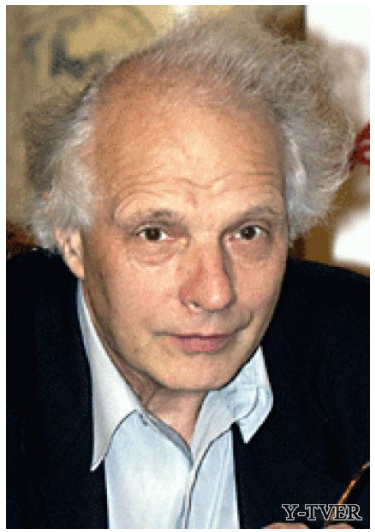
Современные проблемы анализа и синтеза космических систем

Тема 2.
Общие закономерности развития технических систем и их проявление в космонавтике. Космические системы, приборы и устройства на life-принципах

дтн, снс Клюшников В.Ю.
(ЦНИИ машиностроения)

Г.С. Альтшуллер – основоположник теории развития технических систем (ТРТС)



Ге́нрих Сау́лович Альтшу́ллер (псевдоним Генрих Альтов; 15 октября 1926, Ташкент, Узбекская ССР, СССР — 24 сентября 1998, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия)

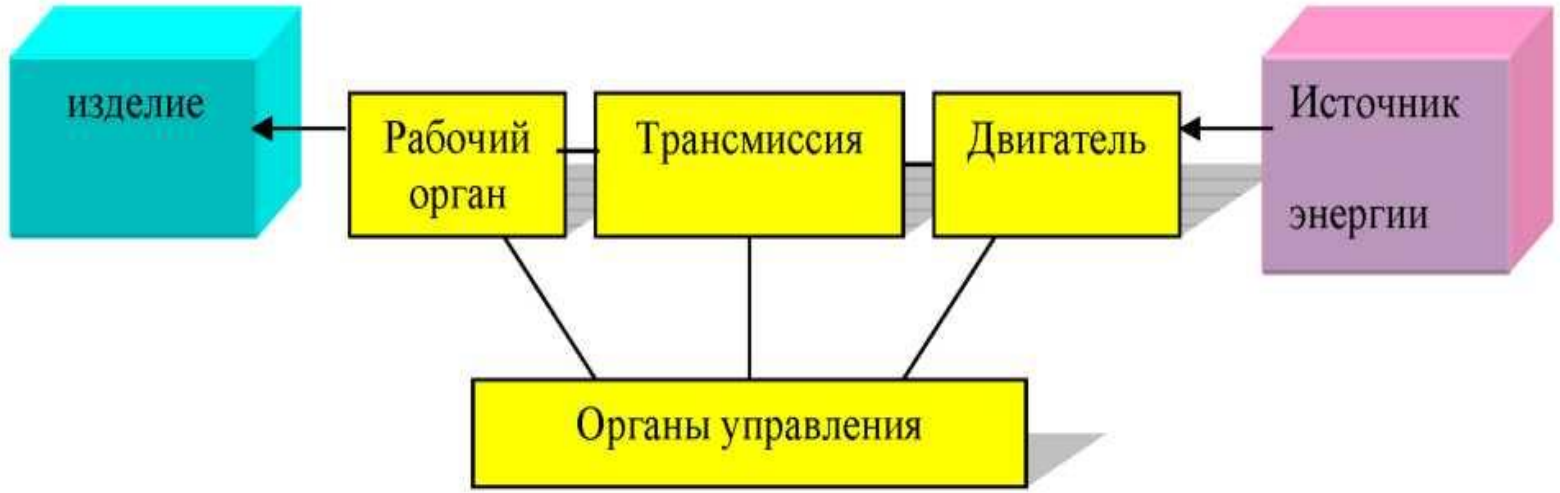
В 1946—1948 годах главной целью Г.С. Альтшуллера жизни стала разработка теории развития технических систем (ТРТС) и ТРИЗ (теории решения изобретательских задач). Основной постулат ТРИЗ: технические системы развиваются по определённым законам, эти законы можно выявить и использовать для создания алгоритма решения изобретательских задач. Созданию и совершенствованию ТРИЗ Г.С.Альтшуллер посвятил свою жизнь.

В 1948 году написал письмо И. В. Сталину с резкой критикой положения дел с изобретательством в СССР. 28 июля 1950 года был арестован МГБ СССР, приговорён Особым совещанием при МГБ к 25 годам лишения свободы. В лагере сделал несколько изобретений. 22 октября 1954 года реабилитирован КГБ при Совете министров СССР по ЗакВО. После освобождения вернулся в Баку, где жил до 1990 года.

С 1989 по 1998 годы — президент Ассоциации ТРИЗ. По инициативе Г. С. Альтшуллера в 1997 году на базе Ассоциации ТРИЗ была создана Международная ассоциация ТРИЗ (МА ТРИЗ).

Наибольшее развитие ТРИЗ получила в США. Этому, в частности, способствовало издание книг Г. С. Альтшуллера в США, Японии и в других странах, создание интеллектуальной программы для персональных компьютеров — «Изобретающая машина».

Минимальная техническая система



Рабочий орган (РО) - часть ТС, которая непосредственно выполняет функцию ТС. Например: у ТС «ракета-носитель» ракета – ракетный блок; у ТС «космический аппарат» РО - корпус и т.д.

Трансмиссия (Тр.) - часть ТС, которая передает энергию от двигателя к рабочему органу. Например: у РН трансмиссия – силовая конструкция.

Двигатель (Дв.) - часть ТС, которая преобразует один вид энергии в другой для обеспечения действия РО. Например: у ТС «ракета-носитель» двигатель – ракетный двигатель, преобразующий химическую энергию в механическую.

Органы управления (ОУ) - части ТС, с помощью которых ТС информирует о своем состоянии, работе и отдает команды на изменение режимов работы ТС, или отключение ее. ОУ бывают трех уровней:

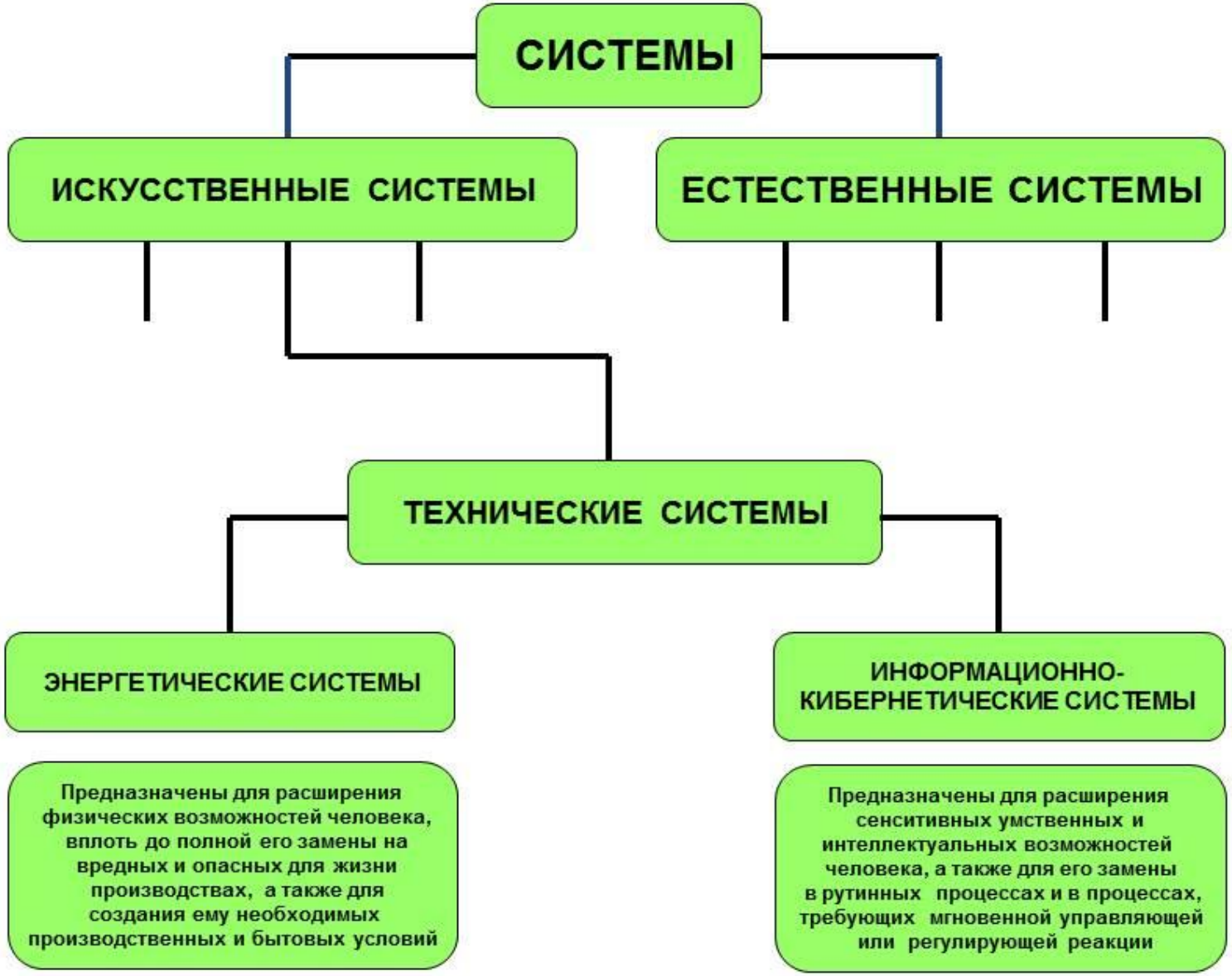
- получение и выдача информации от ТС (для РН - датчики командных приборов, - ГСП, ДУСы, А);
- выдача команд ТС (для рулевые машины ДУ);
- принятие решений по функционированию ТС (бортовой компьютер или человек-оператор).

Находятся вне ТС, но непосредственно связаны с ней:

- изделие - то, что обрабатывается рабочим органом (для РН - полезная нагрузка, для КА – целевая аппаратура или экипаж);

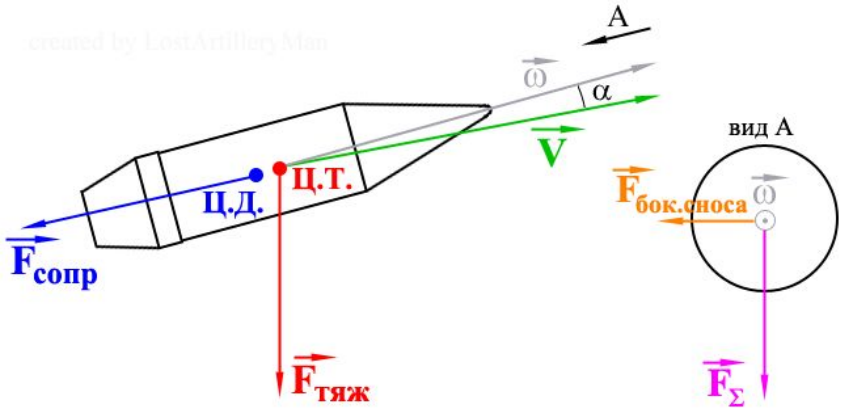
- источник энергии, используемой в ТС (для РН - топливо).

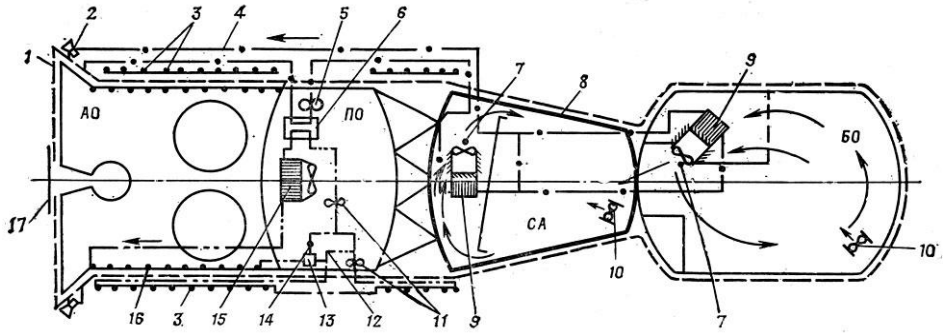
Виды технических систем



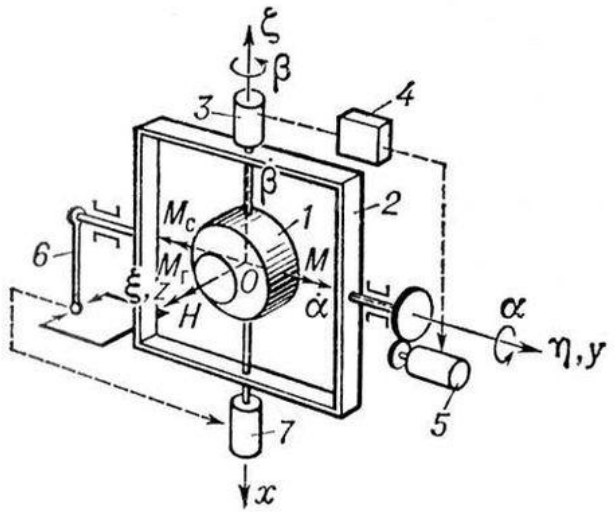
Законы диалектики - наиболее общие законы развития технических систем

1) **Закон единства и борьбы противоположностей** - ядро диалектики. Он служит источником возникновения любых объектов, в том числе материального мира и, в частности, ТС. Закон характеризует одно из основных понятий теории развития технических - противоречие. **Пример**: сила гравитации и сила тяги ракетного двигателя; внешние возмущения и работа системы стабилизации; охлаждение (нагрев) и работа системы терморегулирования.



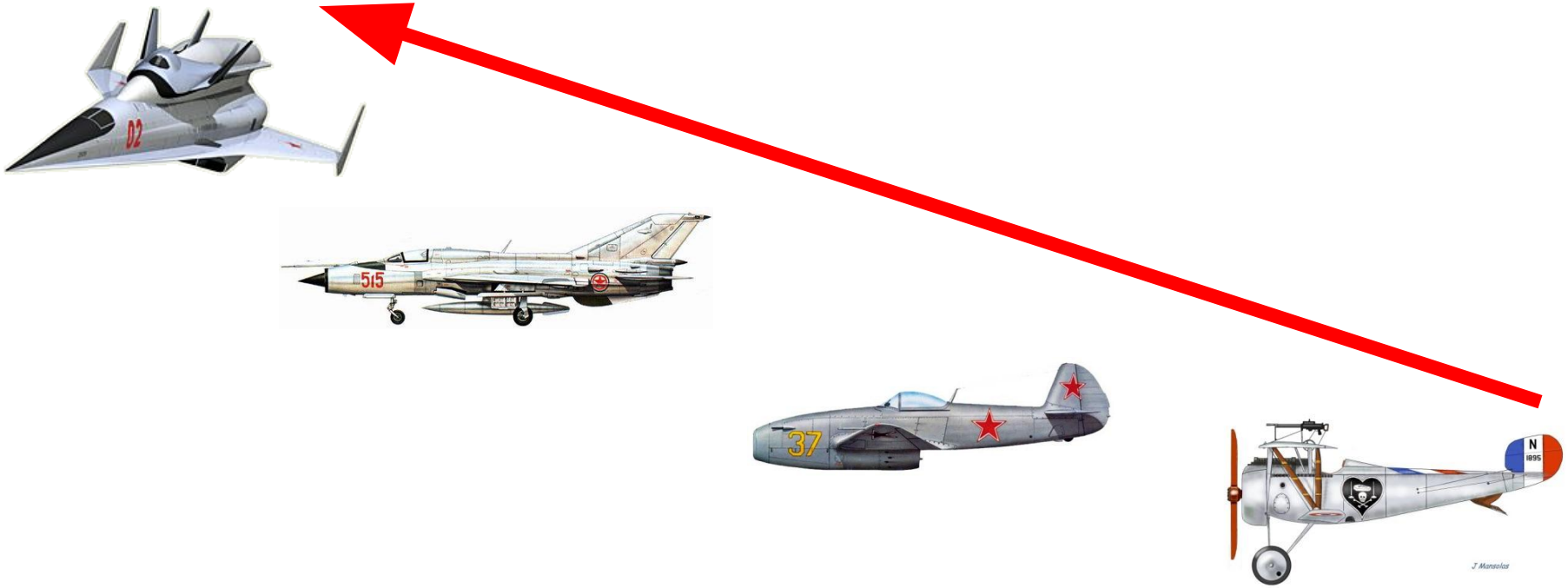


Принципиальная схема СОТР КК «Союз»:
АО - агрегатный отсек;
БО - бытовой отсек;
ПО - приборный отсек;
СА - спускаемый аппарат;
1 - ЭВТИ; 2 - двигатели ориентации;
3 - радиационные поверхности;
4 - контур КЖО; 5 - насос контура КЖО;
6 - жидкостно-жидкостный теплообменник;
7, 14 - датчики температуры;
8 - теплозащитная обмазка СА;
9 - теплообменник-конденсатор;
10 - комфортный вентилятор;
11 - насос контура КНР; 12 - контур КНР;
13 - регулятор расхода жидкости;
15 - газожидкостный теплообменник;
16 - змеевик агрегатного отсека;
17 - подвижная крышка сопла двигателя



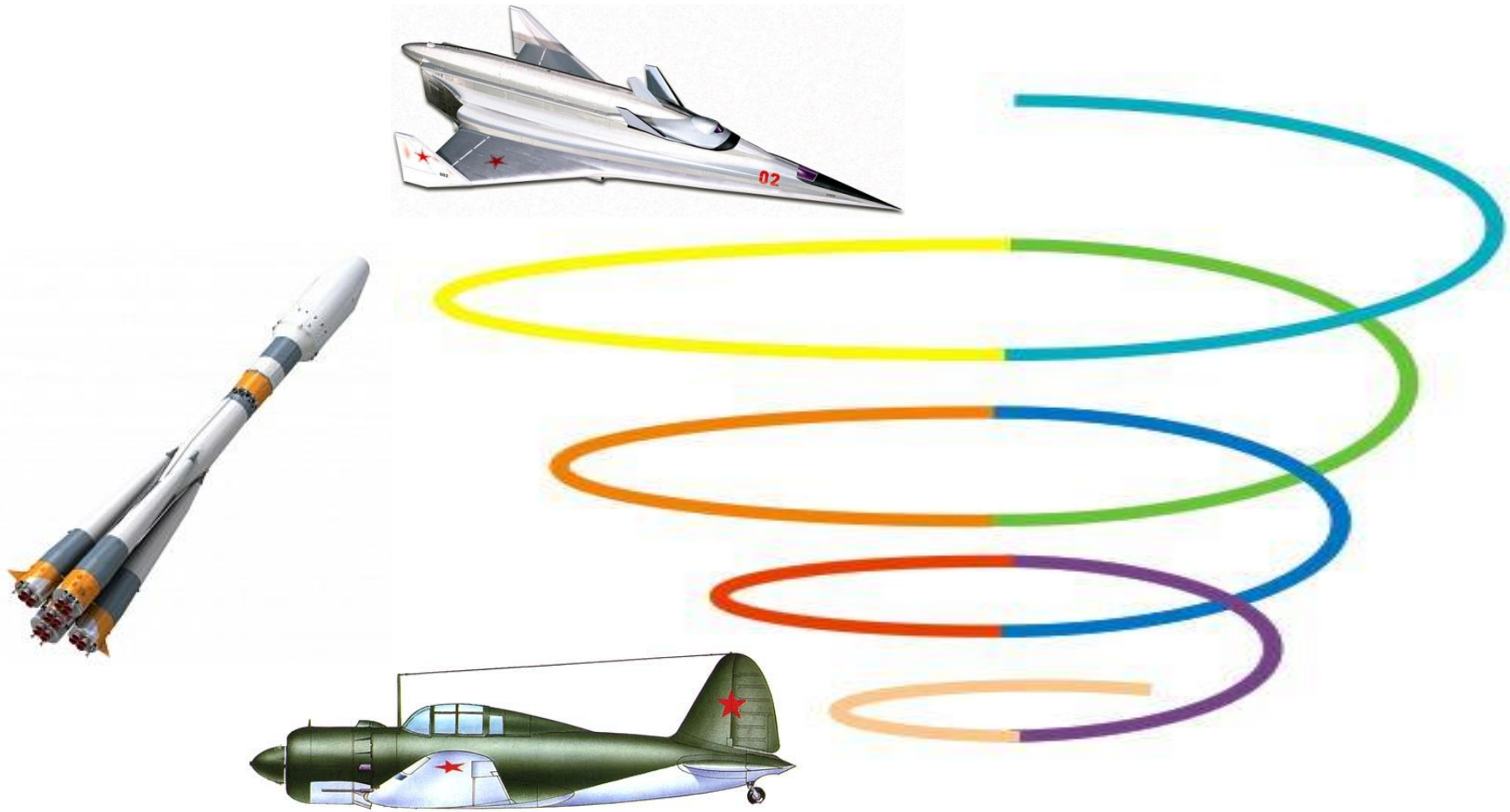
Законы диалектики - наиболее общие законы развития технических систем

2) **Закон количественно-качественных и качественно-количественных изменений**. Этот закон вскрывает общий механизм развития ТС. В процессе развития количественные изменения в системе происходят непрерывно. При достижении определенного предела совершаются качественные изменения. Новое качество ускоряет темпы роста. Количественные изменения при этом совершаются постепенно (эволюционно), а качественные - скачком. Характер и продолжительность скачка могут быть разнообразными - длительными и кратковременными, бурными и относительно спокойными, с взрывом и без них и так далее. **Пример**: увеличение скорости (количественные изменения) и развитие энергодвигательных установок (качественные изменения) переводят ЛА в новое качество: ЛА с поршневым мотором → дозвуковой ЛА с воздушно-реактивным двигателем → сверхзвуковой ЛА с воздушно-реактивным двигателем → гиперзвуковой ЛА с прямоточным воздушно-реактивным двигателем → космический ЛА с ракетным или ракетно-прямоточным двигателем. Вместе с тем, появляются и новые количественные характеристики (аэродинамический нагрев, изменение взаимного расположения центра давления и центра масс и т.д.).



Законы диалектики - наиболее общие законы развития технических систем

3) **Закон отрицания отрицания**. процесс поступательного развития ТС происходит в относительной повторяемости, как бы по пройденным ступеням. Но повторение каждый раз происходит на более высоком уровне с применением новых элементов, материалов, технологий и т.д. Можно сказать, что процесс развития происходит по спирали. **Пример**: ракетный ЛА является отрицанием ЛА самолетного типа, а воздушно-космический самолет – отрицанием ракетного ЛА (спираль !).



Законы развития технических систем (ЗРТС)

Законы развития технических систем Г. Альтшуллером были сгруппированы в три условные блока:

- ***Статика*** — законы, определяющие условия существования, формирования и структуры ТС;

- ***Кинематика*** — законы, определяющие развитие вне зависимости от воздействия физических факторов. Важны для периода начала роста и расцвета развития ТС;

- ***Динамика*** — законы, определяющие закономерности развития ТС от воздействия конкретных физических факторов. Важны для завершающего этапа развития и перехода к новой системе.

Законы развития технических систем (ЗРТС) Г.С.Альтшуллера

1. Закон полноты частей системы.
2. Закон «энергетической проводимости» системы.
3. Закон согласования частей системы.
4. Закон увеличения степени идеальности системы.
5. Закон неравномерности развития частей системы.
6. Закон перехода в надсистему.
7. Закон увеличения степени динамичности систем
8. Закон перехода с макроуровня на микроуровень.
9. Закон увеличения степени вепольности.

Статика

Кинематика

Динамика

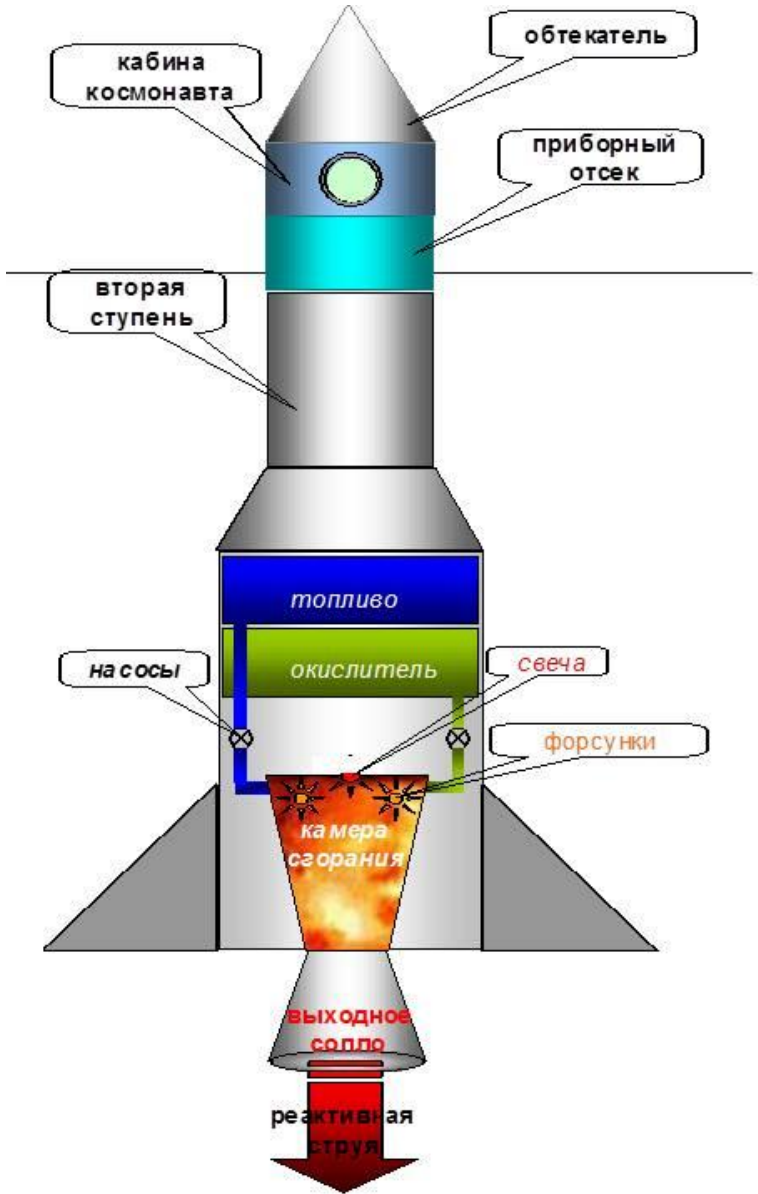
+

Закон развития системы по S-образной кривой

Закон вытеснения человека

Закон полноты частей системы

Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы.



Пример:
Минимальная полнота конструкции РН: топливо + ракетный двигатель + корпус (топливные баки – несущие и ненесущие, межбаковые переходные отсеки). ПГ может быть, но в принципе он не обязателен в данном случае.

Закон энергетической проводимости системы

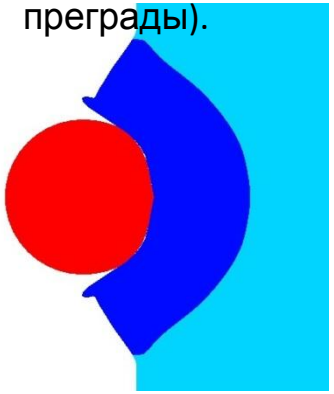
Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является сквозной проход энергии по всем частям системы.

Пример 1: ТС – РН (минимальная ТС). Структура энергетической проводимости:

а) Первичный источник энергии – химическая энергия ракетного топлива, преобразующаяся в механическую энергию в ракетном двигателе. механическая энергия передается (проходит) от ракетного двигателя к силовым элементам конструкции и далее к корпусу и системам и агрегатам на нем; с помощью турбогенератора механическая энергия может быть преобразована в электрическую, необходимую для электропитания систем и агрегатов

б) Управление ТС осуществляется электрической энергией (информационные сигналы от СУ), которая далее преобразуется в механическую энергию силового управления движением РН.

Пример 2: ТС – испытательный стенд. Нарушение энергетической проводимости при имитации удара метеорита в обшивку КА при изменении скорости с 7,9 км/с до 11,2 км/с (шарик разрушается не долетая до преграды).



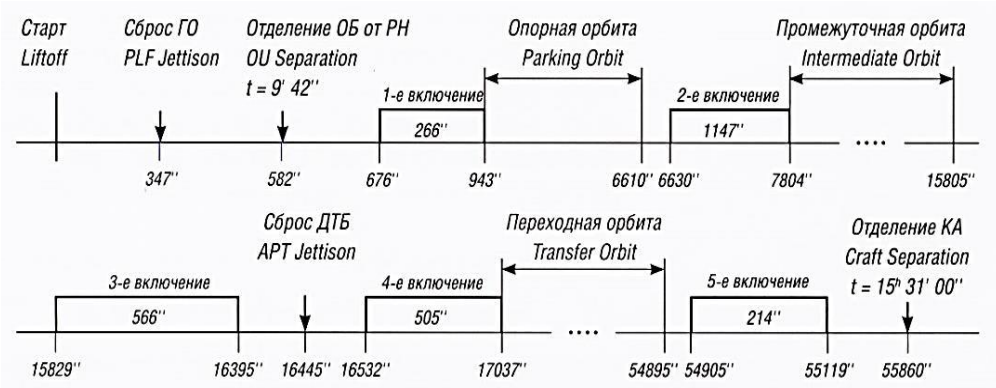
Закон согласования частей системы

Смысл этого закона в том, что элементы системы должны не мешать, а помогать друг другу. Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является согласование ритмики (частоты колебаний, периодичности) всех частей системы.

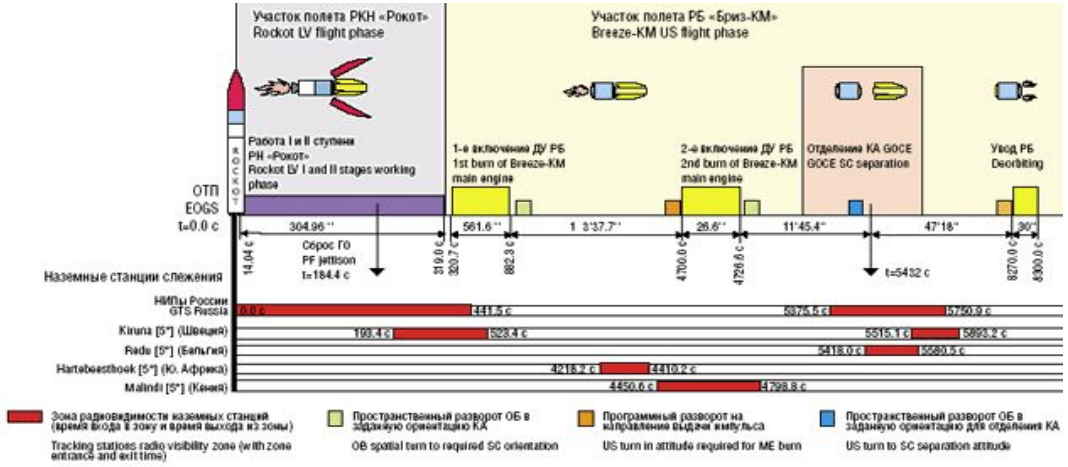
Пример:

Работа бортовых систем КА при выполнении какой-либо полетной операции в соответствии с заданной циклограммой.

Работа бортовых систем РН на участке выведения КА на орбиту ИСЗ.



Циклограмма выведения КА



Циклограмма полета КА GOCE на РКН "Рокот" с РБ "Бриз-КМ"

Технические системы в своем развитии проходят следующие этапы согласования:

Принудительное согласование - в системе, в которой имеются подсистемы с разным уровнем развития, эффективность более развитых систем снижается до уровня наименее развитых.

Пример. Скорость эскадры кораблей равна скорости самого тихоходного корабля.

Буферное согласование - согласование с помощью специально вводимых согласующих звеньев (подсистем, элементов).

Примеры. Коробка передач в автомобиле; трансформатор в электрической сети.

Свёрнутое согласование (самосогласование) - согласование за счёт самих подсистем, обычно благодаря тому, что хотя бы одна из них может работать в динамичном режиме. **Частным случаем такого самосогласования является ресурсное согласование** - с помощью имеющихся в системе ресурсов, чаще всего - производных. Согласованию-рассогласованию подлежат любые параметры технических систем, в том числе материалы, формы и размеры, ритмика действия, структура, энергетические, информационные и другие потоки и т. п.».

Закон увеличения степени идеальности

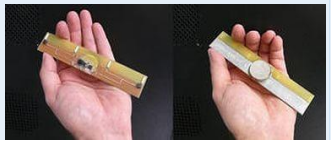
Закон увеличения степени идеальности – главный закон любой системы. Он состоит в том, что **развитие всех систем идет по пути роста степени идеальности** (техника не может развиваться, не приближаясь к идеалу).

Иными словами, **развитие есть эволюция в направлении увеличения эффективности.**

Идеальная техническая система - это система, параметры (вес, объем, площадь и пр.) которой стремятся к нулю, хотя ее способность выполнять работу при этом не уменьшается.

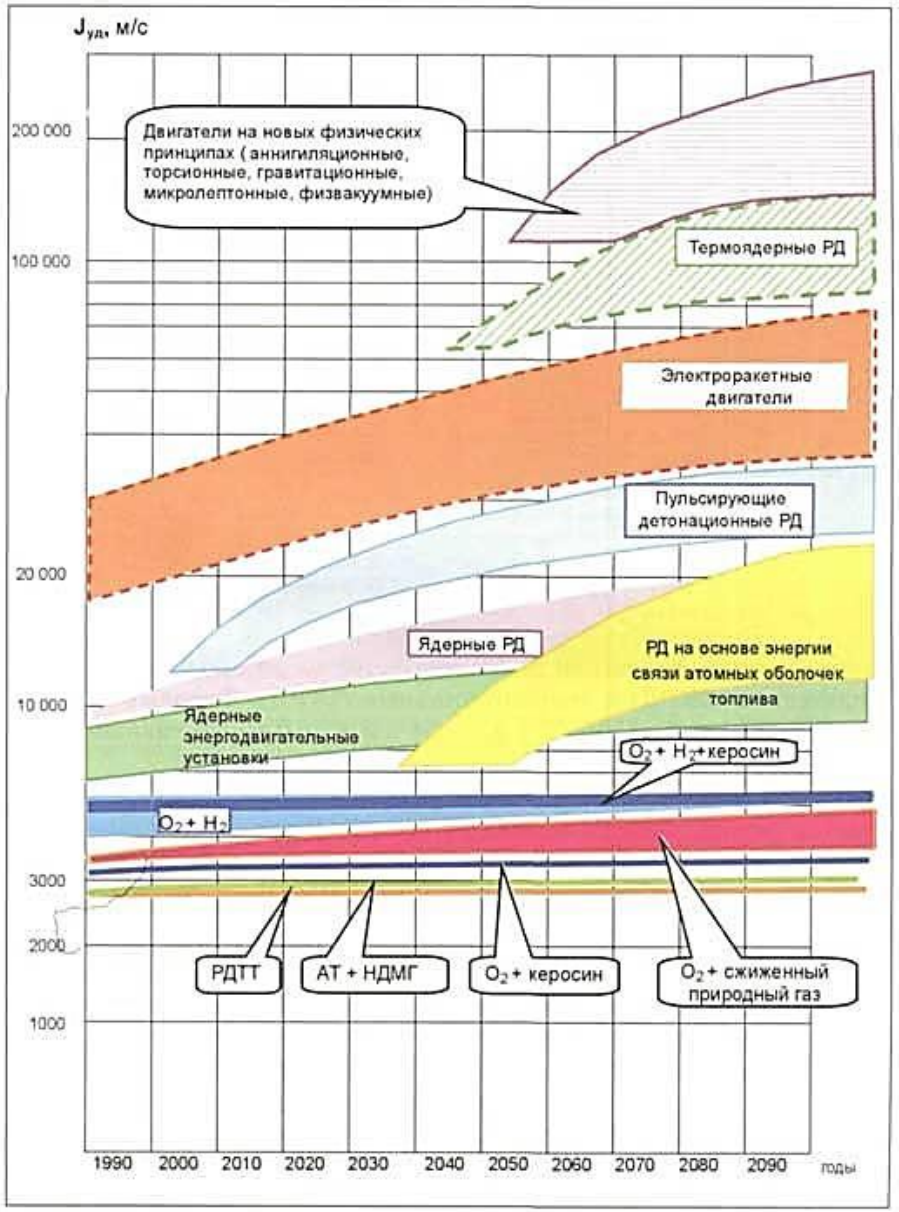
Иначе говоря, **идеальная система - это когда системы нет, а функция ее сохраняется и выполняется.**

Пример действия закона увеличения степени идеальности

Размерность КА	Масса, кг	Цена, €	Срок активного существования, лет
Большие	> 1000	> 300 млн.	> 10
Малые	< 1000	≤ 100 млн.	3-5
Мини	~ 500	~ 30 млн.	~ 2
Микро	~ 50	10 млн.	1,5
Нано	1-10	1 млн.	1
Пико	~ 100	100 тыс.	< 1
Фемто 	< 100	< 100 тыс.	< 1

Закон неравномерности развития частей системы

Развитие частей системы идет неравномерно. Чем сложнее система, тем неравномернее развитие ее частей.



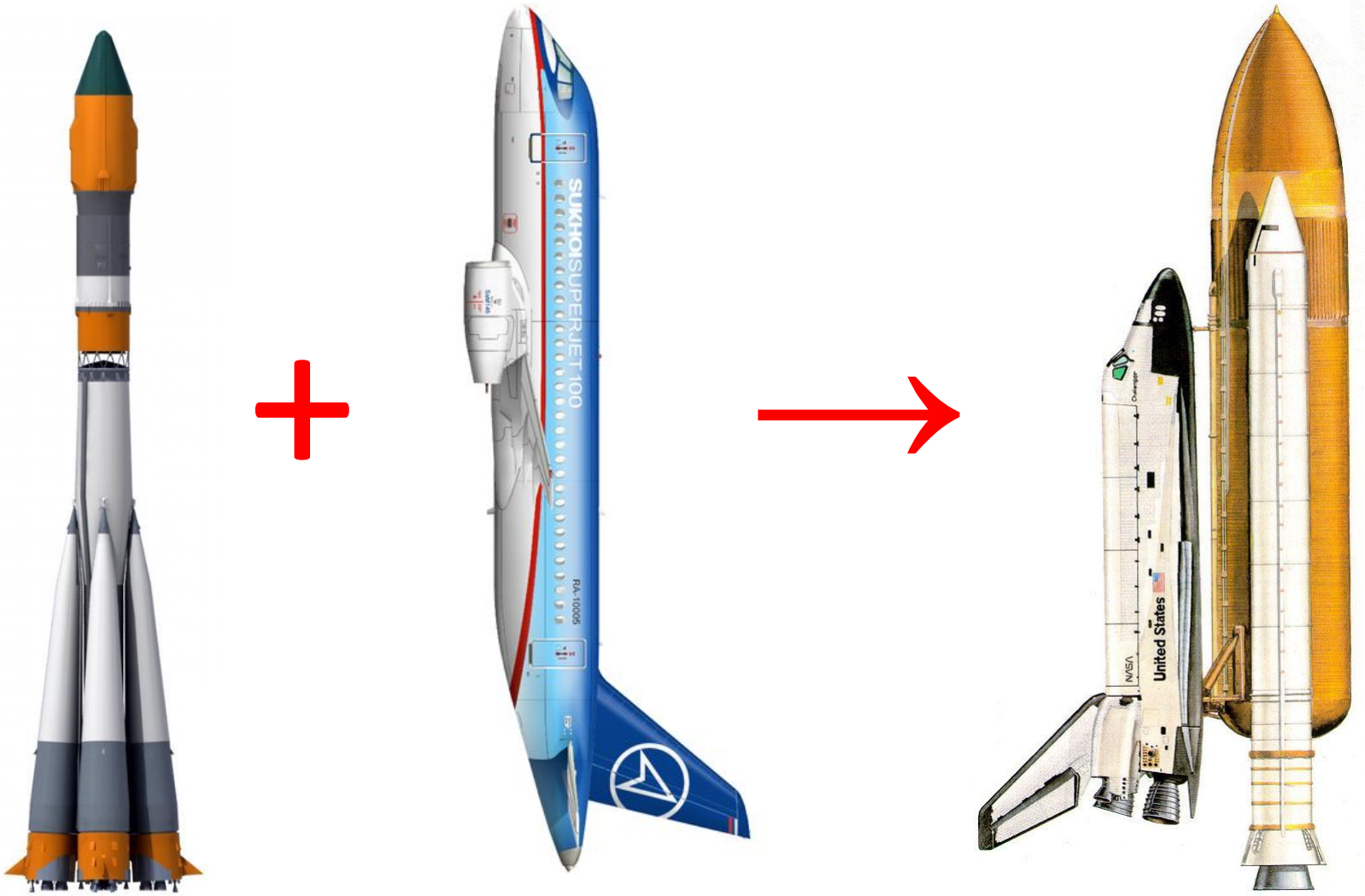
Пример: Развитие элементов РН. Развитие энергодвигательных установок опережает развитие других элементов РН.

Эффективность современных химических ракетных двигателей близка к теоретическому пределу, определяемому запасом химической энергии в топливе.

Закон перехода в надсистему

Исчерпав возможности развития, система включается в надсистему в качестве одной из частей. При этом дальнейшее развитие идет на уровне надсистемы.

Пример:

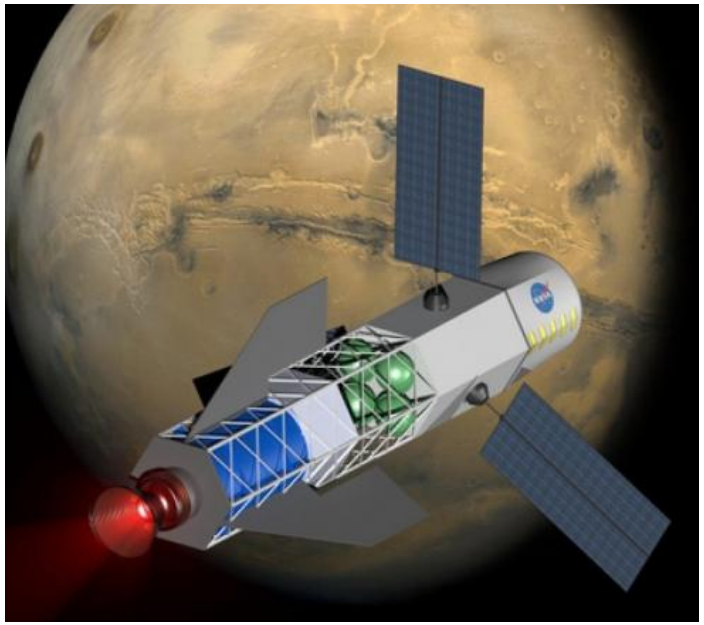


Закон увеличения степени динамичности систем

Закон увеличения степени динамичности представляет собой передох от статичной системы к динамичной, которая постоянно увеличивает свою динамичность.
Увеличение степени динамичности (динамизация) относится к структуре и управлению системой.

Пример:

Пассивный (неуправляемый КА)



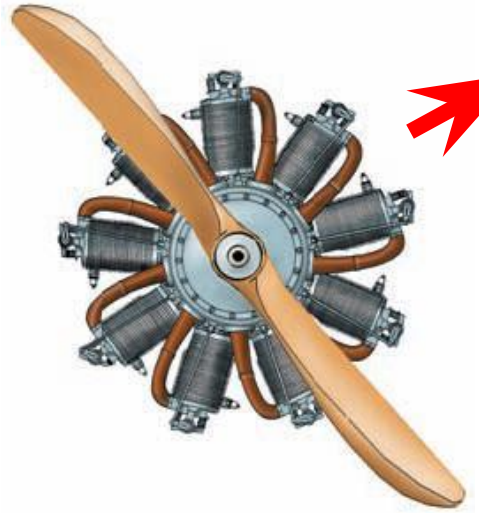
Управляемый КА

Закон перехода с макроуровня на микроуровень

Развитие рабочих органов системы идет сначала на макро-, а затем на микроуровне.

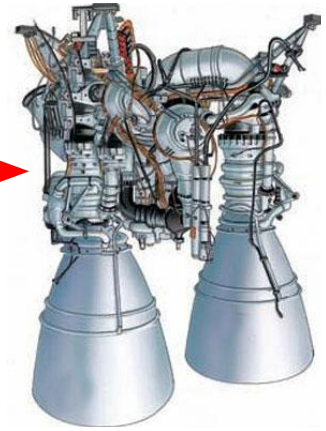
В большинстве современных технических систем рабочими органами являются «железки», например винты самолета, колеса автомобиля, резцы токарного станка, ковш экскаватора и т. д. Возможно развитие таких рабочих органов в пределах макроуровня: «железки» остаются «железками», но становятся более совершенными. Однако неизбежно наступает момент, когда дальнейшее развитие на макроуровне оказывается невозможным. Система, сохраняя свою функцию, принципиально перестраивается: ее рабочий орган начинает действовать на микроуровне. Вместо «железок» работа осуществляется молекулами, атомами, ионами, электронами и т. д.

Пример:

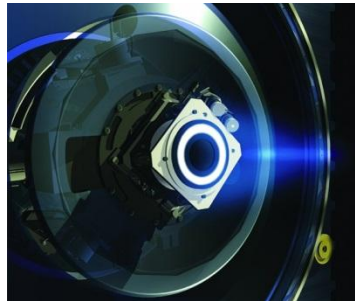


Воздушный винт самолета, Рабочий орган - винт

Воздушно-реактивный двигатель самолета, Рабочий орган – молекулы продуктов сгорания топлива



Ракетный двигатель Рабочий орган – молекулы продуктов сгорания ракетного топлива



Электроракетный двигатель Рабочий орган – ионы рабочего тела

Закон увеличения степени вепольности

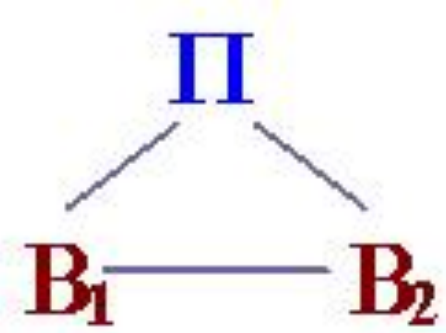
Развитие технических систем идет в направлении увеличения числа вещественно-полевых связей.

ВЕПОЛЬ то есть (Вещество + поле) — модель взаимодействия в минимальной системе, в которой используется характерная символика. Одно из базовых понятий в ТРИЗ, расширенно определяет вещество и поле:

«**ПОЛЕ**» включает в себя не только «естественные» физические поля:
электромагнитные, гравитационные, поля слабых и сильных взаимодействий, но и любое взаимодействие: семантическое поле, «технические» поля — механическое, инерционное, тепловое, акустическое, лучевое, запаховое.

«**ВЕЩЕСТВО**» — любой элемент, участвующий в задаче.

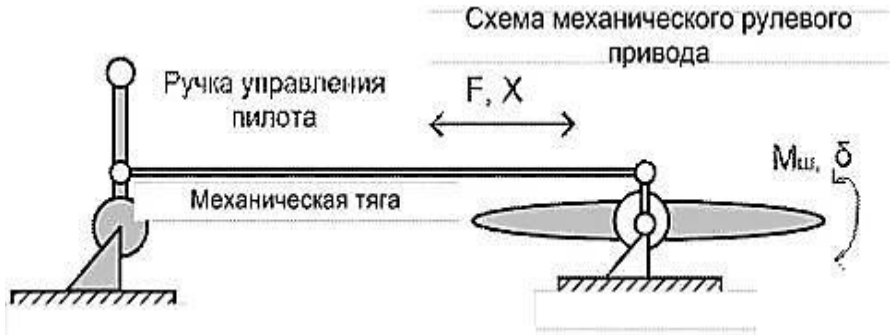
Простейший веполь состоит из двух элементов - веществ и поля их взаимодействия:



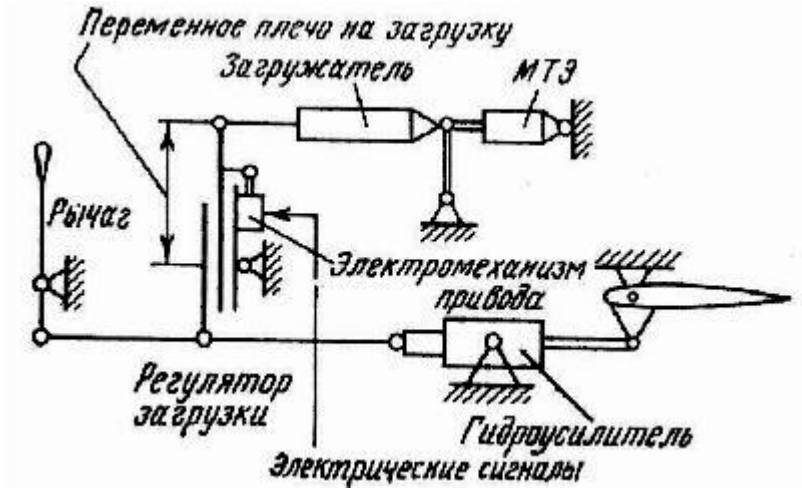
Закон увеличения степени вепольности

Смысл этого закона заключается в том, что невепольные системы стремятся стать вепольными, а в вепольных системах развитие идет в направлении перехода от механических полей к электромагнитным; увеличения степени дисперсности веществ, числа связей между элементами и отзывчивости системы

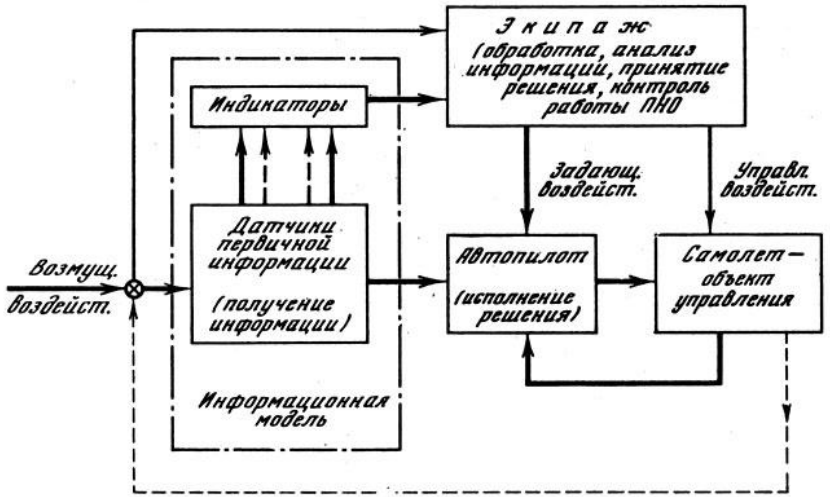
Пример: Система управления движением ЛА.



Простейший механический рулевой прив



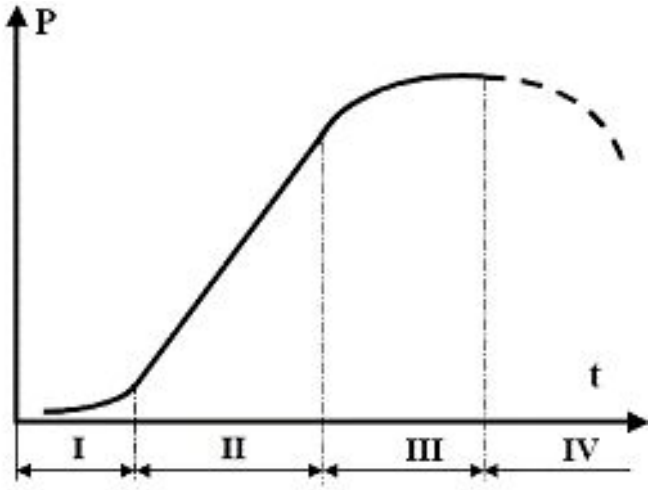
Рулевой привод с гидроусилителем



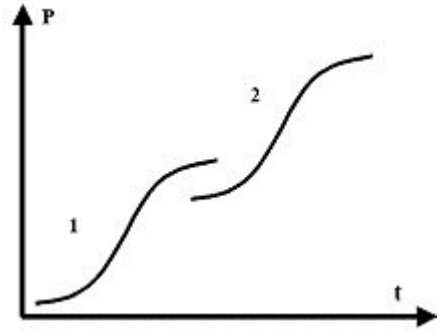
Система автоматического управления самолетом

Закон развития системы по S-образной кривой

Любая система (в том числе, коллектив или предприятие) развивается по S-образной кривой.



I - "зарождение" системы (появление идеи и опытных образцов),
II - промышленное изготовление системы и доработка системы в соответствии с требованиями рынка,
III - незначительное «совершенствование" системы, как правило, основные параметры системы уже не изменяются, происходят "косметические" изменения, чаще всего не существенные,
IV - ухудшение определенных параметров



Скачкообразное развитие систем - переход на новый принцип действия

Огибающая кривая

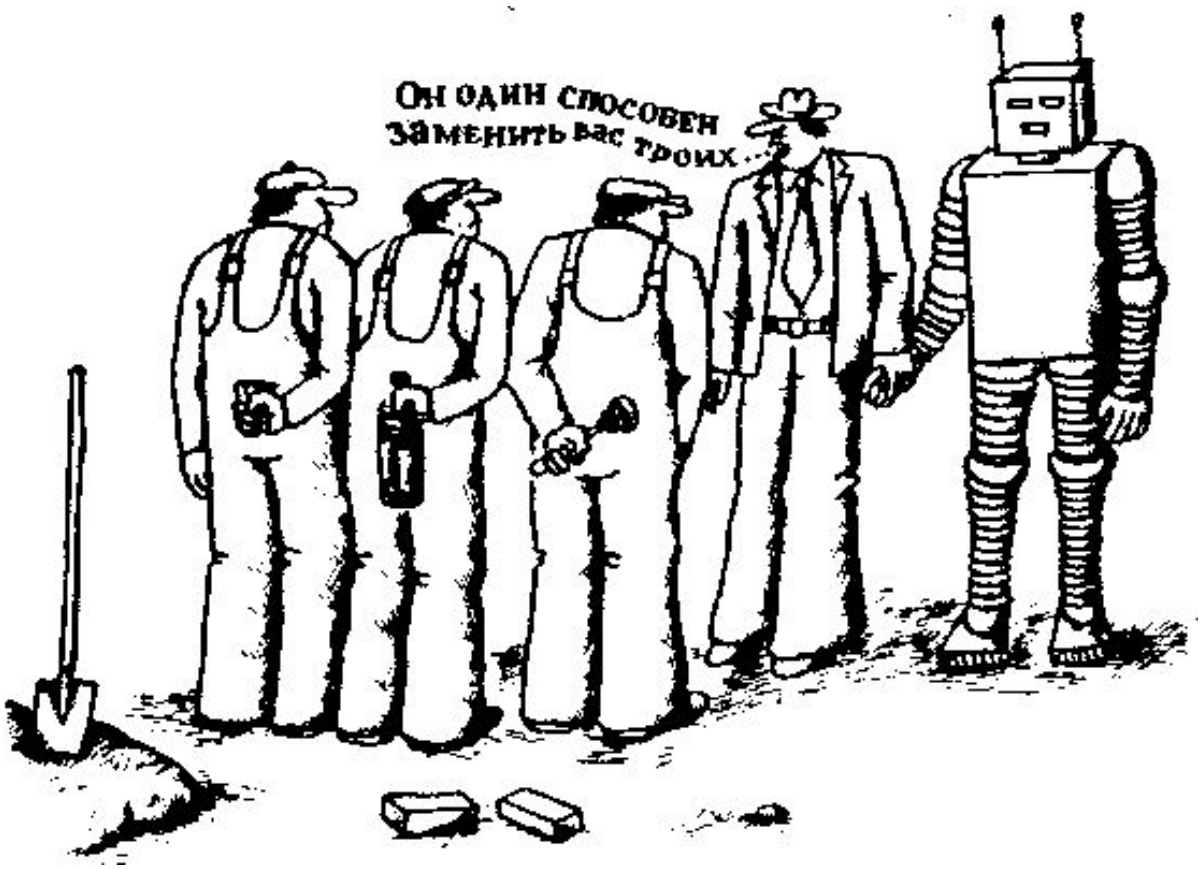
Закон вытеснения человека

В процессе развития технической системы происходит поэтапное вытеснение из неё человека, то есть техника постепенно берёт на себя ранее выполнявшиеся им функции, тем самым приближаясь к полной (выполняющей свои функции без участия человека) системе.

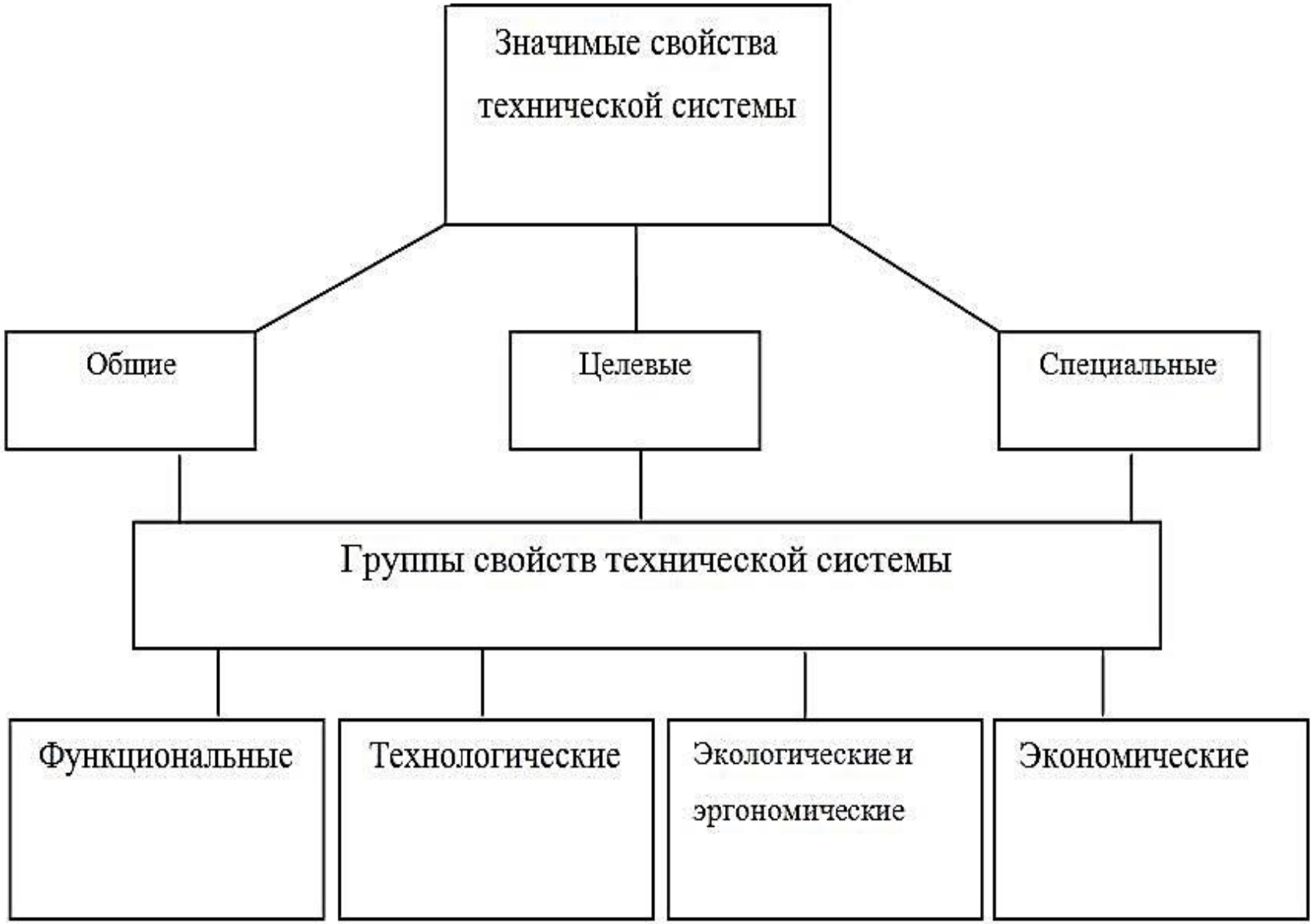
Возможны два пути вытеснения человека из технической системы:

Первый - вытеснение человека как индивида, замена его деятельности устройствами, выполняющими те же операции. В подавляющем большинстве случаев это неверный, тупиковый путь.

Второй, более эффективный - отказ от «человеческого» принципа работы, технологии, рассчитанной на человеческие возможности и интеллект. Это становится возможным только после выявления, упрощения и «деинтеллектуализации» выполняемых функций.



Структура значимых свойств технической системы



Критерии прогрессивного развития технических систем

В целом задачи проектирования технической системы сводятся к достижению одной из следующих **целей**:
– задаются полезные функции и свойства технических систем, требуется реализовать их при возможно меньших затратах (плате за пользу);
– задаются допустимые затраты (плата за пользу), требуется достичь возможно большей пользы (реализации новых функций и свойств и/или улучшения параметров существующих свойств).

Для **формирования критериев прогрессивного развития технических систем** в общем случае необходимо определить две группы свойств.
1. Общие значимые и целевые свойства технических систем, непосредственно влияющие на полезность (потребительскую ценность) технических систем.
2. Свойства, определяющие плату за полезность, а также специальные значимые свойства, непосредственно не влияющие на полезность технических систем.

При формировании критериев прогрессивного развития следует учитывать, что **совместная полезность нескольких совместно функционирующих технических систем обладает свойствами *аддитивности***, которые зависят от следующих условий.
1. Если две однотипные технические системы работают одновременно, в разных (но смежных) пространствах, то совместная суммарная полезность практически равна сумме их полезностей. Например, таким образом, может складываться полезность двух КА ДЗЗ (производительность съемки).
2. Если однотипные технические системы функционируют в разных смежных пространствах и последовательно во времени, то совместная полезность, как правило, не возрастает и практически равна полезности одной технической системы.
3. При последовательной во времени работе однотипных технических систем в смежных пространствах совместная полезность возрастает, но обычно бывает меньше суммы полезностей отдельных однотипных технических систем (например, совместная полезность двигателей многоступенчатой ракеты).

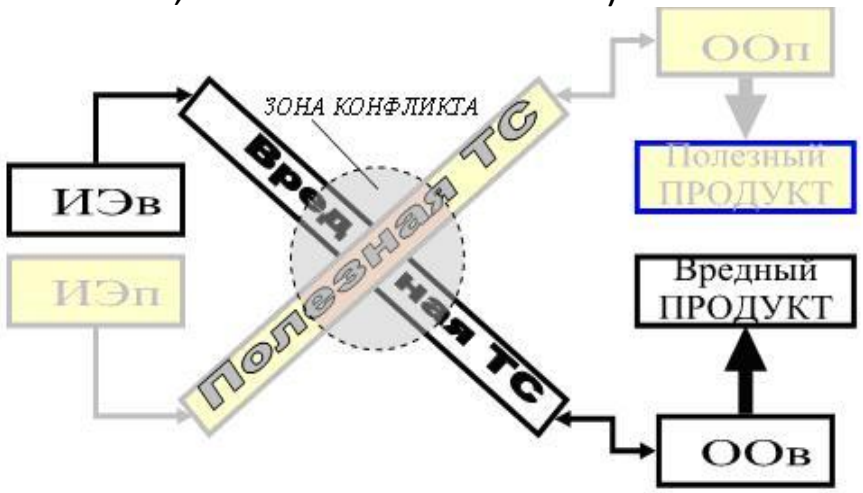
Понятие «вредной» системы

Систему, которая производит нежелательный называют **"Вредной системой"** ("Вредной машиной" в механистическом представлении). Как правило, эту систему никто не проектировал - нежелательный продукт появляется как бы **сам**.

Примеры:

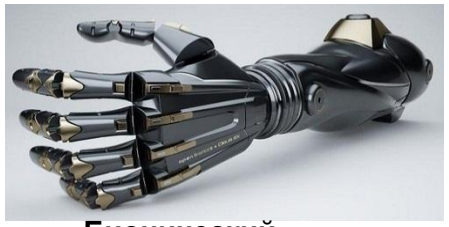
1. При работе РДТТ ракеты вредный продукт – токсичные соединения хлора и озоноразрушающие вещества на основе хлора.
2. При пуске РН вредный продукт – отделяющиеся части (ракетные блоки, головной обтекатель).

При поиске возможных путей решения проблемы, рассмотренной в такой трактовке, удобно использовать и понятие "антисистема", то есть, система, производящая действие, обратное "вредному". Отметим, что действие, обратное "вредному" вовсе не обязательно то полезное действие, которое производит ТС.

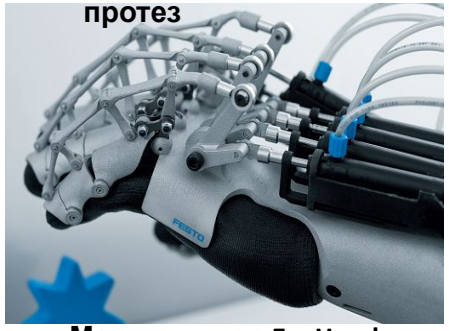


Космические системы, приборы и устройства на LIFE-принципах

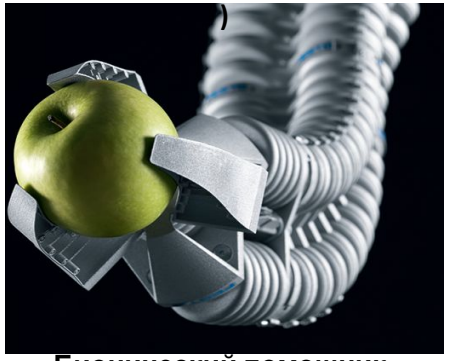
Удачные и неудачные примеры подражания человека природе



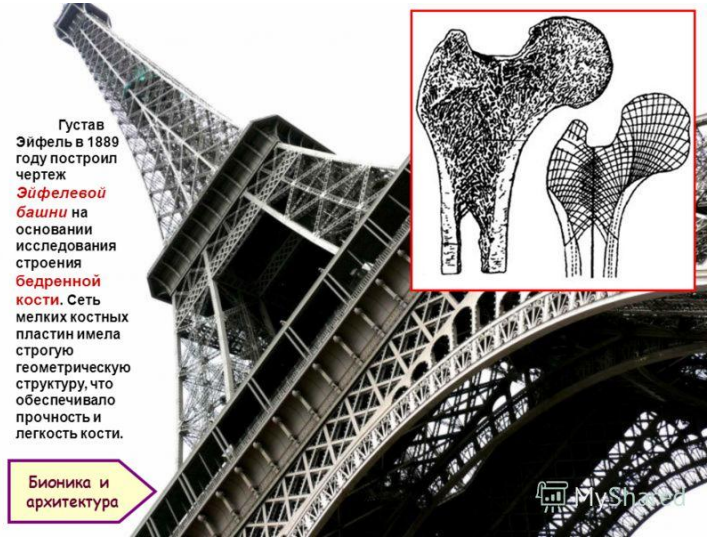
Бионический протез

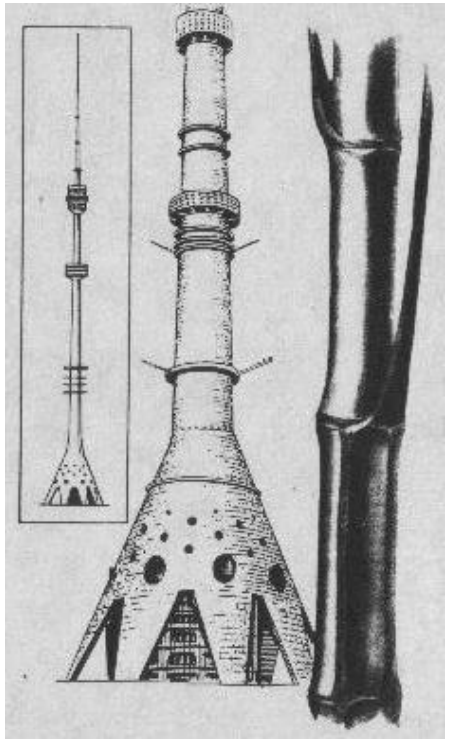


Манипулятор ExoHand (компании Festo , Германия)

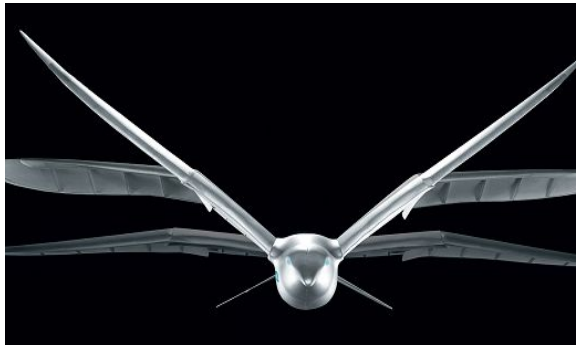


Бионический помощник-манипулятор компании Festo , Германия





Проект махолета Леонардо да Винчи



Робот-чайка (SmartBird, компании Festo , Германия): длина - 1 м, размах крыльев — 2 м, масса — 450 г

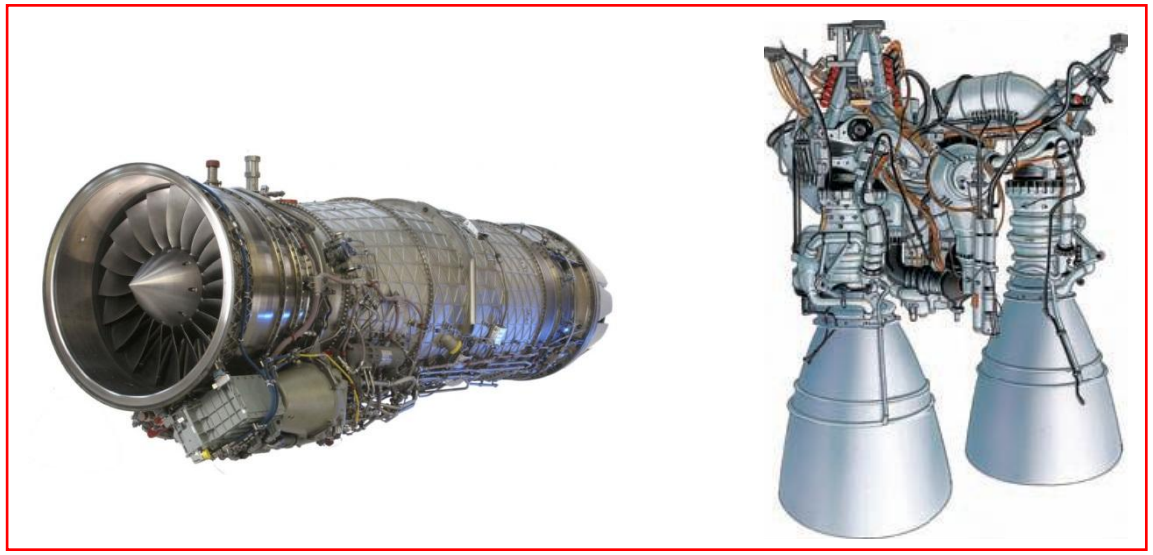
Полноразмерный летательный аппарат-орнитоптер - ?

Реактивное движение в природе

Большинство **медуз** (*Rhizostomae*) двигаются реактивным способом, выталкивая воду из полости зонтика

Морская звезда (*Asterias vulgaris*) резко сжимает створки своей раковины, с силой выталкивая из неё воду

Движение **кальмара** (*Teuthoidea*) создается за счет выбрасывания воды через узкое сопло (воронку).



«...природа иногда указывает, как самые сложные задачи решаются с поразительной простотой».

Свойства технической системы – аналоги свойств биологической системы

Соответствие между структурными уровнями биологических и технических систем

Структурные уровни биологической системы	Структурные уровни технической системы
Молекулярно-генетический	Микро-, наноструктура конструкционных материалов
Клеточный	Электронная компонентная база, электромеханические компоненты
Онтогенетический (организменный)	Приборы, системы и агрегаты
Популяционно-видовой	Изделия (ракета-носитель, космический аппарат и т.д.)
Биосферный (биогеноценотический)	Ракетно-космическая техника

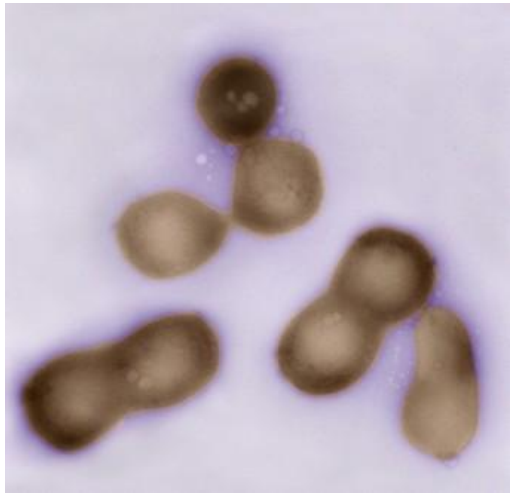
Свойства изделия ракетно-космической техники

Свойства живого	Краткая характеристика
1.Единство структурной организации	Электронная компонентная база, электромеханические компоненты –структурные единицы изделия, его функционирования, конструкции, онтогенеза
2.Дискретность и целостность	Изделие состоит из взаимодействующих систем и агрегатов, образующих единое целое
3.Метаболизм (энергетика)	Состоит из взаимосвязанных процессов потребления, преобразования и диссипации различных видов энергии (в настоящее время – химической, электрической, механической и ядерной)
4.Саморегуляция	Сохранение относительного постоянства внутренней среды – температуры и газового состава
5.Открытость	Поддержание постоянного обмена веществом и энергией между внутренней и внешней средой, техническое обслуживание в полете
6.Размножение (создание, производство)	Обеспечивает непрерывность существования и преемственность модификаций и новых изделий
7.Наследственность и изменчивость	Поддержание относительного постоянства элементной базы, переход на новую технологическую базу при изменении технологического уклада
8.Рост и развитие	В широком смысле – появление новых изделий. В узком смысле – изменение конструкции изделия в полете (например, за счет стыковки, установки новых систем)
9.Раздражимость и движение (управляемость)	Реагирование на команды наземного комплекса управления
10.Ритмичность (функционирование в соответствие с циклограммой полета)	Многолетние, годичные, сезонные, месячные, суточные ритмы – как приспособление к меняющимся условиям среды (разворот солнечных батарей за Солнцем, изменение угловой ориентации изделия для съемки, включение целевой аппаратуры коррекция орбиты и т.д.)

Альтернативная биохимия (неорганическая жизнь)

Элемент (соединение) органической жизни	Альтернативный элемент (соединение) неорганической жизни	Возможные свойства альтернативных биохимических соединений
Углерод + Водород	Кремний + Кислород	Атомы кремния имеют большую массу и радиус, чем атомы углерода, они сложнее, образуют двойную или тройную ковалентную связь, что может помешать образованию биополимеров. Соединения кремния не могут быть настолько разнообразны, как соединения углерода. Силиконы — полимеры, включающие цепочки чередующихся атомов кремния и кислорода, более жаропрочны. Роль универсального растворителя должна играть не вода, а серная кислота
	Азот + Фосфор	В комплексе с азотом, возможно образование более сложных ковалентных связей, что делает возможным возникновение большого разнообразия молекул, включая кольцевые структуры. Некоторые этапы цикла на основе фосфора и азота являются энергодефицитными.
	Азот + Бор	На основе комбинации бора с азотом невозможно создать разнообразие химических реакций, сравнимое с известным в химии углерода.
Фосфор	Мышьяк	Мышьяк, будучи встроен в структуру ДНК и РНК, является «слабым звеном», так как формируемые им химические связи легко рвутся из-за высокой реакционной способности атома мышьяка (при комнатной температуре). Однако при низких температурах биологическая молекула с мышьяком достаточно стабильна.
Вода	Аммиак	При давлении в 1 атм. находится в жидком состоянии при температурах от −78 до −33 °C. По ряду свойств напоминает воду, но при замерзании твёрдый аммиак не всплывает вверх, а тонет (в отличие от водного льда).
	Фтороводород	Способен к образованию межмолекулярных водородных связей. Высокая реакционная способность, в частности, с диоксидом кремния и алюмосиликатами
	Цианистый водород	Соединение термодинамически неустойчиво. Довольно быстро осмоляется, особенно в присутствии катализаторов (кислот, оснований, глины и др.). Иногда разложение протекает со взрывом.
Кислород	Сера	Серная кислота при давлении в 1 атм. замерзает при +10 °C и кипит при +290 °C, хорошо растворяет различные вещества.

Синтетическая жизнь



Синтезированная *Mycoplasma mycoides JCVI-syn 1.0* под электронным микроскопом

Крейгу Вентеру (Университет штата Нью-Йорк в Буффало, США) в 2010 г. удалось «пересадить» синтезированную ДНК из одной бактерии Mycoplasma mycoides в другую бактерию того же рода Mycoplasma capricolum. После пересадки ДНК Mycoplasma capricolum благополучно размножалась, приобретя характеристики бактерии донора ДНК. Бактерия получила имя Синтия (JCVI-syn 1.0). Использовалась для ликвидации последствий разлива нефти в Мексиканском заливе. Однако затем мутировала и стала способная существовать на любом белковом субстрате.

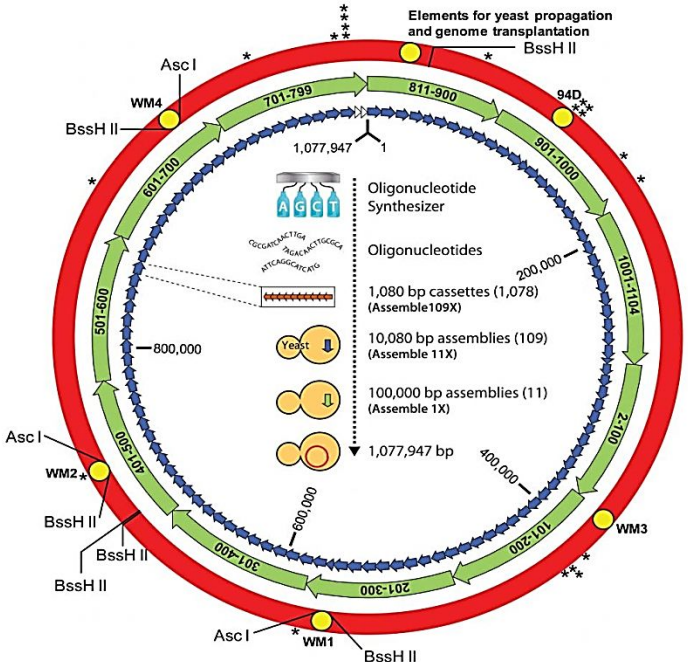


Схема замены генома

Проекты создания и исследования цифровой синтетической жизни

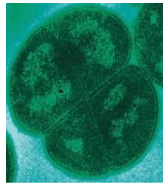
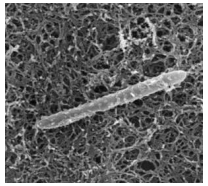
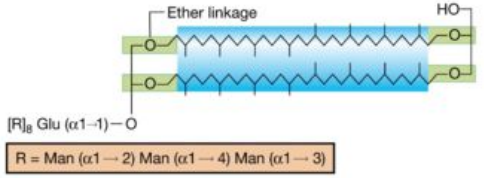
Проект	Авторы	Описание
Ascape	Центр исследования социальных и экономических явлений, институт Брукинса, США	Java-среда моделирования и анализа поведения групп автономных агентов. Обновлялась в 2000 г.
DDLab	Андрей Вьюнш, компания Discrete Dynamics Lab	Система создания клеточных автоматов с многомерной логикой, использующая технологию случайных логических сетей. Обновлена в декабре 2004 г.
Framsticks	Группа польских энтузиастов	Мощная система трехмерного моделирования, имитирующая эволюцию особей в мире, напоминающем земной. При этом корректно реализованы понятия генотипа, физического организма, мозга и нервной системы (нейронные модели), цепочки восприятия (среда – рецепторы – мозг – эффекторы – среда) и общей экосистемы. Обновлена в августе 2004 г.
Ant Farm, Ant World	Роберто Матурана, Испания; Бен Бланделл, Великобритания	Симуляторы поведения муравьев Ant Farm – один из лучших в этом классе по наглядности. Его коллега AntWorld более сложный и менее красивый, но содержит немало настроечных параметров и средств анализа
Evolutionz	Дмитрий Маринакис, Филипп Канзл, Канада	Трехмерная модель среды, в которой искусственные насекомые, управляемые нейронными сетями, конкурируют за пищевые ресурсы. Позволяет проводить эксперименты по созданию стабильной экосистемы путем манипулирования различным параметрами. За счет сложности среды каждый сеанс работы формирует уникальный мир и позволяет изучать оригинальные стратегии выживания

Синтетическая биология

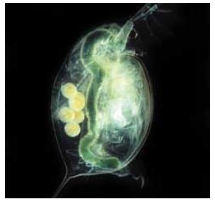
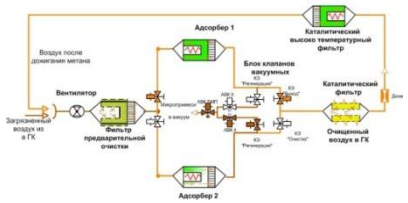
- Современная синтетическая (системная) биология представляет собой инженерный инструментарий для проектирования функциональных и управляемых живых систем с заданными свойствами – энергетического, промышленного и производственного характера.
- В настоящее время в мире насчитывается около 30 лабораторий синтетической биологии, из них – 21 в США (MIT, Bercley. Harvard), выполняющих заказы для NASA, Министерства обороны США, оборонно-промышленных компаний Raytheon, Lockheed Martin, L3 Communications и др.
- Руководители лабораторий и правительственных департаментов синтетической биологии – как правило ведущие специалисты по радиоэлектронике и информационным системам в системах CAD и CISO
- Результатом работы лабораторий являются работоспособные участки генетического кода, способные к выполнению заложенной программы, которые возможно патентовать и использовать в коммерческой промышленной биотехнологии
- С 2008 года в направление синтетической биологии в США и Европе инвестировано более 2 млрд. долл., из них результаты на 1,2 млрд. доступны для внедрения в университетских лабораториях

Функциональные life-like системы

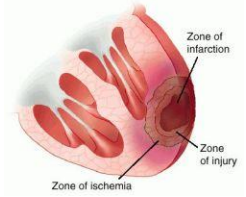
1. **Системы экстремальных состояний**

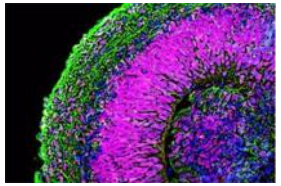
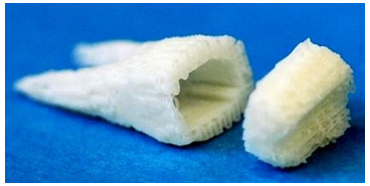
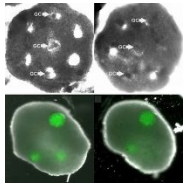




2. **Системы жизнеобеспечения**

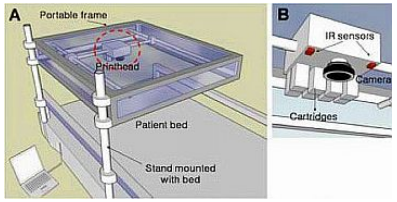



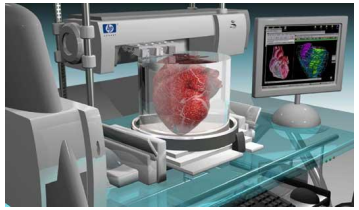
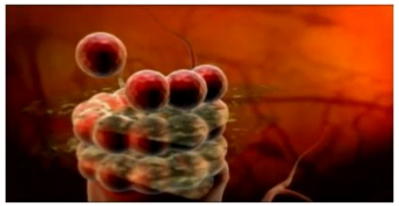
3. **Регенеративные системы**



4. **Инженерные системы**



Источники данных для биосистем экстремальных состояний

Экстремофилы — совокупное название для живых существ (в том числе бактерий и микроорганизмов), способных жить и размножаться в экстремальных условиях окружающей среды (экстремально высокие/низкие температуры, чрезмерное давление и т. п.).

термофилы	способны переносить высокие температуры (+45… +113 °C)
психрофилы	способны к размножению при сравнительно низких температурах (-10… +15 °C)
ацидофилы	живут в кислотных средах (pH 1—5)
алкалифилы	живут в щелочных средах (pH 9—11)
барофилы	выдерживают сверхвысокое давление
осмофилы	организмы, способные жить в растворах с чрезвычайно высокой концентрацией осмотически активных веществ и соответственно при высоком осмотическом давлении (например, микроскопические грибки, употребляющие мёд в качестве субстрата)
галофилы	живут в соляных растворах с содержанием NaCl 25—30 %
ксерофилы	выживают при минимальном уровне влаги

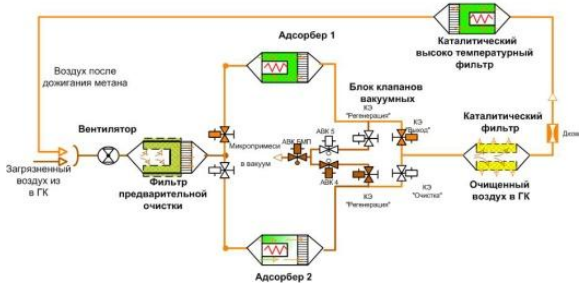
Регенеративные технологии пилотируемой космонавтики

В процессе длительного полета самой важной задачей является сохранение жизни и здоровья космонавтов. В условиях невесомости, повышенной радиации, отсутствия магнитного поля и невозможности рассчитывать на стороннюю помощь, эта задача должна решаться с использованием всех имеющихся сейчас возможностей.

Проблемы	Возможные life-like решения
Радиационное воздействие	Радиопротекторы, сверэкспрессия генов стрессоустойчивости человека
Деминерализация костной ткани и мышечная атрофия	Генетический отбор, метилирование генов, ответственных за остпороз
Отек зрительного нерва, повреждения хрусталика	Генетический отбор, синтетические импланты, химерные органы
Повреждения внутренних органов	Регенеративная медицина, клеточная терапия

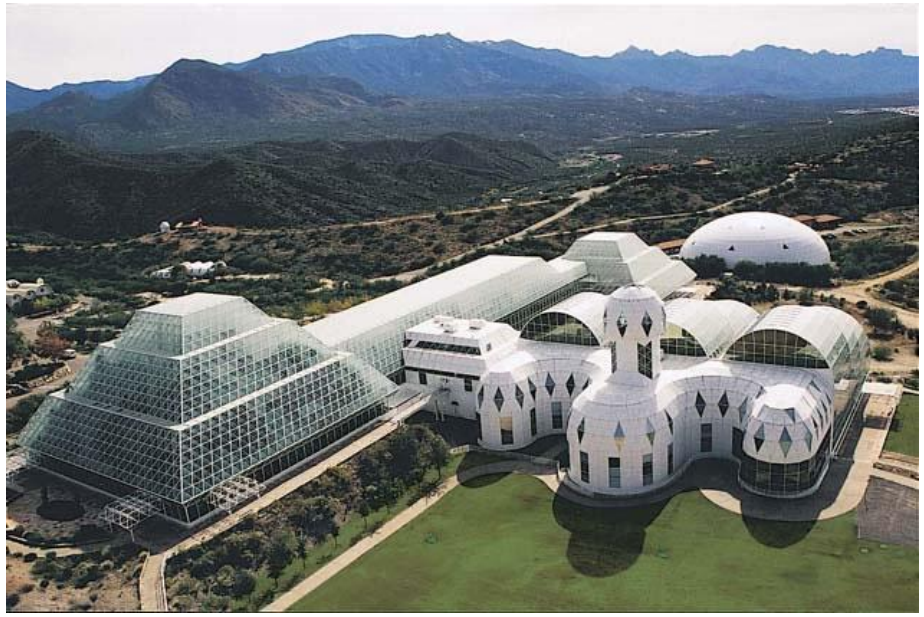
Life-like системы жизнеобеспечения

Клеточноподобные системы, основанные на достижениях синтетической биологии и инженерии, позволят создавать life-like системы жизнеобеспечения, аналогичные существующим сегодня на космических станциях (в некоторых случаях – дублирующих их).



1. Система обеспечения газового состава атмосферы (СОГС).
2. Система водообеспечения (СВО)
3. Система питания экипажа (СОП)
4. Средства регулирования температуры и влажности атмосферы (СРТ)
5. Средства удаления и переработки отходов (СУО)
6. Средства регулирования давления (СРД)
7. Средства санитарно-бытового обеспечения (ССБО)
8. Средства индивидуальной защиты экипажа (СЗ): — аварийно-спасательные скафандры, дыхательные маски, обеспечивающие защиту экипажа в аварийных ситуациях — при разгерметизации отсека, возникновении пожара и т.п.
9. Система резервного электроснабжения

Инженерные проблемы в создании life-like систем



Эксперимент «BIOSPHERE-2»

(1984-1991 гг., Аризона, США)

1. Площадь — 1,27 га
2. Объем атмосферы — 203 760 м^3.
3. Количество видов растений и животных — более 3000
4. Количество моделируемых биомов — 7 биомов (лес, саванна, пустыня, болото, океан с коралловым рифом, сельскохозяйственные угодья)
5. Население (люди) — 8
6. Планируемое время эксперимента — 2 года

Результаты эксперимента: Через 15 месяцев после закрытия изолирующей оболочки
- уровень кислорода упал до критического
- вымерло 18 из 25 помещенных по купол видов позвоночных
- вымерло большинство насекомых
- возникли серьезные проблемы с загрязнением воды и воздуха и регулированием температуры

1. Технологии капсулизации клеточных культур
2. Технологии управления трансформацией клеток
3. Адаптивные технологии точных манипуляций (хирургические роботы, биопринтеры, специальные мембраны и т.д.)
4. Создание специальных сред – каркасов, биоинкубаторов и реакторов
5. Технологии контроля и исправления ошибок

Гибернация и анабиоз

Гибернация— искусственно созданное состояние замедленной жизнедеятельности организма у теплокровных животных, в том числе и человека, напоминающее состояние животного в период зимней спячки, которое достигается при помощи нейроплегических средств, блокирующих нейро-эндокринные механизм

Анабиоз — временное замедление или прекращение жизненных процессов в организме под воздействием внешних или внутренних факторов. При этом дыхание, сердцебиение и другие жизненные процессы замедленны настолько, что могут быть обнаружены только с помощью специальной аппаратуры.

Предельная степень обратимого обезвоживания разных организмов

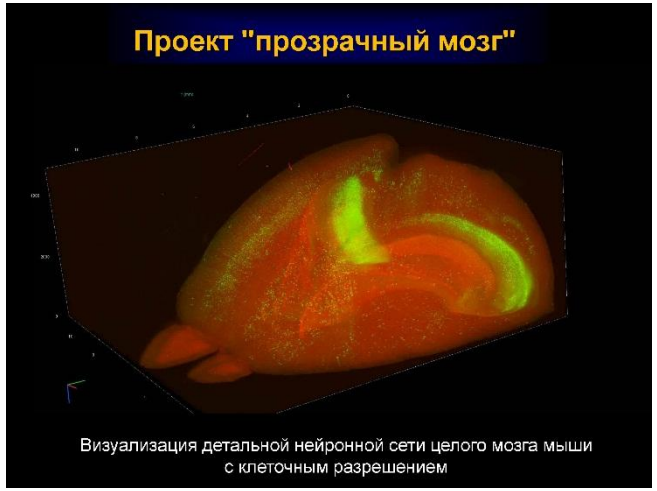
Объект	Обезвоживание, %
Коловратки, тихоходки, нематоды	100
Кольчатые черви	75
Насекомые	12-26
Амфибии	33-47
Пресмыкающиеся	14
Мышь	34
Человек	10

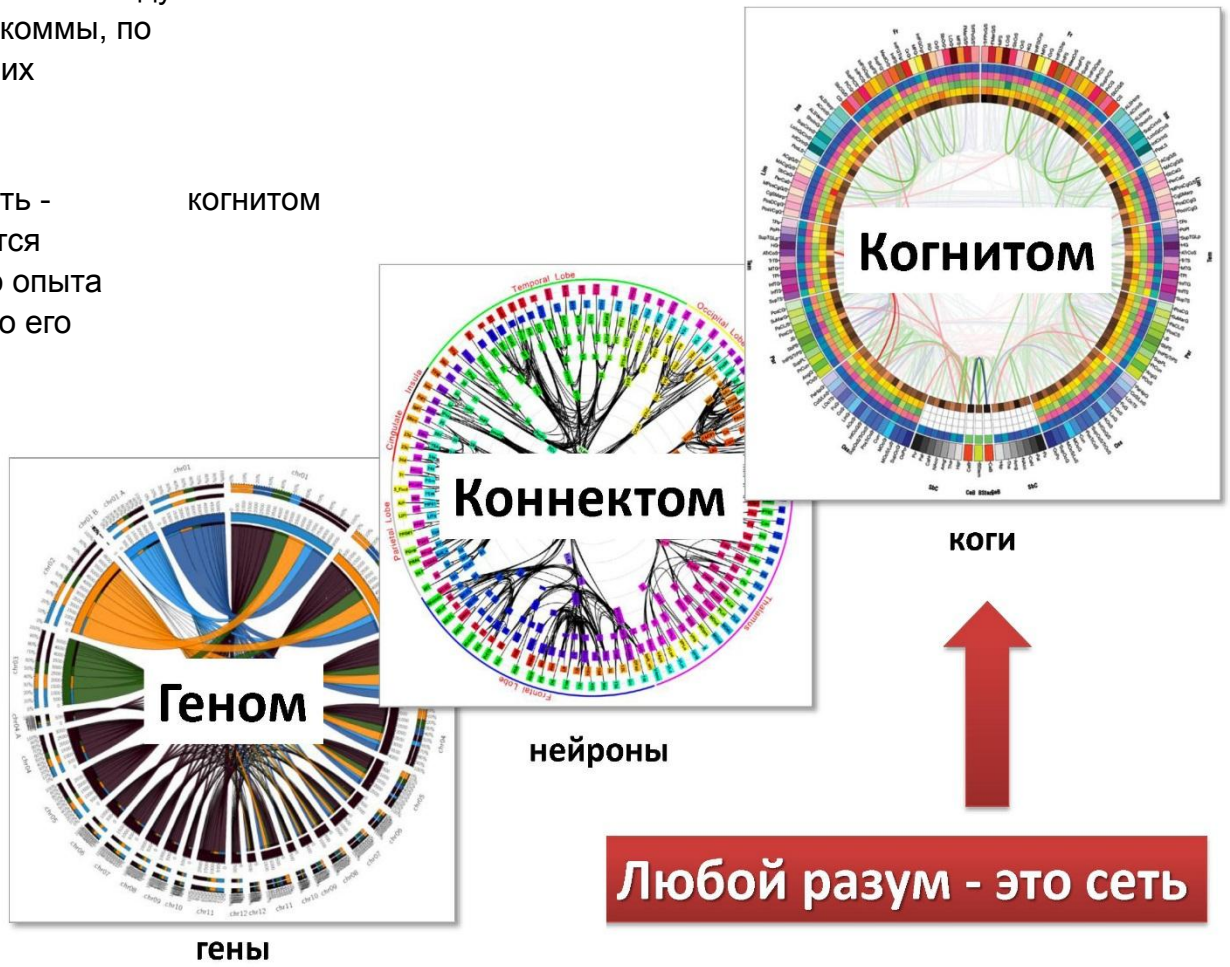
Введение экипажа марсианской экспедиции в состояние глубоко сна позволит сократить общую массу корабля с 400 до 220 тонн за счет того, что можно в 5 раз сократить необходимое пространство для экипажа, а также в 3 раза количество грузов для обеспечения жизнедеятельности.

Сетевая организация разума

№	Утверждения	Принципы	Понятия
1	**Разум гранулярен**	Разум обладает зернистой структурой и состоит когов - элементарных единиц опыта, кодирующих соотношение целого организма с теми или иными аспектами мира.	ког
2	**Разум увязан**	Элементы разума, коги, имеют между собой устойчивые связи - коммы, по которым осуществляются их коммуникации.	комм
3	**Разом целостен**	Коги и коммы образуют сеть - когнитом. Когнитом является субстратом субъективного опыта организма, опосредующего его соотношения со средой.	когнитом

Феномен мышления и сознания порождается синхронной работой огромных, но все же небольших по сравнению с полным объемом, распределенных сетей нейронов – нейронных ансамблей.

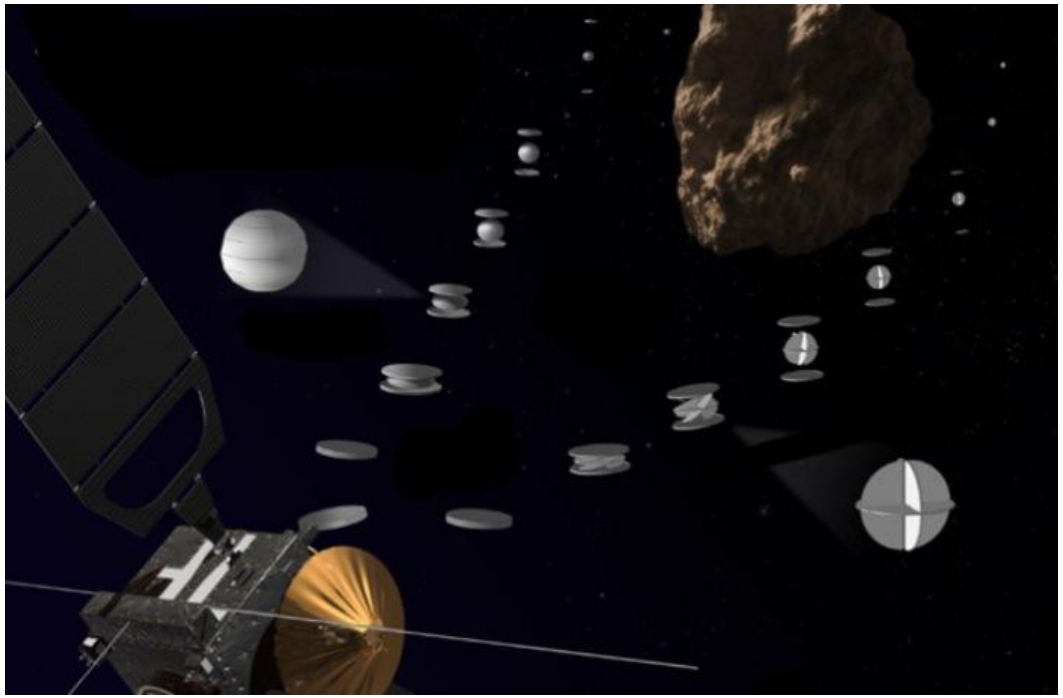




Роевый интеллект как одна из частей онтологической модели бионических технологий

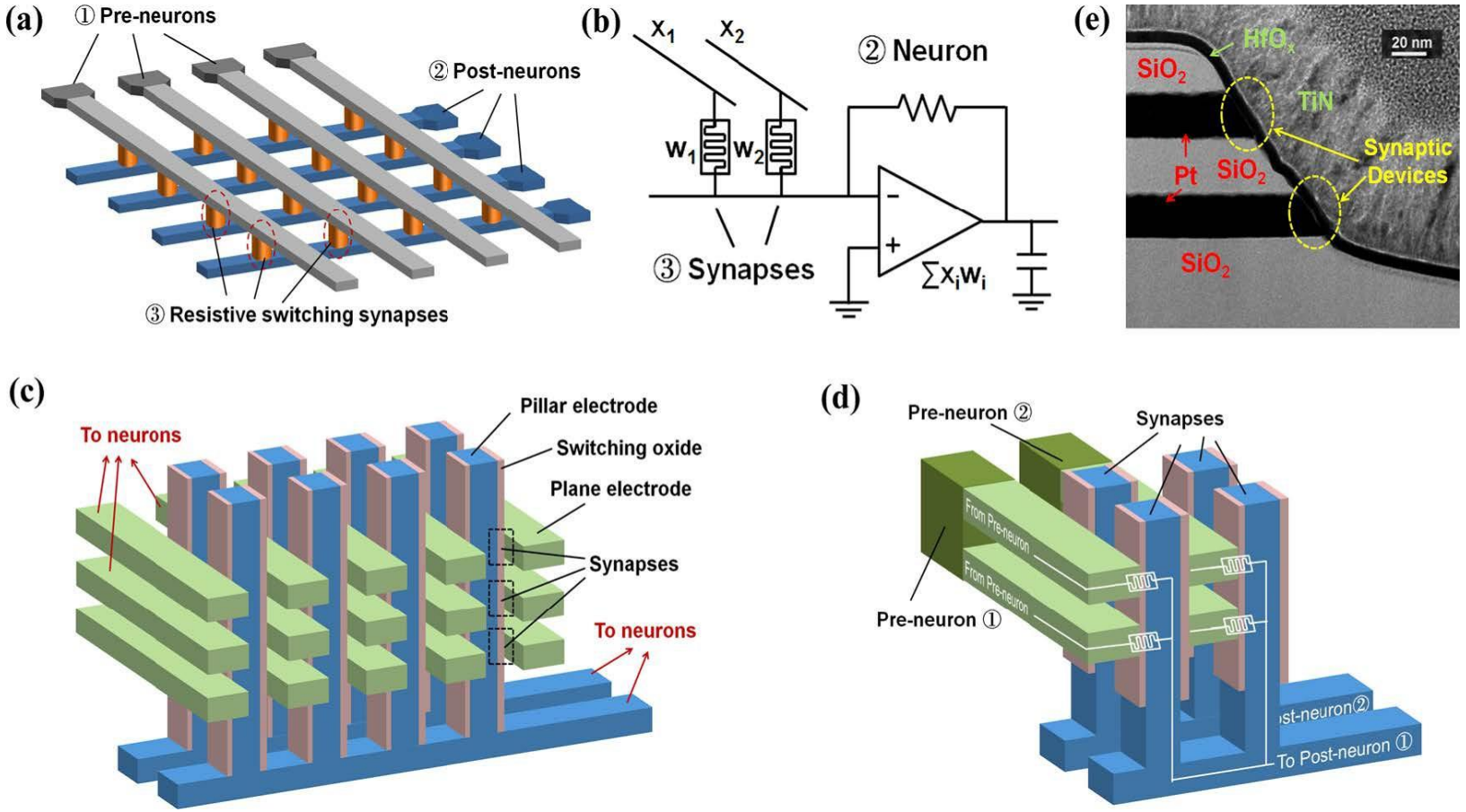
Роевые алгоритмы, в частности муравьиные и пчелиные используются в задачах:
– принятия экономических решений в автоматной модели производства;
– анализа изображений;
– поиска неисправностей телекоммуникации;
– робототехники; – планирования задач маршрутизация автотранспорта;
– кластеризации данных;
– распределения почтовых систем; – комбинаторной оптимизации;
–планирования работы предприятия, оптимального распределения ресурсов, оптимизации цепочки поставщиков и многих др.

Примеры реализованных самоорганизующихся систем:
– системы, координирующие работы больших групп беспилотных летательных аппаратов, использующие принципы пчелиного алгоритма;
– системы, основанные на адаптивном алгоритме маршрутизации для исследования компьютерных сетей – AntNet.



Swarm Flyby Gravimetry

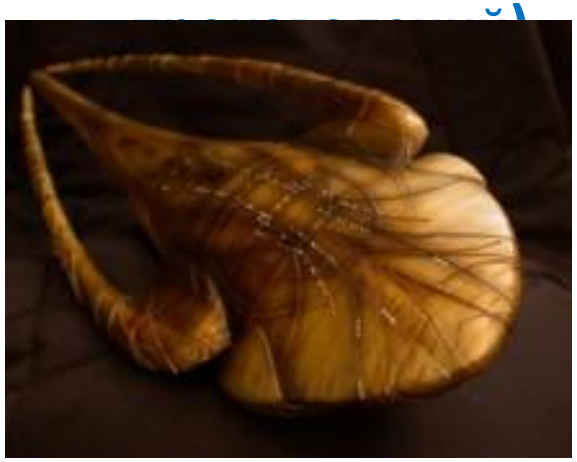
Нейроморфный чип - технологическая основа создания искусственного мозга



(a) Обычный 2D массив для электрической нейросети, где каждый синапс находится на пересечение проводящих линий пре-нейрона и пост-нейрона. (b) Электрическая схема концепта с синапсами на основе устройства с переключаемым сопротивлением (resistive switching device). (c) Максимально компактная схема расположения синапсов (high-density application). (d) Схема расположения синапсов для вычислений с максимальной точностью (high-accuracy computation). (e) TEM-изображение поперечного среза полученного электрического синапса.

Бионические космические корабли (из фантастических

ТАРДИС («Доктор Кто») — живой корабль для перемещения в пространстве и времени. Его не строят, а выращивают.



Мойя (сериал Farscape) — разумный транспортный биокорабль из расы левиафанов.

Корабли южан вонгов, оверлорд зергов (игровая вселенная Starcraft), левиафан тиранидов (Warhammer 40000)

Биокорабль, **живой корабль** — тип космического корабля в научной фантастике, часто описывается как звездолёт. Биокорабли отличаются от большинства космических аппаратов тем, что частично или полностью состоят из биологических материалов. Поэтому, в большинстве случаев, они являются живыми существами.

Биокораблям приписывают способность регенерировать или залечивать повреждения. Некоторые биокорабли обладают интеллектом или даже разумны, некоторые являются живыми организмами. Как и большинство органических форм жизни, многие биокорабли имеют большое количество мёртвых материалов, таких как кости или хитин у животных, или даже искусственные компоненты.

(Википедия)

ЦНИИМАШ
TSNIIMASH

Спасибо за внимание!