** – совокупность относительно однородных элементов, объединённых общими функцией и ресурсом





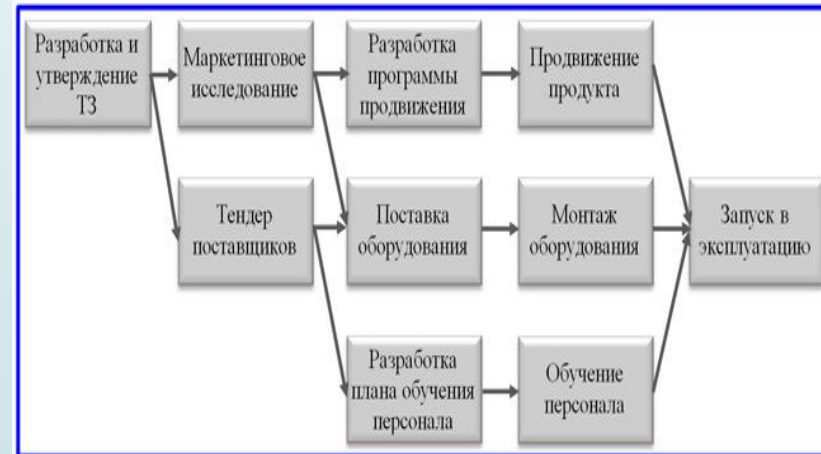
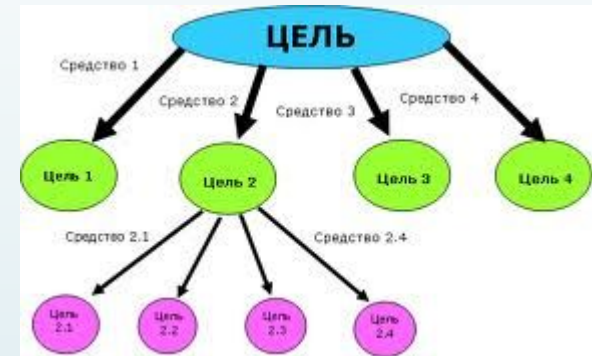
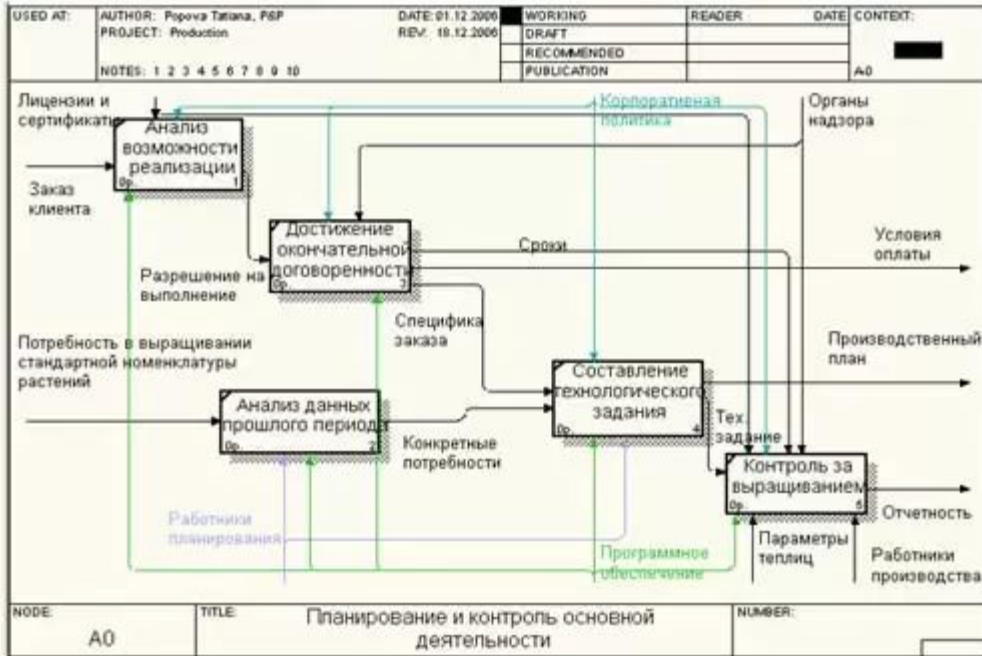
Пример: перечень подсистем организационной системы управления кадрами.



С понятием подсистемы тесно связан один из основных приемов исследования систем — декомпозиция. **Декомпозиция** — разделение целого на части (подсистемы, элементы). Также это **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.

# Декомпозиция как метод проектирования и разработки широко используется при решении практических задач.

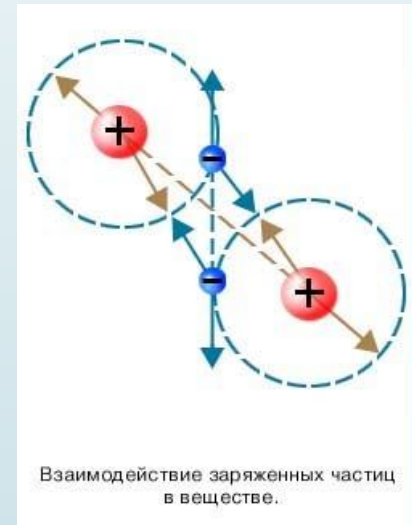
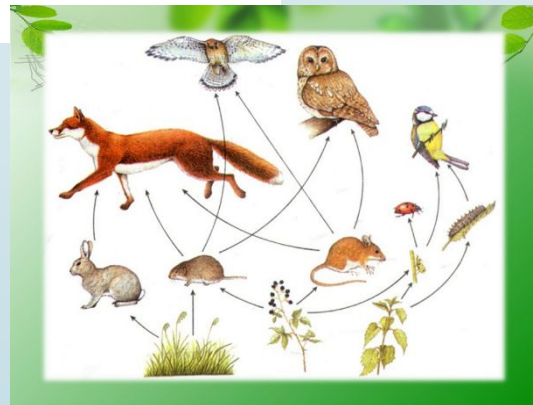
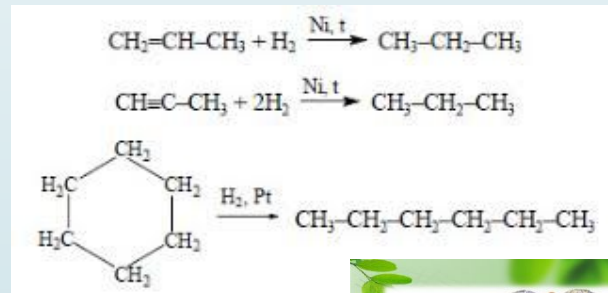




**Связь** – совокупность зависимостей свойств одного элемента от свойств других элементов системы.

Иногда определяют связь как **временную утрату** элементами некоторых их качеств, которыми они обладали бы вне системы.

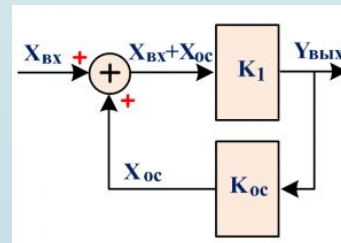
Примеры типов взаимосвязей: механические, физические, химические связи, биологические (межвидовые, внутривидовые, генетические), социальные, управленческие.



Среди взаимосвязей в системах существует важное разделение также на прямые и обратные. **Прямой связью** называют такую связь, при которой один элемент ( $A$ ) действует на другой ( $B$ ) без ответной реакции:  $A \rightarrow B$ . Пример: Солнце действует на все земные процессы.

В случае **обратной связи** элемент  $B$  отвечает на действие элемента  $A$  (демонстрирует отклик). Пример: отчеты сотрудников о проделанной работе.

Бывает **положительная и отрицательная** обратная связь. Они играют важную роль в природных процессах. Обратная положительная связь ведет к усилению процесса в одном направлении (поддерживает существующую тенденцию). В случае обратной отрицательной связи в ответ на действие элемента  $A$  со стороны элемента  $B$  возникает противоположная по направлению сила противодействия. Следовательно, положительная обратная связь усиливает действие входного сигнала, отрицательная — ослабляет.





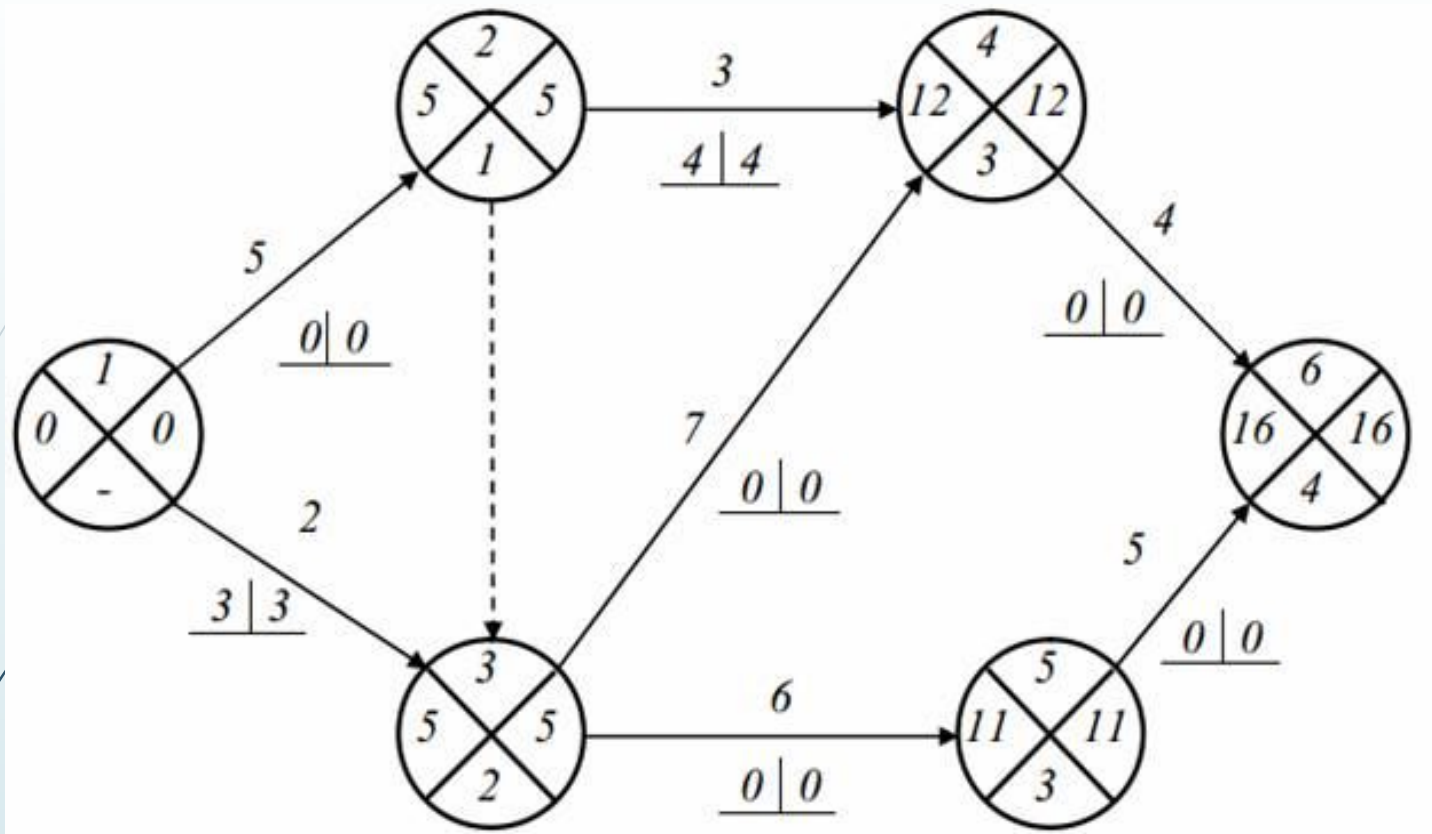
ПОМЕХИ

Схема взаимодействия объекта и субъекта управления

**Структура** – множество связей и элементов, которые играют наиболее важное значение при обеспечении энерго-, массо- и информационного обмена не только внутри самой системы, но и между нею и окружающей её средой. Это наиболее устойчивая совокупность элементов и связей системы во времени (пространстве).

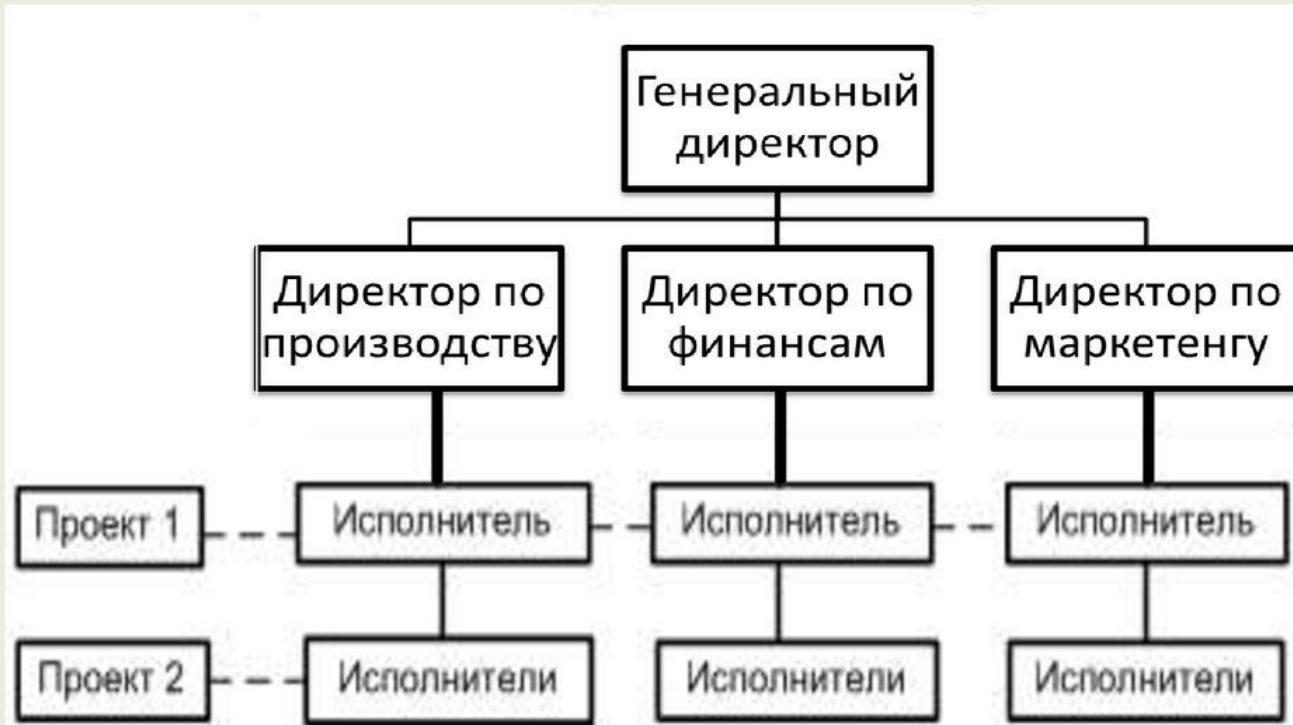
Примеры структур: линейная, централизованная, иерархическая, сетевая, матричная и др.



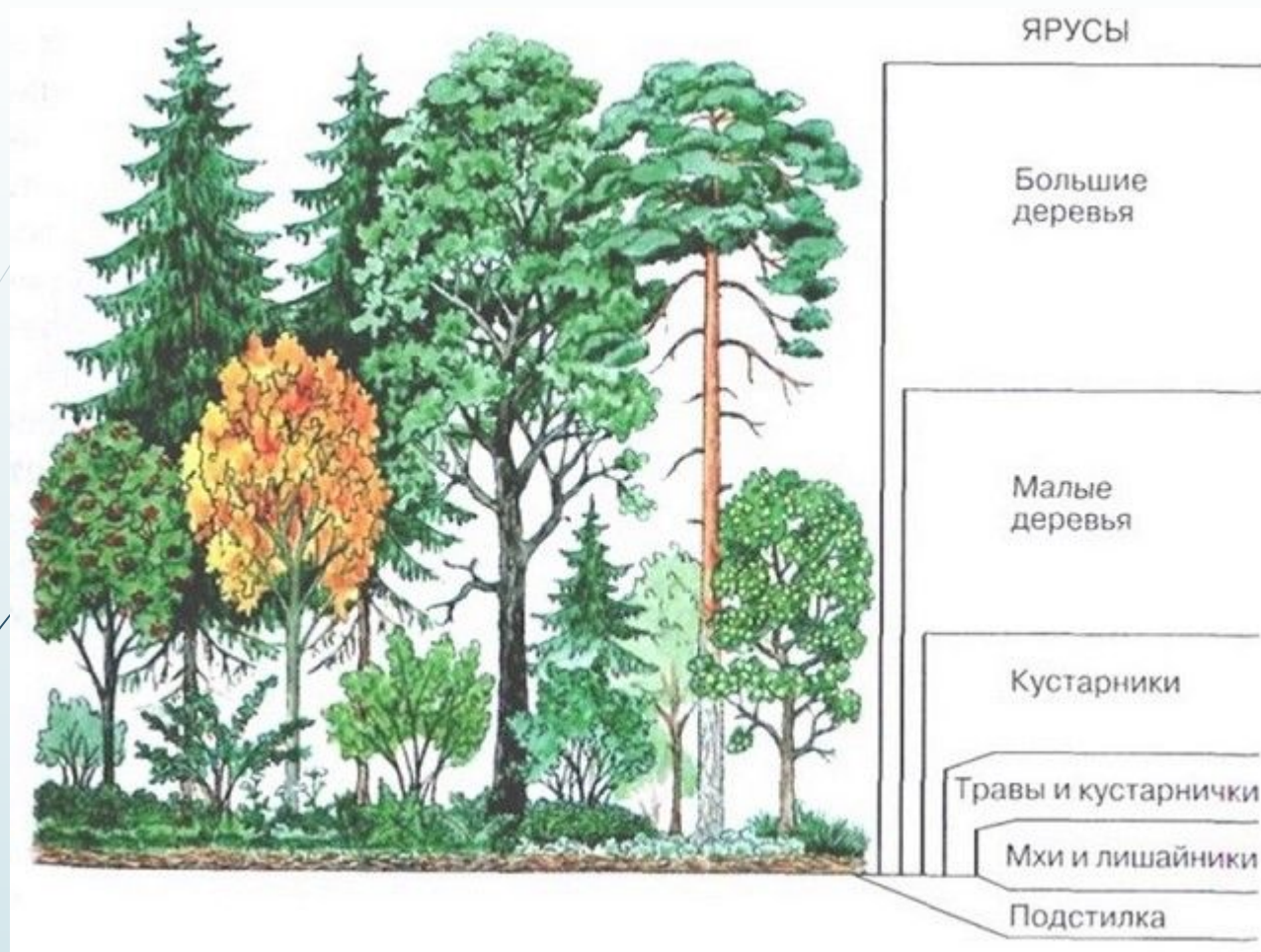


Пример сетевой структуры: сетевой график проекта.  
Стрелки – работы, кружки – события.

## Матричная структура управления

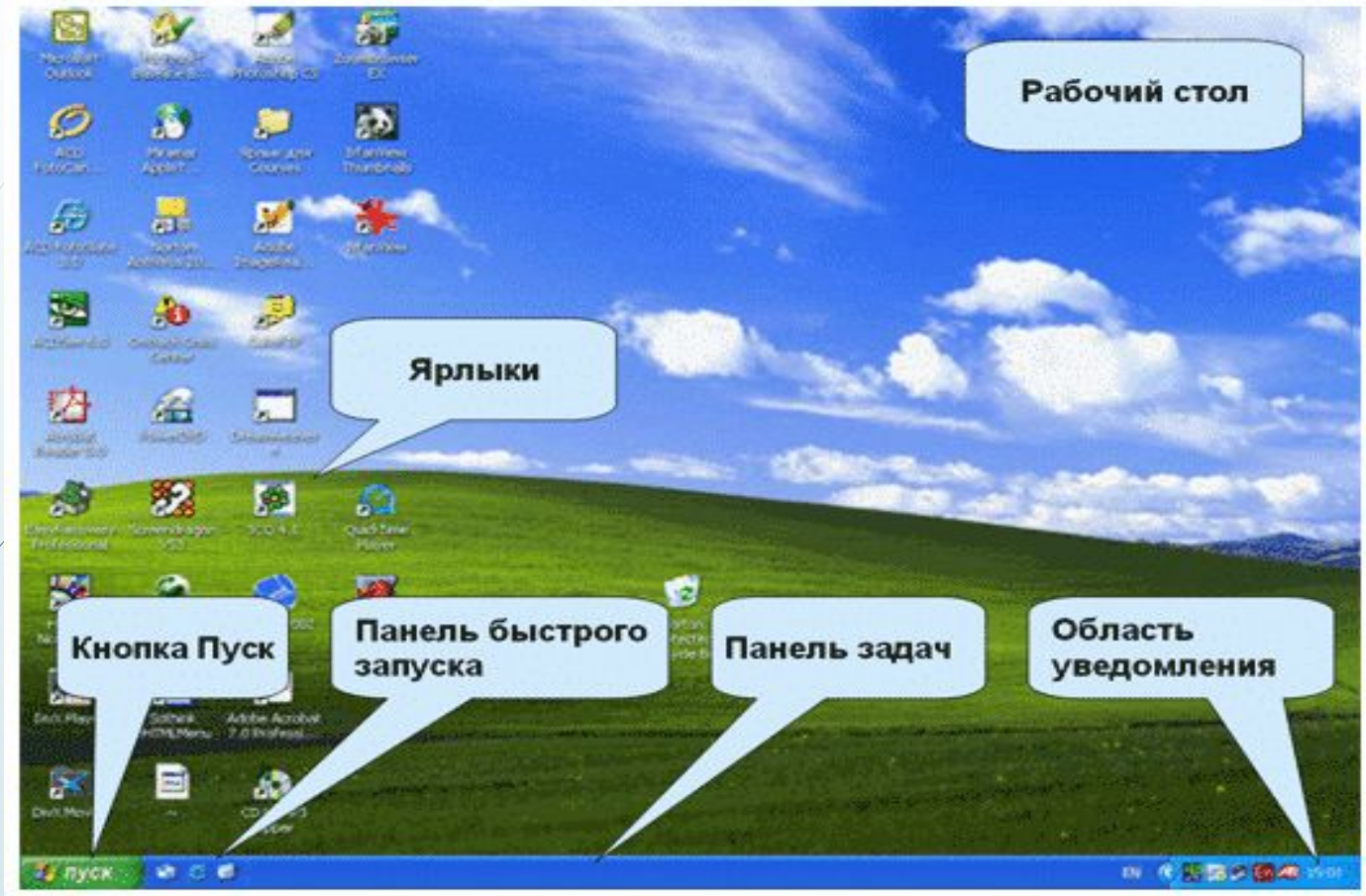


Пример смешанной (матрично-иерархической) структуры системы



## Пример. Пространственная структура биогеоценоза.

Все присутствующие в биогеоценозе популяции, распределяясь в соответствии со своими потребностями, их жизненными формами и условиями местообитания, создают своеобразное ярусное строение.




Пример. Структура «рабочего стола».



Следует помнить, что любая структура представляет собой некую «идеализацию» (формализацию, упрощение) реальной организационной системы, взаимосвязи между реальными элементами которой сложнее.





**Цель** – это желаемое состояние системы (или среды) или желаемый результат поведения системы, достижимый в пределах некоторого интервала времени.

Цель становится **задачей**, стоящей перед системой, если указан срок ее достижения и определены характеристики желаемого результата. Цель достигается в результате решения задачи или ряда задач, если она может быть подвергнута разделению на некоторую совокупность более простых (частных) подзадач. Это «идеальный» результат деятельности в будущем, ради которого создают и исследуют систему.

## Требования к целям:

- достижимость;
- понятность исполнителям (если таковые имеются);
- непротиворечивость;
- измеримость (качественно и/или количественно);
- обеспеченность ресурсами.

Цели зависят от: времени достижения, знаний и опыта руководителей и исполнителей, внешних обстоятельств и внутренних условий.





**Цель системы** может формироваться **двумя способами:**

1. Задаваться *извне* (внешние требования, потребности, мотивы, программы). В этом случае цель задается системой более высокого ранга.
2. Устанавливаться *внутри* системы согласно ее потребностям, мотивам, программе самой системы.

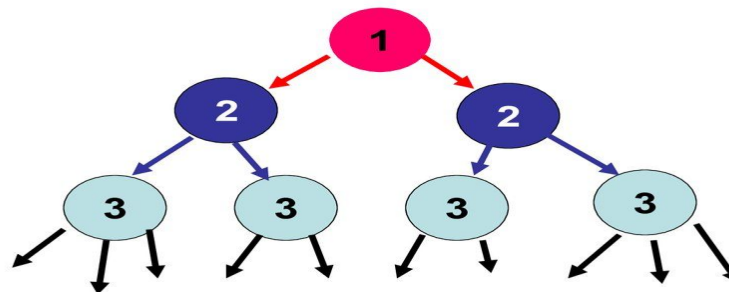
Большую популярность приобрели методы построения целевой модели в виде древовидного графа – **дерева целей**, вершиной которого становится генеральная цель, а ветвями – подцели, достижение которых обеспечивает достижение генеральной цели, и которые сами зависят от решения более «мелких» задач.

Дерево целей описывает упорядоченную иерархию в следующей последовательности:

**общая цель → подцели следующего уровня → задачи → задания → ...**

при необходимости разбивая достижение цели на нужное число уровней.

## ДЕРЕВО ЦЕЛЕЙ



Нижние уровни дерева целей объединяют задачи, представляющие собой конкретные мероприятия, проводимые определенным способом.

## Пример дерева целей



## \*Внешняя среда

Понятие возникает там и тогда, где и когда мы материально или умозрительно проводим замкнутую границу между неограниченным или некоторым ограниченным множеством элементов. Те элементы с их соответствующей взаимной обусловленностью, которые попадают внутрь, — образуют систему.

Те элементы, которые остались за пределами границы, образуют множество, называемое в теории систем **«системным окружением»** или просто **«окружением»**, или **«внешней средой»**.

Из этих рассуждений вытекает, что немислимо рассматривать систему без ее внешней среды. Система формирует и проявляет свои свойства в процессе взаимодействия с окружением, являясь при этом ведущим компонентом е «система» этого воздействия.

# *Понятия, характеризующие динамику систем*





**Состояние** – совокупность существенных свойств, которыми система обладает в конкретный момент времени.

Понятием «состояние» обычно характеризуют мгновенную фотографию, «срез» системы, остановку в её развитии. Примеры: состояние здоровья человека, состояние покоя материальной точки, состояние равномерного движения объекта, равновесное состояние экономики региона.



*Еще примеры:*

- **Из физики: агрегатное состояние физического вещества** (твердое тело – кристаллическое, стеклообразное, жесткое, гибкое; жидкость – вязкая, жидкая; газ; плазма).
- **Состояние головного мозга** (сон, бодрствование).
- **Положение тела человека** (сидит, лежит, ходит, бежит, стоит...).



В зависимости от того, изменяется ли состояние системы со временем, ее можно отнести к классу **статических** или **динамических** систем. **Статическая система** - это система, состояние которой практически не изменяется в течение определенного периода.

**Динамическая система** - это система, изменяющая свое состояние во времени. Причем, этот переход из одного состояния в другое совершается не мгновенно, а в результате некоторого процесса.

### Примеры.

1. Панельный дом (система из множества взаимосвязанных панелей) - статическая система.
2. Экономика любого предприятия - это динамическая система.



**Поведение** системы – это процесс последовательного изменения её состояний.

Если система способна переходить из одного состояния в другое (например,  $s_1 \rightarrow s_2 \rightarrow s_3 \rightarrow \dots$ ), то говорят, что она обладает поведением. При этом закономерности перехода из одного состояния в другое могут быть известны с разной степенью точности.

*Примеры:* пищевое поведение живых организмов (биология), поведение потребителя (маркетинг), организационное поведение при внедрении новых форм управление (менеджмент), поведение ребёнка (воспитание) и др.



В психологии используется термин - **коммуникативное поведение** - правила и традиции общения той или иной лингвокультурной общности в целом, некоторой группы носителей языка, объединенных по тому или иному признаку (составу общающихся, теме общения и т.д.), а также отдельного индивида. Существуют также понятия **социальное поведение, организационное поведение.**



**Пример.**

## **Типы поведения сотрудников при внедрении организационных изменений**

Отрицание, сопротивление

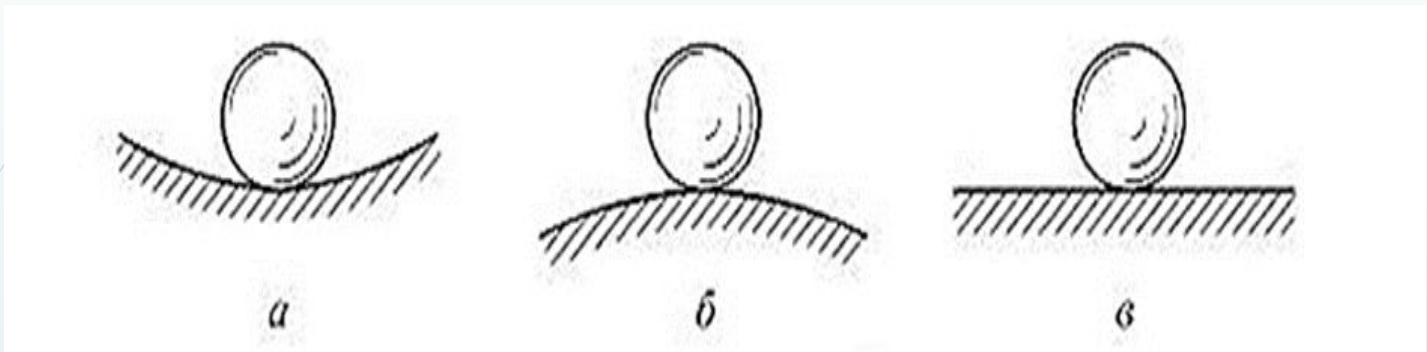
активное принятие,

приспособленчество.

**Равновесие** - это способность системы в отсутствии внешних возмущающих воздействий (или при постоянных воздействиях) сохранять своё состояние сколь угодно долго.


Примеры равновесий: механическое, химическое, термодинамическое, экономическое, в теории игр...





Из механики известны такие типы равновесия, как устойчивое (*a*), неустойчивое (*б*) и безразличное (*в*). Неустойчивыми обычно оказываются экономические (рыночные) равновесия.





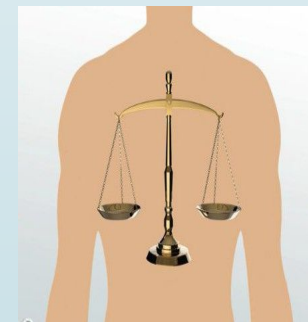
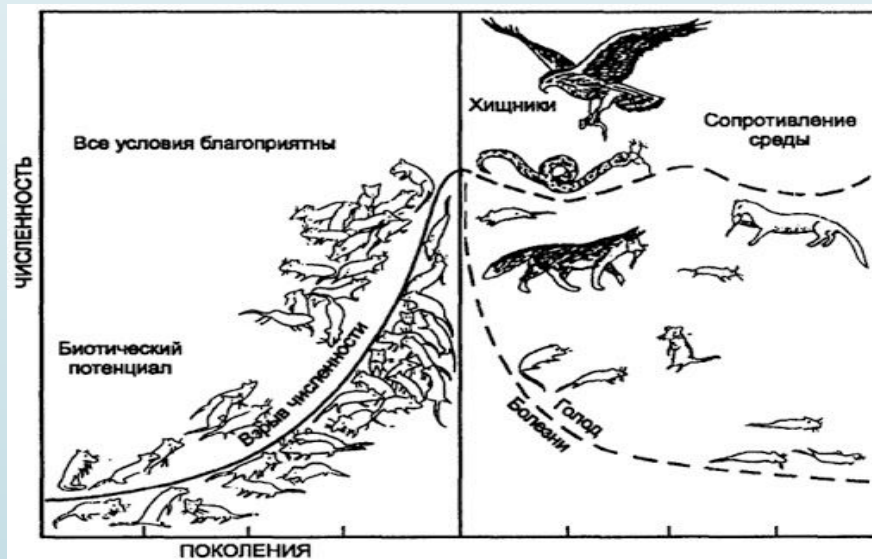
*Безразличное равновесие* - при малом отклонении тело остается в равновесии. Пример - катящееся по горизонтальной поверхности колесо. Если колесо остановить в любой точке, оно окажется в равновесном состоянии. Шар, лежащий на плоской горизонтальной поверхности, находится в состоянии безразличного равновесия.

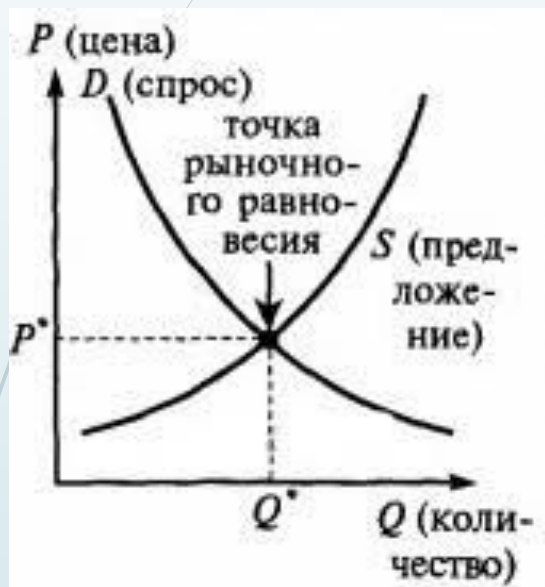
*Неустойчивое равновесие* - при малом отклонении тела из положения равновесия возникают силы, стремящиеся увеличить это отклонение. Шар, находящийся в верхней точке сферического выступа, - пример неустойчивого равновесия .

*Устойчивое равновесие* - если при малых отклонениях тела от этого состояния возникают силы или моменты сил, стремящиеся вернуть тело в равновесное состояние. Шар, находящийся на дне сферического углубления находится в состоянии устойчивого равновесия.


В биологии обычно используется понятие гомеостаз. **Гомеостаз** - саморегуляция, способность открытой системы сохранять постоянство своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия. Стремление системы воспроизводить себя, восстанавливать утраченное равновесие, преодолевать сопротивление внешней среды. При этом вся внутренняя, структурная и функциональная организация живой системы способствует сохранению баланса.

Гомеостаз популяции - способность популяции поддерживать определённую численность своих особей длительное время.





**Экономическое равновесие** - состояние экономики, при котором произведенная продукция реализована, а спрос удовлетворен в условиях, когда имеющиеся трудовые ресурсы и производственные мощности используются в полном объёме, а нарушаемые пропорции быстро восстанавливаются. Экономическое равновесие характеризует состояние, в котором экономические силы сбалансированы и, в отсутствие внешних воздействий (катаклизмов, катастроф, войн ...). Его разновидность - **рыночное равновесие** - ситуация на рынке, когда спрос на товар равен его предложению. Объём продукта и его цену в такой ситуации называют равновесными.

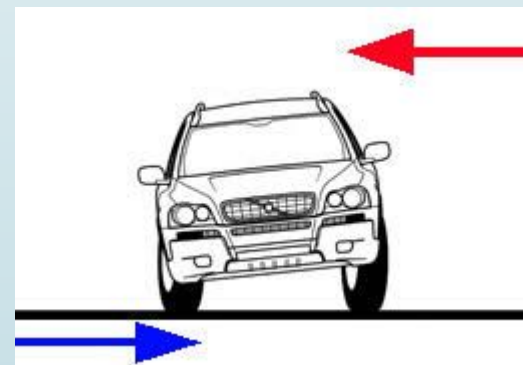


**Устойчивость** – это способность системы возвращаться в состояние равновесия после того, как она была из этого состояния выведена под влиянием внешних (а в системах с активными элементами – и внутренних) возмущающих воздействий.

В математике и физике устойчивость выражается ответом на малое возмущение системы, находящейся в механическом равновесии. При решении дифференциальных уравнений и их систем различают асимптотическую устойчивость, устойчивость по Ляпунову, экспоненциальную устойчивость. В теории оптимального управления устойчивость характеризуется определенной реакцией динамической системы на внешние воздействия. В численном анализе и методах приближенных вычислений устойчивость показывает, каким образом алгоритм связан с ошибками в вычислениях.

В настоящее время не существует четкой классификации видов устойчивости. Например, с позиций системного подхода для предприятия можно рассматривать следующие **виды устойчивости**:

устойчивость техники;  
технологическую устойчивость;  
организационную устойчивость;  
устойчивость внешних связей;  
социально-психологическую устойчивость;  
финансовую устойчивость;  
экологическую устойчивость;  
организационно-экономическую устойчивость;  
устойчивость работы персонала  
коммуникационную устойчивость;  
инновационную устойчивость;  
структурную устойчивость и т.п.

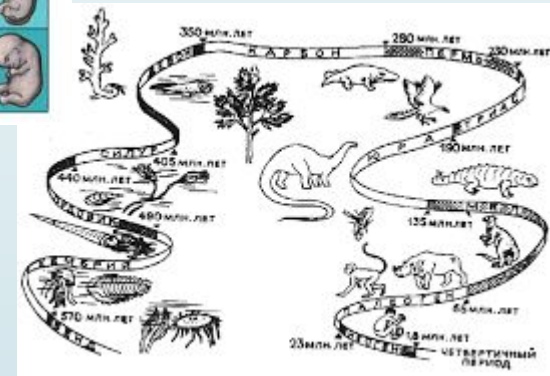


## Чем полезна устойчивость?

Если внешнее воздействие на систему слишком сильно, и в результате она не может оставаться в своих границах, то система может перестать существовать или демонстрировать несвойственное ей до этого поведение. Устойчивая система предсказуема, управляема, стабильна, другими словами, она может «хорошо работать». Такие системы «удобны» при прогнозировании их поведения, использования как в практической, так и в исследовательской деятельности. В то же время, временная потеря устойчивости самоорганизующейся системой – не всегда негативное явление («выход из зоны комфорта»).

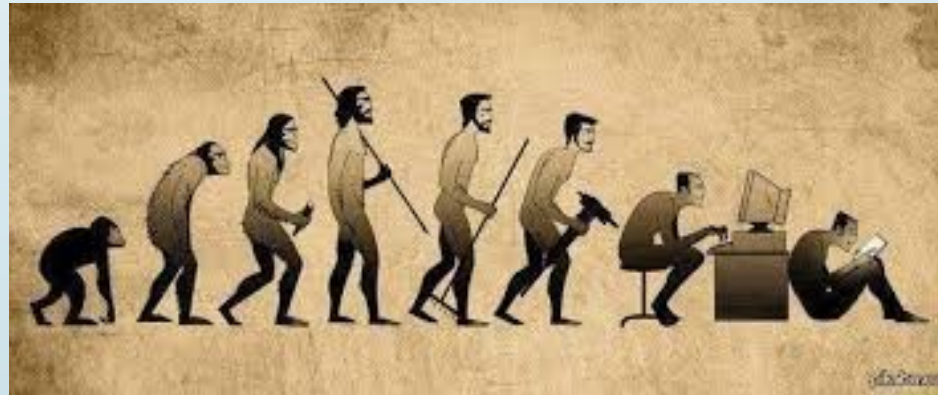


**Развитие** — это последовательное, направленное (и часто — необратимое) изменение состояний системы от некоторого зафиксированного момента времени.



Часто термин «развитие» употребляется в позитивном смысле. Для того, чтобы подчеркнуть «негативность» изменений в системах, можно использовать понятия *деградация, спад, регресс*.

Деградация — процесс ухудшения характеристик какого-либо объекта или явления с течением времени, постепенное ухудшение, упадок, снижение качества, разрушение материи вследствие внешнего воздействия по законам природы и времени. Деградация часто противопоставляется прогрессу.

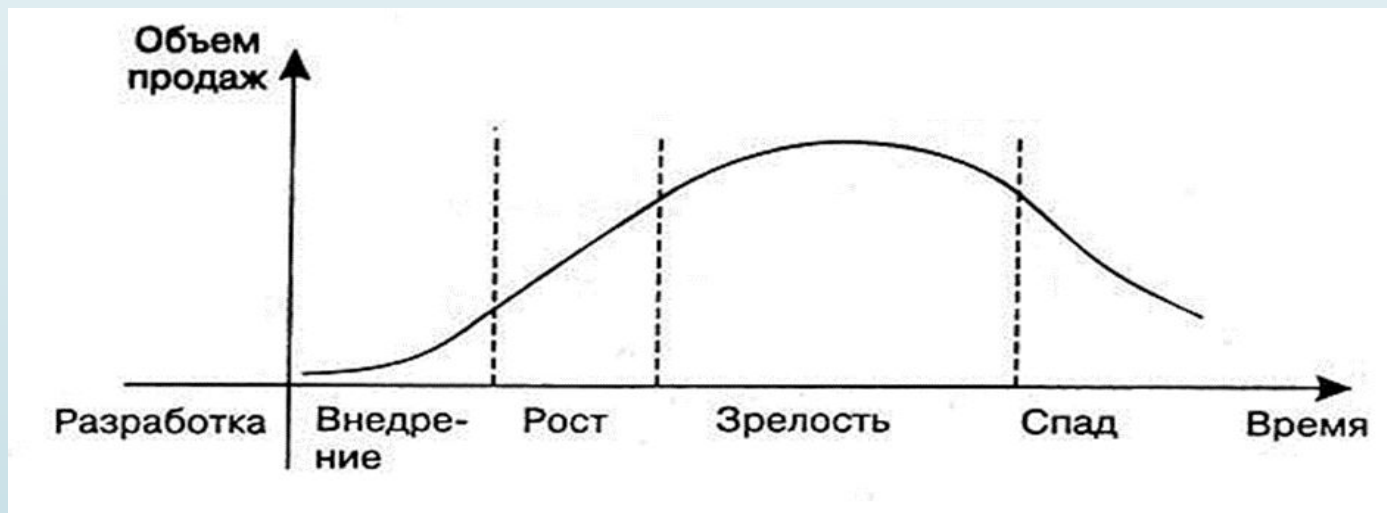




Развитие может быть эволюционным и революционным. В социальных системах широко используется понятие **эволюции** как синонима развития. Обычно эволюционное развитие трактуется, как процесс, который ведет к усложнению, дифференциации, повышению уровня организации системы (хотя бывает и наоборот, но в негативном смысле чаще используются такие термины, как деградация, спад, регресс). Эволюция в узком смысле включает лишь постепенные количественные изменения, противопоставляемые качественным изменениям, т. е. **революции**.

Революция – это изменение во внутренней структуре системы, которое становится связующим звеном между двумя эволюционными стадиями в развитии системы, это коренное качественное изменение, т. е. скачок.

**Жизненный цикл** - это совокупность всех стадий процесса, охватывающих различные состояния системы, начиная с момента возникновения необходимости в такой системе и заканчивая её полным выводом из эксплуатации. Это конечный набор общих фаз и этапов, через которые система может проходить в течение своей истории существования.



**Не существует единой модели** жизненного цикла, удовлетворяющей требованиям любой возможной задачи. Различные организации по стандартизации, правительственные учреждения и инженерные сообщества публикуют свои собственные модели и технологии, которые могут быть использованы для конструирования модели.



# Закономерности систем (системные свойства)

Использование закономерностей построения, функционирования и развития систем помогает уточнить представление об изучаемом или проектируемом объекте, формировать адекватные модели принятия решений, разрабатывать рекомендации по совершенствованию организационных систем, методов их исследования. **Закономерности систем – общесистемные закономерности, характеризующие принципиальные особенности построения, функционирования и развития сложных систем любой природы.** Такие закономерности Л. фон Берталанфи вначале называл **системными параметрами**. Ниже рассмотрены основные из наиболее исследованных общесистемных закономерностей, которые **характеризуют систему как целое, отражают проблематику назначения и осуществимости систем, учитывают процессы изменения и развития в системах, а также помогают исследовать вопросы целеобразования и структуризации целей.**

# К закономерностям взаимодействия части и целого относятся:

**Закономерность целостности  
(эмерджентности)**

**Закономерность аддитивности**

**Прогрессирующая факторизация**

**Прогрессирующая систематизация**

**Интегративность**



**Закономерность целостности (эмерджентности)** – это закономерность, проявляющаяся в системе в возникновении, появлении (англ. emerge – появляться) у нее новых свойств, отсутствующих у её элементов. Л. Берталанфи считал эмерджентность «основной системной проблемой».

### Примеры проявления.

- 1) Свойства станка отличаются от свойств деталей, из которых он собран. Детали в отдельности не обрабатывают сырье, а станок – может.
- 2) Лекарство, в состав которого входят несколько действующих веществ, способно вылечить болезнь, но этим качеством не обладают его составляющие по отдельности.
- 3) Борщ ☺.



**Пример.** Организм человека представляет большую совокупность различных органов, входящих в состав разных подсистем (костно-мышечная, сердечно-сосудистая, нервная, и т.д.). Каждый орган или подсистема выполняют определённые функции. Но только при совместном их взаимодействии **человек, как биологическая система,** может передвигаться, мыслить, выполнять творческую и физическую работу, создавать сложнейшие технические объекты, шедевры живописи и музыки. Ни один орган, ни одна подсистема в одиночку не могут это выполнить (и даже существовать).



**Важно:** с одной стороны, свойства системы как целого, **не являются простой суммой** свойств составляющих ее элементов (частей); с другой – свойства системы **зависят от свойств составляющих ее элементов**, во многом определяются ими. Например, если взять для приготовления блюда несвежие продукты, вряд ли блюдо получится вкусным. При этом каждый продукт в отдельности и без обработки не всегда может называться готовым блюдом.






**Закономерность аддитивности** является двойственной к закономерности целостности. Свойство полной физической аддитивности проявляется у системы, как бы распавшейся на отдельные, независимые элементы. Аддитивность можно трактовать как *стремление ее элементов к независимости.*

**Примеры:** стремление вырастающих детей к независимости от семьи (как системы); стремление внутригосударственных территорий к обособлению, самостоятельности.





Строго говоря, **любая система находится всегда между крайними точками как бы условной шкалы: «абсолютная целостность – абсолютная аддитивность»**, и рассматриваемый этап развития системы можно охарактеризовать степенью проявления в ней одного или другого свойства и тенденцией к его нарастанию или уменьшению. **Применительно к социальным системам наличие данных закономерностей может означать, что рост справедливости в системе достигается только за счет ограничения свободы каждого из ее членов**, и наоборот. Общество как сложная, развивающаяся социальная система всегда находится между двумя крайними состояниями – абсолютной целостностью и абсолютным распадом, хаосом. И оно стоит перед выбором степени регулирования целостности.

При этом абсолютная целостность соответствует состоянию **полной упорядоченности** (в теории информации – 100 % определенности) системы, а аддитивность характеризует 100 %- ную энтропию или **хаос**, т.е. вырождение системы в конгломерат элементов, лишенных всяких связей между собой и, как следствие, целостности. Для оценки этих тенденций Альфред Холл ввел две сопряженные закономерности, которые он назвал **прогрессирующей факторизацией (изоляцией)** – стремлением системы к состоянию со все более независимыми элементами и **прогрессирующей систематизацией** – стремлением системы к уменьшению самостоятельности элементов, т. е. к большей целостности.



## Примеры:

1. **Эмбриональное развитие**, при котором зародыш проходит путь от целостности до такого состояния, когда он ведет себя как совокупности частей, независимо развивающихся в специальные органы, а потом – снова становится целостным организмом.



2. При **развитии** таких **технических систем**, как телефонная сеть или автоматизированные системы управления, в соответствии с определенным замыслом происходит разделение на подсистемы, конструирование и развитие которых впоследствии осуществляются относительно независимо.

Прогрессирующая систематизация - это, в противоположность прогрессирующей изоляции, процесс, при котором изменение системы идет в сторону целостности.

**Пример.** В начале колонизации Америки группы людей из разных стран колонизировали различные ее области, и эти группы становились все более и более независимыми. В последующем стал усиливаться обмен, было образовано общее правительство, и новая страна становилась все более целостной.



### **Интегративность.**

Некоторые исследователи выделяют эту закономерность как самостоятельную, стремясь подчеркнуть **интерес не к внешним факторам** проявления целостности, **а к более глубоким причинам, обуславливающим возникновение этого свойства**, к факторам, обеспечивающим сохранение целостности.

**Интегративными называют системообразующие, системосохраняющие факторы**, в числе которых важную роль играют:

- 1) неоднородность и противоречивость элементов;
- 2) стремление их вступать в коалиции.

**Интегративный = цельный, целостный**

Интегративные свойства - свойства, присущие системе в целом, но не свойственные ни одному из ее элементов в отдельности.

Интегративным свойством **технической системы является ее назначение.**

Например, у тостера таким свойством можно назвать “обжаривание (плоских) кусочков хлеба в заданном температурном режиме без участия человека”. У более сложных систем может быть несколько интегративных свойств.



# К закономерностям иерархической упорядоченности относятся:

**Коммуникативность**

**Иерархичность**

**Коммуникативность** заключается в том, что система не изолирована от других систем, она связана множеством коммуникаций со средой, представляющей собой, в свою очередь, сложное и неоднородное образование, содержащее надсистему (систему более высокого порядка, задающую требования и ограничения исследуемой системе), подсистемы (нижележащие, подведомственные системы) и системы одного уровня с рассматриваемой.

Большинство систем существует не в изоляции (либо изолированность относительна), а взаимосвязаны и составляют единство с окружающим миром.

В социокультурном контексте **коммуникативность** — это процесс взаимодействия между людьми, в ходе которого возникают, проявляются и формируются межличностные отношения. Коммуникативность предполагает обмен мыслями, чувствами, переживаниями и т. п.



**Самоорганизующимся** **системам** свойственно взаимодействовать с себе подобными. Это отчасти помогает им совершенствоваться, выживать, трансформироваться.



**Закономерность иерархичности** (иерархической упорядоченности) — это закономерность естественной организации систем, которая была в числе первых закономерностей систем, исследованных Л. фон Берталанфи. Он показал связь иерархической упорядоченности мира с явлениями дифференциации и негэнтропийными тенденциями, т. е. с закономерностями самоорганизации сложных систем.



Под **иерархией** понимается *последовательная декомпозиция исходной системы на ряд уровней с установлением отношения подчиненности нижележащих уровней вышележащим.*

Иерархичность **характеризует закономерности построения всего мира и любой выделенной из него системы и является одним из наиболее важных средств исследования систем.**

# К закономерностям осуществимости систем относятся:

## Эквифинальность

Закон необходимого разнообразия У. Эшби

Закономерность потенциальной  
осуществимости Б. Флейшмана

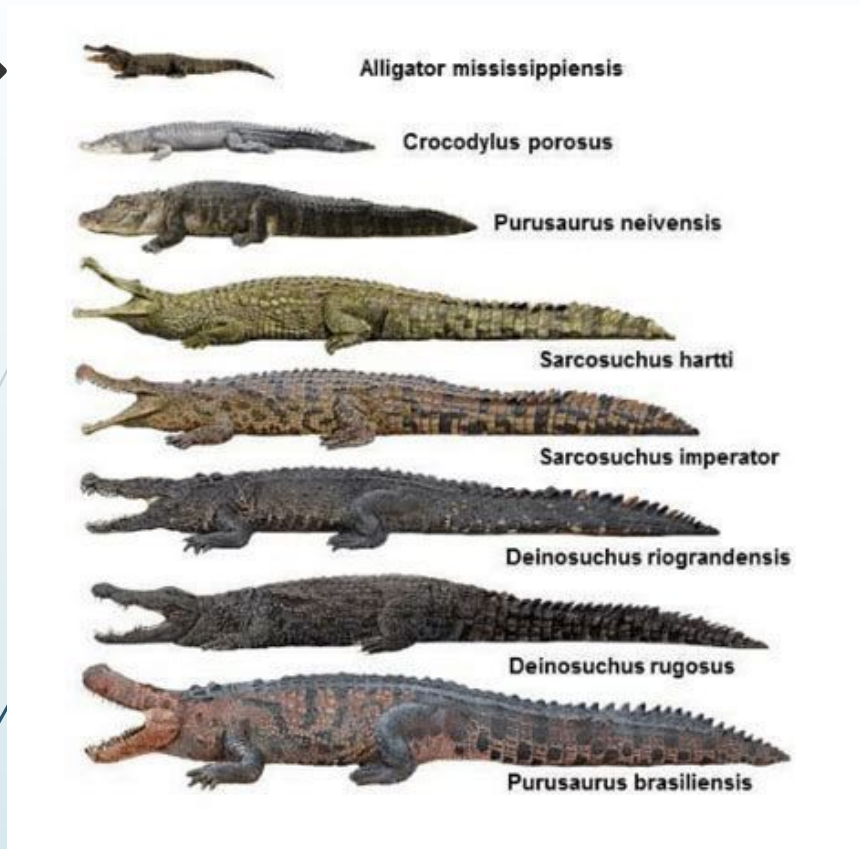


**Это наиболее сложная для  
понимания и наименее  
изученная группа.**

## Рассмотрим пример одной из закономерностей:

**Закономерность эквифинальности** – свойство системы приходить в некоторое состояние, определяемое лишь ее собственной структурой, независимо от начального состояния и изменений среды. Данная закономерность характеризует **предельные возможности системы**. Этот термин предложил Л. фон Берталанфи, определявший эквифинальность применительно к открытой системе как «способность в отличие от состояния равновесия в закрытых системах, полностью детерминированных начальными условиями, достигать не зависящего от времени состояния, которое не зависит от ее начальных условий и определяется исключительно параметрами системы».





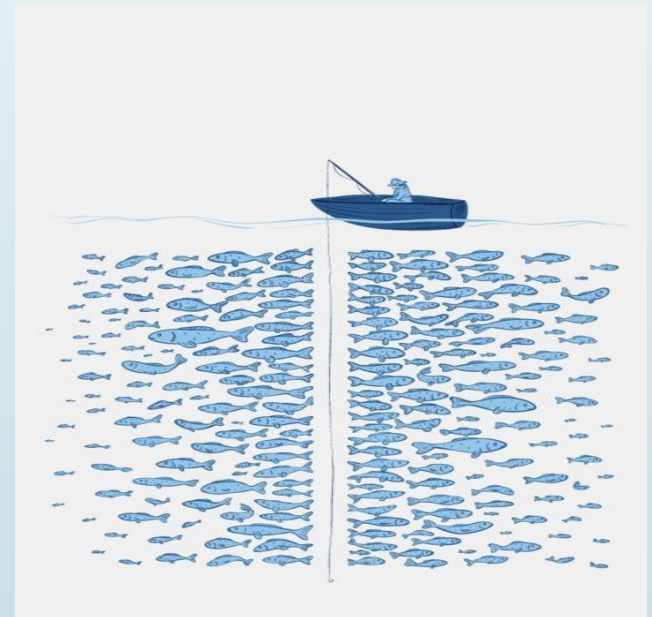
По Бераланфи, «можно говорить об уровне развития крокодила, обезьяны, и характеризовать такой уровень предельными возможностями», т.е. предельно возможным состоянием, к которому может стремиться тот или иной вид, а соответственно и стремлением к этому предельному состоянию из любых начальных условий, даже если индивид появился на свет раньше положенного времени или провел, подобно Маугли, некоторый начальный период жизни в несвойственной ему среде.

**Замечание: представления о предельных возможностях той или иной системы со временем могут измениться!**

# К закономерностям развития систем относятся:

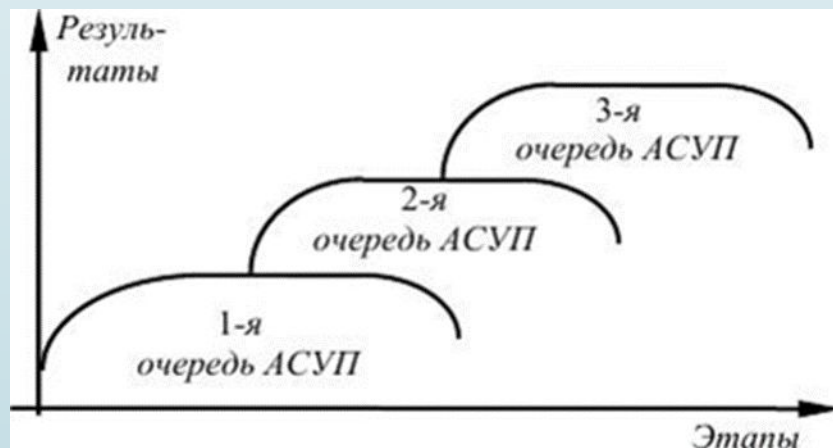
Историчность

Самоорганизация



**Историчность** – обязательный учет временного фактора при исследовании систем. Эта закономерность стала исследоваться сравнительно недавно. Любая система не является неизменной, она не только функционирует, но и эволюционирует (развивается) и погибает, проходя этапы становления, расцвета, упадка и смерти.

Поэтому в системотехнике при проектировании и создании сложных технических систем требуется, чтобы уже на стадии проектирования системы рассматривались не только вопросы создания, обеспечения ее эксплуатации и развития, но и вопрос, как и когда нужно ее уничтожить (утилизировать), *предусмотрев порядок уничтожения системы и её компонентов*. Применительно к организациям наличие данной закономерности тесно связано с понятием **жизненного цикла**. Она помогает прогнозировать точки начала спада эффективности и выводить систему на новый уровень эквивалентности.



**Закономерность самоорганизации** состоит в способности систем с активными элементами (обычно, это открытые живые системы) адаптироваться к изменяющимся условиям, перестраивая и изменяя свою структуру.

***Самоорганизацией** называется внутренний процесс, происходящий в открытой системе, по стабилизации или улучшению внутренней структуры системы без управления и руководства с внешней, по отношению к ней, стороны.*

Самоорганизующиеся системы в той или иной степени обладают следующими свойствами:

- отсутствие внешнего контроля;
- динамичность;
- взаимозависимость и меньшая свобода элементов;
- упорядоченность во всей системе, возникающая из локальных взаимодействий;
- открытость и сложность;
- наличие внутренней иерархии.

## Закономерности целеобразования

Изучение процессов обоснования и структуризации целей в конкретных условиях позволяет сформулировать некоторые общие закономерности целеобразования, которые полезно использовать при исследовании и совершенствовании сложных систем. Это:

- Зависимость представления о цели и самой формулировки цели от степени познания объекта (или процесса) и от времени.**
- Зависимость цели от внешних и внутренних факторов.**
- Проявление в структуре целей закономерности целостности.**






## 4. Примеры классификации систем

**Классификацией** называется разбиение на классы по наиболее существенным признакам. Под классом понимается совокупность объектов, обладающие некоторыми признаками общности. Признак (или совокупность признаков) является основанием (критерием) классификации.

Система может быть охарактеризована одним или несколькими признаками и соответственно ей может быть найдено место в различных классификациях, каждая из которых может быть полезной при выборе методологии исследования.



Обычно, **цель классификации** - ограничить выбор подходов к отображению систем, выработать язык описания, подходящий для соответствующего класса. Ограничимся рядом примеров. Чаще всего системы классифицируются следующим образом:

***по виду научного направления*** — математические, физические, химические и т. п.

В качестве признака выступает предметная область, в рамках изучения которой рассматривается система.

- *по степени определенности функционирования* выделяют детерминированные и вероятностные системы.

**Детерминированной** называют систему, если ее поведение можно предсказать, рассчитать показатели ее деятельности, схемой или в виде функциональной зависимости между элементами охарактеризовать ее структуру. Система, состояния которой зависят не только от контролируемых, но и от неконтролируемых воздействий (случайных факторов, природных, экономических и др.) или, если в ней самой находится источник случайности, носит название *вероятностной* или стохастической. Примерами стохастических систем являются заводы, аэропорты, сети и системы ЭВМ, магазины, предприятия бытового обслуживания и т.д. Любые социальные системы до некоторой степени всегда являются вероятностными.

- *по степени организованности* - хорошо организованные, плохо организованные (диффузные), самоорганизующиеся системы. Примерами каждого типа, соответственно, служат: простые технические устройства, воздушные потоки, биологические популяции.
- *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). Последние могут также быть классифицированы на материальные и идеальные.

- *по виду взаимодействия со средой* различают системы **замкнутые и открытые**. Понятие открытой системы было введено Л. фон Бергаланфи. **Открытой** считается система, которая способна взаимодействовать со средой, обмениваясь с ней веществом, энергией, информацией. Замкнутая (условно, с точки зрения существенных для рассматриваемой проблемы взаимодействий) система в процессе своего функционирования использует только ту информацию, которая вырабатывается в ней самой (система кондиционирования воздуха в замкнутом объеме). 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* существует несколько примеров классификации систем. Ниже представлена классификация К. Боулдинга.

Тип системы	Уровень сложности	Примеры
Неживые системы	Статические структуры (остовы)	Кристаллы
	Простые динамические структуры с заданным законом поведения	Часовой механизм
	Кибернетические системы с управляемыми циклами обратной связи	Термостат
Живые системы	Открытые системы с самосохраняемой структурой (первая ступень, на которой возможно разделение на живое и неживое)	Клетки
	Живые организмы с низкой способностью воспринимать информацию	Растения
	Живые организмы с более развитой способностью воспринимать информацию, но не обладающие самосознанием	Животные
	Системы, характеризующиеся самосознанием, мышлением и нетривиальным поведением	Люди
	Социальные системы	Социальные организации
	Трансцендентные системы или системы, лежащие в настоящий момент вне нашего познания	-

## Источники:

<https://victor-safronov.ru/systems-analysis/lectures/rodionov/00.html>

<http://www.library.fa.ru/files/sisttheory.pdf>

<http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/923/67923/41346>

<https://gtmarket.ru/concepts/7091><https://gtmarket.ru/concepts/7091>, <https://gtmarket.ru/concepts/7095>

<https://studfile.net/preview/2290598/>

[http://bigc.ru/publications/other/metodology/introduction\\_in\\_system\\_approach.php](http://bigc.ru/publications/other/metodology/introduction_in_system_approach.php)