

# ВВЕДЕНИЕ В СИСТЕМНУЮ ИНЖЕНЕРИЮ

Содержание лекции:

Появление потребности в системной инженерии.

Цель системной инженерии.

Задачи системной инженерии.

История термина СИ.

Определение СИ.

Требования к системному инженеру.

Понятие «Система».

## **Появление потребности в СИ**

### **Исходные положения (Батоврин)**

Создание систем является одним из основных видов человеческой деятельности.

Создаваемые людьми системы постоянно усложняются.

Появление новых технологий дает толчок к развитию уже существующих систем и требует создания новых классов систем.

В XXI веке ИКТ стали ключевым фактором, оказывающим влияние на создание систем, который во многом заставляет пересмотреть сложившиеся подходы к созданию систем

## **Инженерное дело – инженерия**

Инженерия (engineering)- область человеческой деятельности, связанная с творческим применением научных принципов для проектирования и разработки конструкций, машин, аппаратов и производственных процессов, с работами по их индивидуальному или комплексному использованию, с их конструированием и применением на основе исчерпывающего представления об устройстве, с предсказанием их поведения в определенных условиях эксплуатации (American Engineers' Council for Professional Development).

Термин инженерия происходит от лат. ingeniosus — «искусный»

Инженерия это наука, искусство, техническая дисциплина и другие аспекты, относящиеся к реализации изобретений и проблемам достижения поставленных целей.

## **Важные особенности системной инженерии**

Активно развиваясь начиная с 1950-х годов XX столетия, системная инженерия к настоящему времени стала зрелой дисциплиной, которая позволяет комплексно решать различные технические и управленческие проблемы, возникающие в процессе развития и практического использования технологий.

Несмотря на важную роль управления при создании продукции и предоставлении услуг системная инженерия это более техническая, нежели управленческая дисциплина

**Системная инженерия** предполагает использование по преимуществу количественных методов, включая согласование, оптимизацию, выбор и интеграцию достижений многих инженерных дисциплин  
За прошедшие 50 лет сложность технических систем существенно увеличилась. Для современных систем характерны:

- Сложность: до 10 млн. деталей (нефтяная платформа), проект существует до 100 лет;

- До 1000 контракторов на один проект, у каждого контрактора свой язык;

- Мультидисциплинарность;

- Требования и спецификации проекта приходят с самых разных сторон и непрерывно меняются;

Каждый проект стал [«вавилонской башней»](#). Так, например, для авианосца только полный набор требований в печатном виде может занимать несколько полностью набитых шкафов. Для того, чтобы доставить такой объем документов от поставщика к заказчику, потребуется даже не один грузовик. А что говорить о проектной документации и самом производстве такой системы, как авианосец! Там, где сложность возрастает «на порядки», на помощь приходит системная инженерия, которая упорядочивает все процессы и предлагает лучшие практики в виде международных стандартов и методик.

Основная *роль системной инженерии* — *объединить смежные дисциплины и специальности* и обеспечить возможность для коллективной работы по формированию и осуществлению совокупности процессов, необходимых для построения системы в ее развитии, включая замысел, реализацию, эксплуатацию и утилизации.





**Сегодня системная инженерия объединяет в себе многие дисциплины, в частности:**

**моделирование систем**

**теорию принятия решений**

**операционное исчисление**

**программную инженерию**

**управление проектами**

**управление требованиями**

**управление рисками**

**промышленное проектирование, включая систему**

**конструкторской и проектной документации**

**оценку затрат**

**Если кратко сказать, то СИ необходима для наведения порядка в действиях людей. Она предписывает следовать определенной апробированной методологии при проведении работ, не упуская тех моментов, которые, на первый взгляд, кажутся незначительными, и позволяет акцентировать усилия на наиболее критических направлениях работ. По сути это наука, как надо эффективно и оптимально управлять сложными проектами и предприятиями, повышая их конкурентоспособность**

## 1.2. ЦЕЛЬ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Системная инженерия на основе объединения достижений различных дисциплин и групп специальностей **имеет целью** предоставление методологического базиса и средств для успешной реализации согласованных, командных усилий по формированию и реализации хорошо структурированной деятельности по созданию систем, которая охватывает все стадии ЖЦ системы от замысла до изготовления и последующей эксплуатации и прекращения использования.

## 1.3. ЗАДАЧИ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Системная инженерия сосредоточена на:

- технических усилиях, направленных на проектирование, изготовление, проверку соответствия, ввод в эксплуатацию, использование, сопровождение, утилизацию системных продуктов и процессов, а также на обучение персонала работе с ними
- определении конфигурации и управление конфигурацией системы
- преобразовании описания системы в иерархическую структуру работ по её созданию
- обеспечении заявленных проектных затрат и графиков работ
- подготовке информации для принятия управленческих решений

## 1.4 ИСТОРИЯ ТЕРМИНА СИ

Рост масштабов и усложнение способов организации человеческой деятельности по созданию систем, повышение степени ответственности за ее результаты, быстрое возрастание сложности возникающих при этом научных, технических и управленческих проблем привели к появлению в середине XX века новой прикладной системной методологии – **системной инженерии**. Сегодня мировое научное и индустриальное сообщества признают системную инженерию в качестве методологической основы организации и осуществления деятельности по созданию систем любого класса и назначения. В свою очередь, среди направлений, где системная инженерия сосредотачивает сегодня первоочередные усилия, выделяются: управление деятельностью по созданию систем; **подготовка кадров**; стандартизация; развитие и обеспечение процессов системной инженерии и ряд других

В июле 2009 г. произошло знаковое событие — официально было зарегистрировано Русское отделение INCOSE (International Council on Systems Engineering)

**INCOSE** — это международная организация, объединяющая системных инженеров всего мира. И, если число членов этой организации в США исчисляется тысячами, а в каждой европейской стране сотнями, то на сегодняшний день Русское отделение INCOSE насчитывает не более 30 человек (Анатолий Левенчук - президент Русского отделения INCOSE).

INCOSE — интернациональная организация, сосредоточенная на развитии методологии и практики системной инженерии в интересах промышленности, науки и образования, а также государственных структур. В составе INCOSE более 6000 индивидуальных членов, 60 коллективных членов из различных стран, 20 рабочих групп, более 60 отделений, действующих по всему миру. INCOSE поддерживает сеть обучения, повышения квалификации и сертификации в области системной инженерии, которая оказывает существенное влияние на стандарты, государственную политику и университетские образовательные программы.

## 1.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИ

(Международная организация по стандартизации, ИСО (International Organization for Standardization, ISO) — [международная организация](#), занимающаяся выпуском [стандартов](#).

Международная организация по стандартизации создана в [1946 году](#) двадцатью пятью национальными организациями по стандартизации, на основе двух организаций: ISA (International Federation of the National Standardizing Associations), учреждённой в Нью-Йорке в [1926 году](#) (расформирована в 1942) и UNSCC (United Nations Standards Coordinating Committee), учреждённой в [1944 году](#). Фактически её работа началась с [1947 года](#).

[[СССР](#) был одним из основателей организации, постоянным членом руководящих органов, дважды представитель [Госстандарта](#) избирался председателем организации.

[Россия](#) стала членом ИСО как правопреемник СССР. [23 сентября 2005 года](#) Россия вошла в Совет ИСО.)



Международная электротехническая комиссия (International Electrotechnical Commission, IEC) — это международная организация, которая занимается разработкой стандартов для электрических, электронных и смежных областей. Многие стандарты МЭК разрабатываются совместно с Международной организацией по стандартизации.

Организация IEC, образованная в 1906 г., также как и ISO является добровольной неправительственной организацией. Ее деятельность в основном связана со стандартизацией физических характеристик электротехнического и электронного оборудования. Основное внимание IEC уделяет таким вопросам, как, например, электроизмерения, тестирование, утилизация, безопасность электротехнического и электронного оборудования. Как и в ISO, членами IEC являются национальные организации (комитеты) стандартизации технологий в соответствующих отраслях, представляющие интересы своих стран в деле международной стандартизации.

## **Определение стандарта ISO/IEC IEEE 24765:2010**

Разработка программного обеспечения и проектирование систем:

***СИ – междисциплинарный подход, определяющий полный набор технических и управленческих усилий, которые требуются для того, чтобы преобразовать совокупность потребностей и ожиданий заказчика и имеющихся ограничений в эффективные решения и поддержать эти решения в течение их ЖЗ.***

## Определение 1 (интуитивное)

*СИ- это деятельность, направленная на создание какой-либо системы в соответствии с требованиями заинтересованных сторон в определенное время и в рамках выделенных средств.*

Это очень простое и в то же время емкое определение, в нем можно выделить следующие ключевые положения:

СИ – прежде всего **деятельность**;

В деятельности участвуют **много сторон**;

У заинтересованных сторон есть **требования**;

В процессе деятельности следует уложиться в заданные бюджет и время.

Но выделенные положения присутствуют в любой деятельности.

Деятельностью люди занимаются давно, а СИ появилась в 50-х годах прошлого века. СИ появляется тогда, когда сложность систем значительно возросла. Чем больше проект, тем больше вероятность не вписаться в бюджет, время, тем сложнее проблемы организации людей.

**ИТАК, СИ – ЭТО ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.**

## Определение 2

*Си – это когда раньше думаешь, а потом делаешь!*

Значительная часть докладов на ежегодных симпозиумах INCOSE посвящается **«моделеориентированной» системной инженерии**. Ее суть в том, что прежде, чем что-то построить или создать реальное, создай виртуальную систему, то есть разработаи разнообразные модели: функциональную модель, модель поведения системы, модель организации, модель требований, модель процессов и т. д., затем «проиграй» на моделях варианты архитектуры системы и способов ее создания с поиском оптимального набора процессов и моделей, «верифицируй и валидируй» виртуальную систему на моделях до начала ее воплощения в металле и бетоне.

Для крупных проектов процесс «думания» занимает до 39% времени. Без СИ до 70% проектов заканчиваются неудачами, выполняется много лишней и ненужной работы. СИ борется с переделками, она их убирает. СИ трудно продавать, так как люди думают, что они все сделают и без ее методов, но это ведет к переделкам

По данным INCOSE:

8% затрат на внедрение системной инженерии дают выигрыш в 20% стоимости проектов, и на 50% увеличивают вероятность окончания проекта в срок. Это достигается через

введение общего языка, описывающего проект  
сознательный сдвиг усилий на ранние стадии проекта, где цена ошибки экспоненциально меньше;

Стадия обнаружения ошибки	Коэффициент стоимости ошибки
Требования	x1 (единица отсчета)
Проектирование	x5
Строительство	x12
Проверки	x40
Функционирование	x250

СИ борется с переделками, она их убирает.

**СИ - НЕТ ПЕРЕДЕЛОК!!!**

## Определение 3

(сформулировал президент Incose)

***СИ – это способ помочь людям делать большие системы за счет правильных описаний.***

СИ – это работа с описаниями, это понимание того, что описаний много, что это – моделирование.

Системный инженер большую часть времени работает с описаниями, а не с самой системой.

## **Определение 4**

***СИ – это бюрократическая деятельность.***

Системные инженеры работают с бумагами, они для каждой заинтересованной стороны составляют свой набор документов.

## **Определение 5**

***СИ – это специалист, который поддерживает целостность системы (целокупность системы).***

Системный инженер отвечает за то, чтобы ни один аспект системы не был опущен и ни чьи интересы не были пропущены. Нет другого ответственного за все (допустим, менеджер отвечает только за то, чтобы проект финансировался) системы. Без СИ начинается ReWork системы.



## 1.5 ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМНОМУ ИНЖЕНЕРУ

Основные личные качества, которыми должен обладать хороший системный инженер:

- 1) интеллектуальная любознательность, выражающаяся в первую очередь в способности и желании постоянно учиться новому;
- 2) способность видеть целое даже при наличии множества мелких деталей, включающая, в частности, умение не терять основную главную цель и объединять для разговора на одном языке ученых, разработчиков, операторов и другие заинтересованные стороны, невзирая на изменения, возникающие по мере развития ЖЦ;

- 3) способность к выделению общесистемных связей и закономерностей, с помощью которой первоклассный системный инженер может помочь другим членам команды проекта в установлении места их системных решений в общей картине и в работе на достижение общих системных целей;
- 4) высокая коммуникабельность – способность слушать, писать и говорить таким образом, который способствует наведению мостов между инженерами и управленцами на основе использования единых терминов, процессов и процедур;
- 5) выраженная готовность к лидерству и к работе в команде, предполагающая, в частности, наличие глубоких и многосторонних технических знаний, энтузиазма в достижении поставленных целей, креативности и инженерного инстинкта;

- 6) готовность к изменениям, предполагающая в числе прочего и понимание неизбежности изменений;
- 7) приспособленность к работе в условиях неопределенности и недостаточности информации, предполагающая, в частности, способность к толкованию неполных и противоречивых требований;
- 8) специфическая убежденность в том, что следует надеяться на лучшее, но планировать худшее, предполагающая, в частности, что системный инженер постоянно проверяет и перепроверяет детали, имеющие отношение к обеспечению технической целостности системы;

9) наличие разнообразных технических навыков – способность применять обоснованные технические решения, что требует от системного инженера знания множества технических дисциплин на уровне эксперта;

10) уверенность в себе и решительность, но не высокомерие, т. к. даже хороший системный инженер может ошибиться;

11) способность строго выполнять предписания по реализации процесса при понимании того, когда надо остановиться и внести изменения, что предполагает способность системного инженера не только формально описать, но и «почувствовать» процессы.

Среди важнейших компетенций системного инженера, в частности, называются:

- 1) умение управлять требованиями на всех уровнях системной иерархии;
- 2) владение современными методами и инструментами разработки систем включая архитектурный подход;
- 3) владение методами и инструментами анализа систем включая моделирование, анализ надежности, анализ рисков, анализ технико-экономических характеристик и т. п.
- 4) умение организовывать и проводить испытания систем и анализировать результаты испытаний;
- 5) умение налаживать эффективное человеко-машинное взаимодействие;

- 6) умение реализовывать интегрированные системные решения, учитывающие гетерогенность и возможную распределенность элементов, составляющих систему;
- 7) владение процессным подходом;
- 8) умение управлять изменениями.

## 1.6 ПОНЯТИЕ «СИСТЕМА»

Прежде всего, уточним, что **систем** как таковых в природе не существует, а имеются лишь конкретные предметы, и объекты, процессы и явления. Иначе говоря, **система** - это искусственно введенное понятие, служащее средством представления достаточно сложных объектов и используемое в целях их более качественного исследования и совершенствования.

*Отметим также, что до сих пор отсутствует общепринятое определение как самой системы, так и некоторых ее наиболее существенных характеристик - структуры, например.*

Следует подчеркнуть, что основоположником общей теории систем был наш соотечественник А.А. Богданов (известный из - за критики его <технологии> В.И. Лениным), хотя официально признанными основателями ныне считаются Л. Берталанфи и У. Эшби.

Кстати, многие из привнесших существенный вклад в развитие данного научного подхода были биологами и врачами, т.е. занимались решением сходных проблем, но на несколько ином, чем человеко-машинная система, уровне.

Слово «система» (от греч. *systema*) означает нечто составленное из частей, соединение [Философский словарь. - М.: Политиздат, 1980], и характеризует **упорядоченность и целостность** естественных объектов. Система означала **единство закономерно связанных друг с другом предметов, явлений**, а также знаний о природе и обществе [Большая советская энциклопедия. Т.39. С.158].

В период античной философии было осознано, что целое больше суммы его частей. К 30-м годам XX века в организменной биологии и экологии были сформулированы ключевые критерии системного мышления.

Изучение организмов, их частей и сообществ, привело ученых к выводу, что эти организации могут характеризоваться понятиями **«целостность», «связность», «взаимоотношения»**. Эти представления были поддержаны революционными открытиями в квантовой физике, в мире атомов и субатомных частиц.



В наше время слово «система» стали применять слишком широко. Это и система здравоохранения, и система образования, и нервная система, солнечная система и т. п. Начавшийся в 50 – 60 годы “системный бум” не только не уменьшил, но даже увеличил неопределенность толкования понятия система. Значительно возросло число его трактовок. В настоящее время существует немало работ, подробно разбирающих взгляды на это понятие. Несмотря на то, что понятие система известно с давних времен, первые попытки определить его как самостоятельную научную категорию делаются лишь в тридцатые годы нашего столетия с появлением первых концепций общей теории систем (А. Богданов, Л. Берталанфи).

Л. фон Берталанфи определял систему как комплекс взаимодействующих элементов. «Всё состоящее из связанных друг с другом частей будем называть системой». Это определение самое широкое и самое простое потому, что в мире всё каким либо образом связано, и может быть названо системой. Дальнейший период весьма богат разнообразными подходами к пониманию смысла понятия “система”.

Например, в математике характерно понимание системы как отношения. Кибернетика делает акцент на выделение в системе входов, выходов, и способах переработки информации.

Целесообразно провести классификацию множества определений.

Первую группу составляют наиболее общие определения системы как комплекса элементов, находящихся во взаимодействии . Рассмотрим примеры, выделяя ключевые слова.

1. В самом общем и широком смысле системой принято называть любое достаточно сложное образование, состоящее из множества взаимосвязанных элементов, которые как единое целое взаимодействуют с внешней средой .

2. «В настоящее время достаточно рассмотреть систему как группу физических объектов в ограниченном пространстве, которая остаётся тождественной как группа в оцениваемом периоде времени» (Г. Бергман.)

3. Система - это “ансамбль взаимосвязанных элементов”.

4. «Система – упорядоченная совокупность элементов, между которыми существуют или могут быть созданы определённые отношения» .

5. Система есть «целое, составленное из многих частей. Ансамбль признаков» .

6. Система - размещение физических компонентов, связанных или соотносящихся между собой таким образом, что они образуют или действуют как целостность» .

7. Под системой обычно понимают наличие множества объектов с набором связей между ними и их свойствами. Объекты (части системы) функционируют во времени как единое целое .

8. Система – это множество элементов с отношениями между ними и между их атрибутами.

9. Взаимосвязь самых различных элементов. Всё, состоящее из связанных друг с другом частей, есть система .

10. Сеть взаимосвязанных элементов любого типа, концепций, объектов, людей. Систему можно определить как любую сущность, концептуальную или физическую, которая состоит из взаимосвязанных частей .

11. У. Гослинг понимает под системой «собрание простых частей» .

12. «Система» - взаимодействующий комплекс, характеризующийся многими взаимными путями причинно-следственных воздействий» (К. Уотт) .

13. Собрание или соединение объектов, объединенных регулярным взаимодействием или взаимозависимостью» есть система .

14. Система – это «упорядоченно действующая целостность» .

15. По определению И. Миллера система представляет собой “множество элементов вместе с их отношениями”

При всех тех нюансах, которые отличают эти определения, у них есть общее. Данная группа определений обобщённо характеризует систему как совокупность (сеть, собрание, комплекс, ансамбль, группа, образование) множества частей, связанных (взаимодействующих, состоящих в отношениях, упорядоченных) между собой.

Отметим основные понятия, входящие в это определение. Части системы — это подсистемы, элементы. Взаимосвязи между элементами осуществляются как процесс взаимодействий. Все системы содержат множество элементов, которые находятся в неразрывной взаимосвязи друг с другом и в определенных отношениях. В свою очередь, эти отношения и связи образуют целое, отличное от простой суммы его составляющих.

По этому определению системой могут оказаться два любых произвольно выбранных объекта с очень слабыми связями. Однако кибернетический подход к системам не признает «слабые» связи. Современная теория информации утверждает, что при распространении сигнала его интенсивность падает, возрастает количество помех (шумов). Кибернетика изучает только такие системы, в которых сигнал не просто должен дойти до адресата, но и вызвать в нем реакцию обратной связи. Реакция сложного объекта возникает только на те сигналы, которые превышают «порог чувствительности» приёмника. Ослабленные сигналы взаимодействия не вызовут реакции и не возникнет процесс авторегулирования.

Однако, не принятые кибернетикой определения первой группы, хорошо согласуются с философским пониманием системы. Наблюдения показывают, что все «уголки» видимой Вселенной подчиняются единым законам развития. Атом водорода на расстоянии в миллиарды световых лет излучает такой же спектр, как и водород Солнца. Строение галактик единообразно. Когерентность развития Вселенной наводит на мысль о её единстве, целостности, связанности (т.е. системности), хотя удлинение связей во Вселенной (тем более до бесконечности) должно ослаблять взаимодействие между частями (практически до нуля).

С позиций кибернетики, ослабление связей разрушает систему, превращает её в конгломерат и Вселенную нельзя признавать системой. Налицо противоречие. Современная естественно – научная трактовка понятия «система» не совпадает с её философским звучанием, в котором достаточно существования любой связи (взаимодействия) между её частями, чтобы признать Вселенную системой.



Расхождение, по-видимому, заключается в том, что для философии важен сам факт взаимосвязи (даже на бесконечно малом уровне), а для кибернетики, теории управления интерес представляют только функционально значимые связи. Проведенное сопоставление ещё раз подчеркивает незавершённость «Общей теории систем». Не исключено, что «вселенские» связи осуществляются не только электромагнитными и гравитационными взаимодействиями, ослабевающими пропорционально квадрату расстояния, но и малоизученными пока взаимодействиями, например, торсионными. Если это так, то противоречие снимается.

Вторая группа определений отражает точку зрения кибернетики, согласно которой выделяются входы и выходы системы.

Входы и выходы связывают кибернетическую систему с окружающей средой. Через входы действуют стимулы внешней среды. Реакции системы осуществляются через выходы. При этом используется концепция «черного ящика», т.е. не раскрывается внутреннее, структурное содержание системы (ящика). «Черный ящик» является вещью в себе, его нельзя представить совокупностью элементов, т.к. неизвестно его устройство. Представление о системах в кибернетике ограничивается совокупностью абстрактных функций.

Достаточно знания функциональной связи входов и выходов.

Приведем примеры «кибернетических» определений системы.

1.«Система – любая совокупность переменных, которую наблюдатель выбирает из переменных, свойственных реальной «машине» (У. Росс Эшби)

2. «Теория систем исходит из предположения, что внешнее поведение любого физического устройства может быть описано соответствующей математической моделью, которая идентифицирует все критические свойства, влияющие на операции устройства. Получающаяся в результате этого математическая модель называется системой» (Т. Бус) .
3. «Система – в современном языке – есть устройство, которое принимает один или более входов и генерирует один или более выходов» (Дреник) .
4. Система представляет собой отображение входов и состояний объекта в его выходах .
5. У. Эшби и Дж. Клир определяют систему как совокупность переменных. «Система есть множество предметов вместе со связями между ними и между их признаками» .
6. О. Ланге, понимающий под системой «множество связанных, действующих элементов, рассматривает связь как один из видов отношений .

Видно, что кибернетическое понятие «система» максимально формализовано и символично (совокупность переменных, математическая модель, функции входа и выхода). Кибернетиков не интересовало, что находится внутри «черного ящика», важно как связаны функции на входе системы с функциями выхода. Именно это обобщение позволило увидеть сходство управления в машине и в организме. Однако любое упрощение неизбежно становится тормозом развития, к чему и привела концепция «черного ящика».

Выше уже отмечалось, что с точки зрения кибернетики понятие «система» можно распространять только до некоторого «горизонта» взаимовлияния. Сигнал по ходу движения рассеивается, ослабляется, засоряется помехами. С некоторым объектом может взаимодействовать только часть внешней среды, которую принято называть «полем деятельности». На объект существенное влияние может оказывать только часть факторов поля деятельности. Эту часть называют сегментом поля деятельности. И, наконец, внутри сегмента поля деятельности факторы являются неравноценными по своему влиянию на конечный (или этапный) результат деятельности объекта. Например, на поведение каждого человека влияет общество. Но наиболее сильное влияние оказывает небольшая группа людей (семья, начальство, друзья и др.).

Для осуществления во внешней среде той или иной функции должно происходить взаимодействие системы со средой, причем в этом взаимодействии конкретная функция может реализоваться только частью элементов системы на базе использования только некоторых их свойств. Например, бухгалтерия взаимодействует с внешней финансовой системой, а маркетинговая служба – с рынком. Кастлер предлагает назвать эту часть системы *сигнатурой*. К основным системным единицам, можно отнести все элементы, оказывающие эффективное влияние на выполнение и обеспечение наиболее важных функций системы.

«Кибернетический «взгляд на системы отличается прагматичностью, селективностью. Сознание строит систему, исходя из потребностей. «Лишнее» отсекается, задача упрощается для формального описания. Но при селекции важно знать меру, т.к. вместе с водой «из корыта можно выплеснуть и ребенка».

Прагматичность кибернетики упрощает действительность, оставляет вне поля зрения многие стороны реальности.

Например, известное явление «телепатия» (передача мыслей на расстоянии) не может признаваться кибернетикой, т.к. неизвестны каналы телепатической связи.

А если нет связей, то нет и системы.

Однако, могут существовать ещё непознанные наукой каналы связи.

В этом случае кибернетическая теория систем, отрицающая факт телепатии, становится «тормозом» в развитии науки.

Третью группу составляют определения системы, связывающие её с целенаправленной активностью. Цель - это состояние, которое система должна достичь в процессе своего функционирования. Цель – это направленность поведения открытой нелинейной системы, наличие «конечного состояния» (завершающего лишь некоторый этап её развития). Система – это «сложное единство, сформированное многими, как правило, различными факторами и имеющее общий план или служащее для достижения общей цели».

Например, Верещагиным И. М. система определяется как «организованный комплекс средств достижения общей цели. Ухтомский А. А. ввел понятие функционального органа – временного сочетания функционально различных элементов. Это направление было развито П. К. Анохиным, исследовавшим нейронные системы мозга. «Система – это функциональная совокупность материальных образований, взаимодействующих достижению определённого результата (цели), необходимого для удовлетворения исходной потребности».

Строгое сочетание процессов и структур, объединенных для достижения цели, носит название функциональной системы. В функциональную систему включаются только те элементы, которые содействуют достижению цели. Все элементы и функции, не помогающие этому результату, мысленно устраняются. Системный анализ объекта, заключается в формировании субъективного образа функциональной системы, выделении сознанием среди множества элементов и связей только тех, которые приносят пользу в достижении целей системы.



Использование принципа цели в определении системы вызывает много вопросов. Представления о целеустремленности систем появилось из исследований творческой деятельности человека. Всем сознательным действиям человека предшествует формулирование цели. Сложилось ложное впечатление, что для целеполагания требуется воля, разум человека. Позже понятие «цель» распространили на неживые системы.

В более широком определении цель представляет собой направление «внутренней активности объекта».

«Основное и характерное направление активности в данный момент времени можно назвать целью деятельности объекта, а его поведение, обусловленное этим направлением активности — целенаправленным» .

Однако для многих природных систем цель развития неизвестна. Например, биоценозы содержат множество элементов, связанных между собой. Поддерживается гомеостазис, наблюдается эволюция, но для какой цели? Какая цель у развивающейся Вселенной? Или какова цель гипотетического творца? Очень часто в человеческой деятельности истинные цели скрываются.

У каждого сложного объекта должно существовать множество целей (дерево целей), тогда какую цель принять за системообразующую? Однако у всех длительно существующих объектов среди неизвестных целей обязательно присутствует цель самосохранения, выживания.

Можно сделать заключение, что принцип цели не является универсальным для всех определений систем, а только для тех, в которых можно безошибочно определить цель.

Четвертую группу определений системы выводят через указание признаков, которыми должен обладать объект, чтобы его можно было отнести к категории «система».

А. И. Уёмов считает, что «наличие вещей и отношений между ними является необходимым, но недостаточным условием образования системы». По его мнению, необходимо привлечь ещё одну категорию – «свойства». Таким образом, основой концептуального аппарата, используемого в рассматриваемом варианте общей теории систем, являются категории: «вещи», «свойства» и «отношения» .

Такая методологическая установка отрицает возможность определять системы только по принципу взаимосвязанности (первая группа определений). Всякое взаимодействие лишь тогда приобретает системные признаки, когда оно получает своё оформление через свойства «целостность» и «интегративность» (эмерджентность). Приведём примеры таких определений.

1. Система – это совокупность элементов, организованных таким образом, что изменение, исключение или введение нового элемента закономерно отражается на остальных элементах.

2. «Системой является не всякая совокупность элементов, а лишь такое образование, в котором все элементы настолько тесно связаны, что данное образование противостоит внешним телам как единое целое .

3.«Системой» является «совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях между собой и определяющих определённую целостность, единство».

4. Система – множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которые образуют определённую целостность, единство .

5. Под системой понимается совокупность элементов, соединенных отношениями, порождающими интегративное или системное свойство, отличающее данную совокупность от среды и приобщающее к этому качеству каждый из её компонентов .

6. «Системой будет являться любой объект, в котором имеет место какое-то отношение, удовлетворяющее некоторым заранее определённым свойствам» .

Приведенная группа определений, предполагает существование систем (где присутствует интегративность) и не систем (где отсутствует интегративность).

Очевидно, что любой объект человеческого сознания умеет выделять на фоне сплошной среды. Выделение осуществляется по некоторым отличительным признакам. Это могут быть свойства, форма, функции. Если сознание его идентифицировало, следовательно, объект отличается от среды какими – то интегративными свойствами. Если объект не отличим от среды, то для сознания он отсутствует, следовательно, не может быть представлен в виде системы. Только после выделения объекта из среды его начинают расчленять на элементы, связи, отношения.

Итак, существует семейство понятий «система». При всех нюансах, которые отличают все эти определения, у них есть и общее - завершенность внутреннего строения. Система дифференцируется относительно среды по характерному набору признаков (свойств), оставаясь с ней связанной. Устойчивость признаков при возмущающем воздействии среды определяется внутренней активностью системы.

Эта активность называется ***самоорганизацией***. Следует подчеркнуть, что понятие «завершенность» имеет отношение к той среде, в которой система функционирует. Изменение среды создаст конфликт, и структура системы перейдет в ранг незавершенных структур. Самоорганизация будет создавать вектор развития в направлении завершенности (адаптация).



Наиболее общим определением понятия «система» является: целостная совокупность множества связанных элементов», обладающая различными свойствами и сохраняющая их некоторое время. При этом свойство самой системы не сводится к сумме свойств составляющих её элементов. Стремление сохранять свойства (гомеостатирование, самосохранение) является общим признаком всех консервативных систем.

Итак, понятия элемент, связь, граница и цель системы являются результатом аналитической деятельности человека. Каждый исследователь видит то, что его интересует, поэтому напомним определение Клира: «Системой является все, что мы хотим рассматривать как систему». Каков интеллект, такова и система. Поэтому ОТС - это еще не законченная теория, а комплект концепций, находящийся в развитии.

В этой связи можно рассмотреть вопрос о классификации систем на открытые и закрытые. В сплошной, непрерывной, связанной среде не может существовать изолированных фрагментов. Только сознание способно создать изолированную модель. Если игнорирование внешних связей не приведет к ошибочным выводам, то такое упрощение допустимо. Но известны факты из истории науки, когда такое упрощение приводило к ложным заключениям. Речь идет о прогнозе тепловой смерти Вселенной, основанном на законах классической термодинамики. Законы, выведенные на основе упрощенных, изолированных систем, оказались ложными.

Идеи глобального эволюционизма вносят новые взгляды в понятие «система». Развивающаяся гносеология (теория познания), переводит понятие «система» из сферы объективного в область субъективного.

Системами мы будем называть любые существующие в мире или воображаемые объекты или явления (включая знаки и символы), если они обладают всеми четырьмя перечисленными признаками:

Могут быть выделены из окружения, отделены от внешнего мира.

Могут быть рассмотрены как состоящие из каких-то элементов.

Между этими элементами, и между элементами и внешним окружением, могут быть выделены связи, взаимодействия.

Может быть определено назначение системы, то есть можно указать какие-то результаты (материальные или информационные, в специальных случаях - продукты), предоставляемые внешнему миру.

*Система – это то, что может быть выделено из окружения, разделено на имеющие связи элементы, и имеет какое-то назначение для внешнего окружения.*

Создаваемые людьми системы могут включать в себя и людей, и целые организации. На многие вопросы в рамках описанных ниже подходов просто невозможно ответить, рассматривая системы только лишь как совокупности сооружений, оборудования и компьютеров.

Как система могут быть рассмотрены не только объекты, но и явления. Для нас одним из основных применений системного подхода будет рассмотрение примеров человеческой деятельности (процессов, проектов) как систем.

Выделяя систему из внешнего мира, мы зачастую одновременно выделяем во внешнем мире иные системы, с которыми взаимодействует интересующая нас система. Чтобы отличать ту систему, которая нас интересует, от иных систем, мы будем иногда называть интересующую нас систему ***целевой системой***. Роли систем во внешнем мире тоже могут быть уточнены: ***обеспечивающая система, система в операционном окружении***.

Система имеет:

назначение, элементы, границу системы с окружением, связи элементов (в том числе с окружением)

**описания: полное, включающее архитектурное стейкхолдеров (имеющих к ней интересы))** Русский: стейкхолдер. Перевод «заинтересованное лицо» создает дополнительную омонимию с юридическим термином гражданского кодекса «заинтересованное лицо», а также аналогичным термином из корпоративного управления. Слово «стейкхолдер» уже закрепилось в русском языке, Формально: стейкхолдер – это роль, в которой могут быть человек или организация, состоящая в наличии интереса к системе, в том числе к её функционированию или конструкции, назначению, продукту, обладанию системой какими-либо характеристиками.

**процессы, которые с ней выполняются в ходе ее жизненного цикла**

Система никогда не бывает «вообще», система всегда конкретна (поэтому слово «система» пишется только в общетеоретических текстах, употребление слова «система» вдобавок к названию конкретной системы излишне).  
Примеры систем: АЭС, ГЭС, самолёт, процесс, информационная модель, подход. Система может включать людей и организации.

## Выводы

Существует семейство понятий «система». Наряду с отличиями у них есть и общее – это **завершённость внутреннего строения**.

Понятие «завершённость» имеет отношение к той среде, в которой система функционирует.

Система дифференцируется относительно среды по характерному набору признаков (свойств), оставаясь с ней связанной.

Устойчивость признаков при возмущающем воздействии среды определяется внутренней активностью системы. Эта активность называется самоорганизацией.



**Наиболее общим определением понятия «система» является: целостная совокупность множества связанных элементов, обладающая различными свойствами и сохраняющая их некоторое время. При этом свойство самой системы не сводится к сумме свойств составляющих её элементов.**

Понятия элемент, связь, граница и цель системы являются результатом аналитической деятельности человека.

Каждый исследователь видит то, что его интересует, поэтому, каков интеллект исследователя, такова и система.

ОТС - это еще не законченная теория, а комплект концепций, находящийся в развитии.