TRIZ SUMMIT 2020

# «Системный вакуум и функции в ТРИЗ и эволюциоведении»

**Мисюченко И.Л., Рубин М.С.**

Минск, 21 августа 2020 года

http://triz-summit.ru

# Авторы

## Рубин Михаил Семенович

- Мастер ТРИЗ
- Провел более 100 семинаров по обучению ТРИЗ
- Автор теории «Эволюционное системоведение»
- Автор более 100 публикаций по ТРИЗ
- Автор 12 патентов на изобретения
- Руководитель группы проектов Департамента стратегических задач компании «РУСАЛ менеджмент»

## Мисюченко Игорь Леонидович

- кандидат физическо-математических наук
- специалист по ТРИЗ 4-го уровня
- инженер-электроник
- инженер-оптик-исследователь
- Автор более 100 публикаций по науке и технике
- Автор более 50 патентов на изобретения
- Руководитель отдела R&D компании "Хилби

# Тема исследования – пустота и функции

# Пустота в науке и в искусстве

- Пустота́ — незаполненность, отсутствие чего-либо;
- В материалах — выемка, паз, полость, каверна
- В информатике пустотой может называться нулевой указатель, иногда под пустотой может подразумеваться пробел
- В математике пустотой может называться пустое множество;
- В физике пустота — пространство вселенной, абсолютный антипод материи
- В космологии пустота — область Вселенной, не заполненная галактиками
- Ноль — целое число (0), которое при сложении с любым числом или вычитании из него не меняет последнее
- Нулевой вектор — вектор, начало которого совпадает с его концом.
- Нуль функции — элемент из её области определения, в котором она принимает нулевое значение.
- Театральная пауза, молчание, пустота в скульптуре…

# Пустота в живописи и скульптуре

Картина «Память» воинам-афганцам. Стилизована под фотографию. Живые – фигурами, погибшие – пустотами.

Скульптура, отображающая пустоту души by Albert Gyorgy. Женева, Швейцария.

Скульптура Бруно Каталано "Ван Гог". Скульптура установлена на берегу моря деревушки Сен–Поль–де–Ванс (Франция).

Михай Эминеску, Онешти, Румыния. Памятник классику румынской литературы.

# Пустота и вакуум в классической ТРИЗ

- **В 1963 и в 1973 годах  4 приема: Принцип «матрешки»», Использование пауз, Применение пены, "Мешок с вакуумом".**
- **В стандартах (1979 г.): «Вместо вещества используют «пустоту»», «Введение большого количества вещества – «пустота» и пена», «Использование надувных конструкций, пузырьков, использование пауз»**
- **В АРИЗ (с 1981 года и позже):**
  - **«отсутствующее взаимодействие»:  взаимодействия нет, но его нужно ввести**
  - **«Пустота - исключительно важный вещественный ресурс»**
  - **Пустота – это не обязательно вакуум. Если вещество твердое, пустота в нем может быть заполнена жидкостью или газом. Если вещество жидкое, пустота может быть газовым пузырьком. Для вещественных структур определенного уровня пустотой являются структуры нижних уровней (85-В, примечание 37).**
  - **«Конфликты типа «мало элементов» при усилении надо приводить к одному виду — «ноль элементов» («отсутствующий элемент»)»**

# Линия увеличения «пустотности» в развитии систем (1987 г.)

- 1 - сплошной объект;
- 2 - "пустота" вне прямого контакта с объектом;
- 3 - "пустота" соприкасается с объектом;
- 4 - "пустота" частично вклинивается в объект;
- 5 - "пустота" внутри объекта;
- 6 - раздробленная "пустота";
- 7 - сквозная "пустота" ("пустая" трубка в сплошном объекте);
- 8 - капиллярная структура;
- 9 - цеолитовая структура (трубки образованы молекулами);
- 10 - "пустота" выделяется из объекта в результате физэффекта
- 11 - "пустота" выделяется при химическом разложении вещества.

# Эволюционное системоведение. Эволюциоведение.

## Законы развития систем

**Основные законы**

1. Закон стремления систем к повышению уровня и эффективности захвата ресурсов в процессе своего развития

2. Закон возникновения сил противодействия изменениям в системе и сил инерции. При развитии возникают силы торможения, а при разрушении системы - возникают силы ее сохранения

**Взаимодействие с внешней средой**

3. Закон индукции (взаимовлияния) систем и их внешней среды в процессе развития

4. Закон перехода к надсистемам и подсистемам.

5. Закон формирования иерархии уровней организации систем.

6. Закон стремления к повышению степени независимости систем от внешней среды

**Развитие структуры систем**

7. Закон перехода от ресурсных к самоорганизующимся и к функциональным системам

8. Закон стремления к идеальным функциональным системам

9. Закон развития механизмов захвата от жестких к гибким, от постоянных к управляемым

**Статика**

10. Закон сохранения структурной целостности и функциональной полноты систем

Проект: законы формирования сил и энергии в процессе развития систем

**Законы разрешения противоречий**

11. Закон развития через возникновение и разрешение противоречий требований

12 Закон разрешения противоречий при развитии систем в пространстве, во времени, системными переходами и в отношениях.

# Системный вакуум и пустота в эволюциоведении

В рамках понятия «системный вакуум» мы всегда будем подразумевать, что речь идет о пустоте чего-то, а не просто об абстрактной и неопределенной пустоте: физический вакуум, химический вакуум, биологический вакуум, социальный вакуум, экономический вакуум, техническая пустота, душевная пустота и т.д.

| Аспект / Уровень | Физический | Химический | Биологический | Социально-технический |
|---|---|---|---|---|
| **Уровень организации** | Физическое отсутствие элементарных частиц и полей | Отсутствие химических элементов | Отсутствие живой материи | Отсутствие социальных и технических элементов |
| **Пространственный уровень** | Физическое пустое пространство | Пространство без химических элементов | Пространство без живых элементов | Пространство без людей и технических систем |
| **Линия времени** | Паузы в физических процессах | Отсутствие химических реакций | Отсутствие биологических процессов | Отсутствие социально-технических процессов |

Для характеристики системного вакуума необходимо указывать о каком аспекте идет речь, о каком конкретном уровне организации, в каком пространстве и в какой период времени.

# Свойства системного вакуума.

- 1. Системный вакуум данного уровня минимизирует взаимодействие находящихся в нем элементов более высокого уровня. Системный вакуум может характеризоваться плотностью, проницаемостью.
- 2. Системный вакуум никогда не сводит взаимодействие элементов более высокого уровня к нулю, он обеспечивает им взаимодействие даже тогда, когда между ними нет других компонентов данного уровня. Характеристика – целостность.
- 3. Системный вакуум порождает «пространство», в котором размещаются элементы более высокого уровня. Характеризуется координатами, формой, объемными свойствами.
- 4. Системный вакуум (данного уровня) порождает «время» (темп) в котором существуют системы более высокого уровня, поскольку задаёт неустранимую инерцию для системы. Системный вакуум характеризуется временными характеристиками: время события, интервалы времени, скорость изменений и т.д.

# Свойства системного вакуума.

- **5. Системный вакуум обладает способностью к движению. Движение системного вакуума (данного уровня) оказывает влияние на элементы более высокого уровня. Характеристика - скорость перемещения.**
- **6. Системы более высокого уровня по мере развития могут оказывать сильное влияние на системный вакуум данного уровня.**

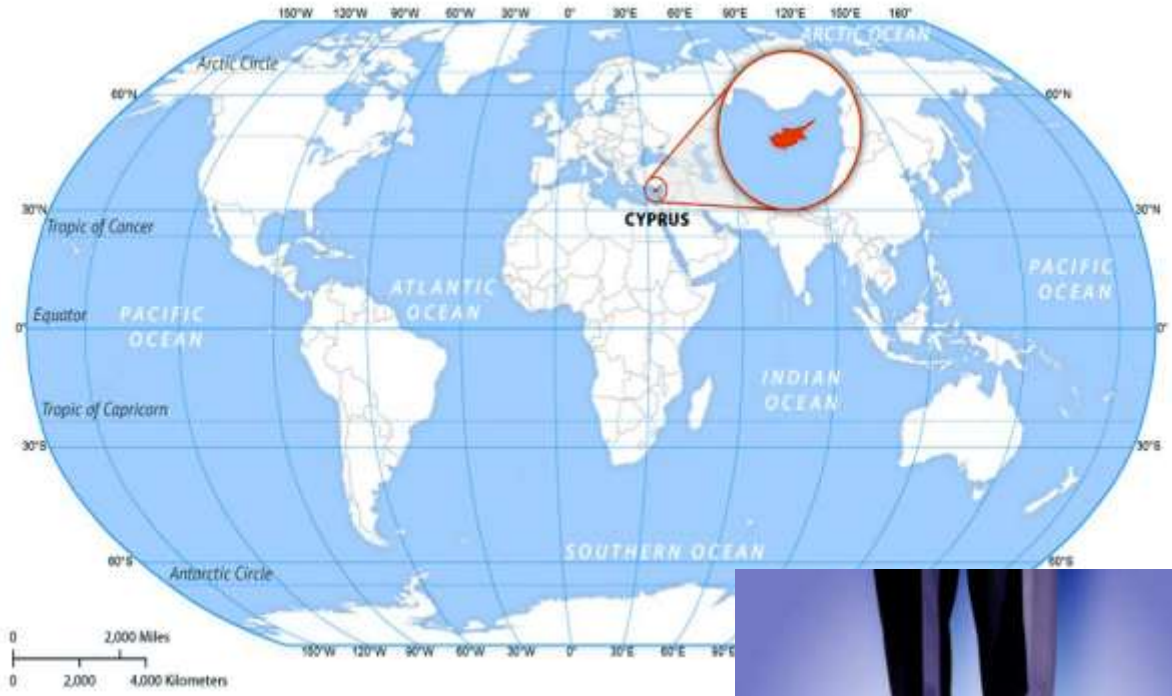
Все свойства системного вакуума (1-6) можно проиллюстрировать на примере простой системы Солнце-Земля-Вакуум

# . Идеальный элемент.

- Еще в XVIII веке философ Кант предположил, что вселенная похожа на сеть, то есть пустоты в ней гораздо больше, чем материи. В наше время эта гипотеза блестяще подтвердилась!
- Мы живём в мире пустоты. Вселенная лишь на 4.9% состоит из видимой (барионной) материи. Все остальное – воспринимается как пустота.
- В атоме водорода 99,999% объема – это пустота. Гелий на 99, 98% состоит из пустоты
- Модель системного вакуума – это пустой элеполь, в котором хотя бы один элемент или одно поле является пустым (не неизвестным, а именно пустым).
- Пустота – идеальный элемент. Он всегда есть, его не надо транспортировать, он ничего не стоит, он не подвержен износу.

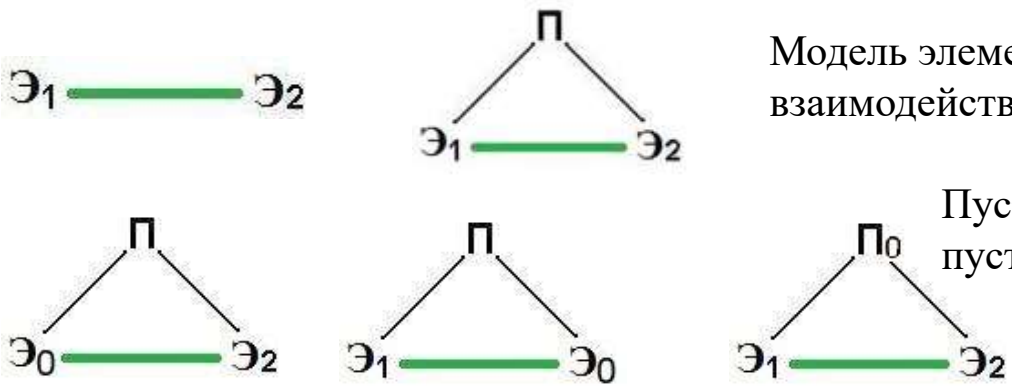
# Пустота среди людей

- Население Земного шара в 2020 году составляет 7 763 035 303.
- Каждому дать по 1 кв. метру. Это меньше площади Кипра (9,25 тыс. кв. км)
- <u>Земля пустая?</u>
- Прогнозы ООН: «вряд ли наша планета сможет долго поддерживать население в 11 млрд человек».
- Без «пустого» пространства человек не может выжить.



- Людям необходима «пустота»: комнаты, кабинеты, квартиры, парки, воздух, дачи, гаражи, луга, пастбища, леса, реки, озера, океаны ...

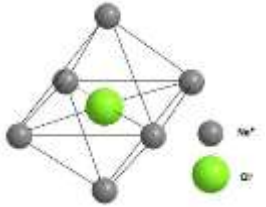
# Модель элементарной функции и элеполь.




Модель элементарной функции: а) без поля взаимодействия; б) с полем взаимодействия (элеполь)

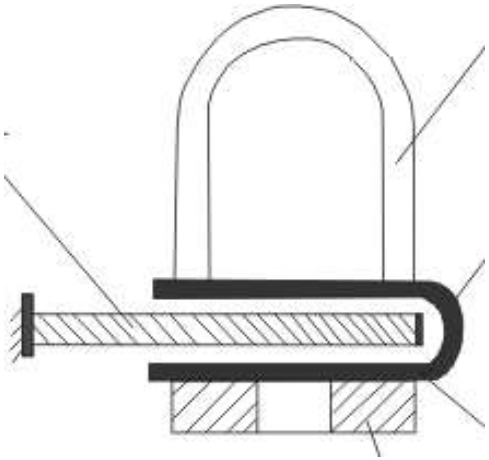
Пустой элеполь: а) элеполь в котором Э1 – пустота; б) Э2 – пустота; в) отсутствующее поле

**Пример 1.** Пустой элеполь с пустотой в качестве инструмента. Способ диспергирования материалов в условиях кавитации. В качестве инструмента **Э1** используются пузырьки, возникающие при кавитации.



**Пример 2**. Пустой элеполь с пустотой в качестве изделия **Э2**. Патент на изобретение RU 2703254. Способ формирования пустот в ионных кристаллах.

**Пример 3.** Между магнитом и деталью нужно оставлять небольшую пустоту (зазор), в которую можно вводить пластину из магнитного материала (магнитный экран). Магнитное поле отключается (становится нулевым) и деталь легко отделяется от магнита.



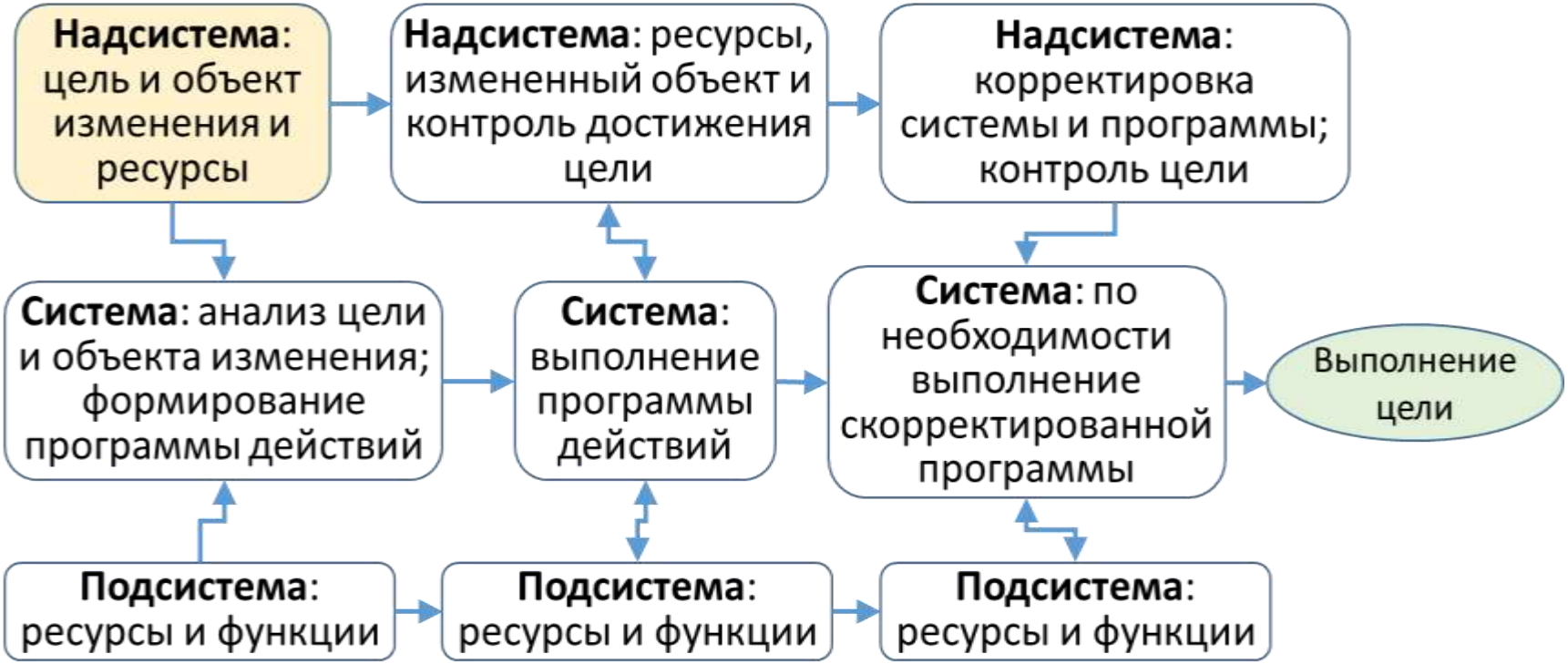
# Элементарная функция не описывает полностью суть дела

- Пример элементарной главной функции для ручной мясорубки: нож измельчает мясо.
- Это не описывает полную картину (принцип действия) работы мясорубки.
- Для выполнения функции важны абсолютно все компоненты и функции, которые есть в мясорубке.
- Ручка, например, которая в современном ТРИЗ-овском функциональном анализе имеет низкий ранг, так как не соприкасается с объектом главной функции, в действительности является одним из ключевых элементов, так как приводит в движение всю систему.
- Ранжирование задач должно происходить на основе «лимитирующего фактора», а не формальной иерархии элементов и функций в системе относительно объекта основной функции.
- Основная функция выполняется системой в целом, а не отдельным исполнительным органом.
- Для ее выполнения необходимо, например, следить за качеством получаемого фарша, регулировать скорость вращения ручки, следить за тем, чтобы мясорубка не болталась, вовремя подкладывать кусочки мяса нужного размера и т.д.

# Теория функциональных систем Анохина П.К. (1934 год)

- **В 1934 году Анохин П.К. сформулировал основы теории функциональных систем на основе исследования механизмов выполнения функций у животных**
- **Основные положения подхода Анохина П.К.:**
  - **Функцию выполняет организм в целом, а не отдельные его органы**
  - **Для функции важны мотивация и поставленная цель**
  - **Для достижения поставленной цели готовится программа действий**
  - **Для выполнения программы задействуется микроуровень (подсистемы)**
  - **При реализации функции отслеживается результат, вводится обратная связь, принимаются решения для достижения цели**
- **Если не отслеживать, например, достижение цели, то можно до бесконечности выполнять элементарные функции без получения необходимого результата**
- **Подходы теории функциональных систем актуальны не только для живых, но и для любых систем**

# Модель обобщенного принципа действия систем




Термины модели обобщенного принципа действия систем :

- **Обобщенный принцип действия** – комплекс систем, функций, технологий и программ, обеспечивающий достижение цели;
- **Цель** – комплекс требований от надсистемы к системе;
- **Требование** – модель элементарной функции (изменение параметров объекта функции), нефункциональное взаимодействие, или ограничение;
- **Программа** – последовательность действий, функций, технологий в системе;
- **Контроль** – сравнение цели с параметрами результата реализации программы и обратная связь;
- **Ресурсы** (надсистем, системы и подсистем): материальные и нематериальные объекты, их структура и взаимодействия; информация; энергия.

# Примеры описания обобщенного принципа действия

**Пример 9. Нажатие пальцем на клавишу компьютерной клавиатуры.**

Описание через элементарную функцию: палец перемещает клавишу с помощью механического поля.

Полное описание принципа действия.

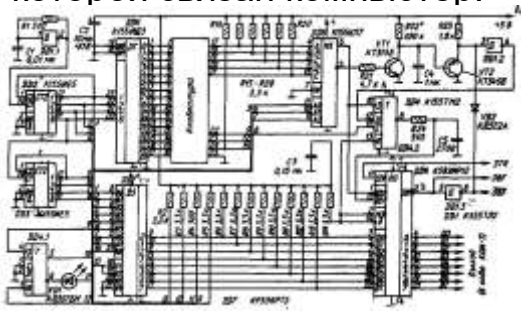
Прежде всего, у человека должно быть какое-то целеполагание, мотив, чтобы нажать конкретную клавишу клавиатуры. Должен пройти сигнал от мозга к мышцам руки и пальца, чтобы началось и завершилось движение. Должен быть контроль со стороны зрения и корректировка движения (обратная связь). Контроль должен быть как за клавиатурой, так и за изображением на экране. Если что-то пошло не так, то программа действий изменяется. Функция выполняется не только пальцем, но и организмом человека в целом, не только человеком, но и при помощи надсистем: гравитация удерживает компьютер на столе, освещение помогает контролировать процесс, электричество обеспечивает энергией весь процесс.

**Пример 10. Нажатие клавиши компьютерной клавиатуры.**

Описание через элементарную функцию: клавиша изменяет проводимость конкретной электрической цепочки.

Полное описание принципа действия.

В каждой клавиатуре есть свой микропроцессор, который отрабатывает каждое такое событие при помощи драйверов. В компьютер подается прерывание с информацией о том, что нажата какая-то клавиша, определяется, что за символ в данном случае стоит за этой клавишей. Далее может быть реакция любого уровня сложности в зависимости от того, вводится ли в этот момент пароль, текст, поисковый запрос, функциональный символ или что-то другое. В реализации функции участвует не только конкретная клавиша или сочетание клавиш, но и весь компьютер и вся информационная сеть, с которой связан компьютер.



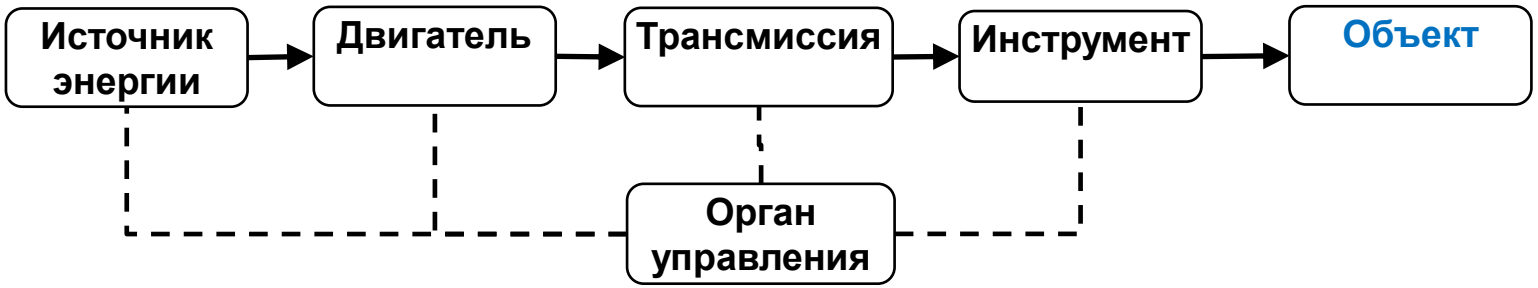
# Общие закономерности эволюции функций в системах

| Этап развития | Логика развития | Примеры из техники |
|---|---|---|
| **1. Элементы и их свойства** | Формирование ресурсов | Природные (земные) элементы и ресурсы |
| **2. Самоорганизация систем, формирование новых структур и процессов** | Формирование свойств, как потенциал появления функций | Использование природных элементов в качестве орудий труда, копирование явлений природы. |
| **3. Минимальный набор функций системы** | Появление функций как выполнение требований надсистем | Орудия труда, формирование элементарных функций. Простые механизмы (блок, винт, колесо, рычаг). |
| **4. Развитие функций, формирование принципа действия. Зависимость от внешней среды.** | Повышение идеальности за счет максимального использования внешней среды. | Создание механизмов с кинематикой: водяные часы, телега, лодки, корабли, технологии получения стали, бронзы. Внешние источники энергии. |
| **5. Развитие адаптационных и автоматических механизмов. Свои источники энергии. Усложнение и автономность.** | Повышение идеальности за счет качества и автономности выполнения функций. | Минимизация зависимости от внешней среды и надсистем. Золотник паровоза, хронометр, арифмометр. Мастерские, небольшие заводы и фабрики. |
| **6. Информационная система и обратная связь** | Повышение идеальности за счет автономности управления функциями | Почта. Вычислительные и автоматические устройства в машинах. |
| **7. Формирование комплексов целей системы. Утилизация и вторичное использование систем.** | Повышение идеальности за счет развертывания, многофункциональности и вторичного использования | Появление заводов с однородной отраслевой принадлежностью. Вычислительные машины и информационные системы. Вторичное использование систем. |
| **8. Формирование программ и целей сразу на уровне многих систем.** | Идеальность за счет формирования надсистем | Заводы и промышленная кооперация разных отраслей. |
| **9. Формирование надсистемы под нужды систем.** | Идеальность за счет передачи функций в надсистемы | Информационные сети, сети источников энергии, промышленная, транспортная и финансовая инфраструктура. |

# Полнота частей машины – один из этапов развития функций в обобщенном принципе действия систем

- К. Маркс в "Капитале" дал структурно-функциональную характеристику машин: "Всякая развитая совокупность машин состоит из трех существенно различных частей: машины-двигателя, передаточного механизма, наконец, машины-орудия, или рабочей машины

- Более полная схема включает 6 составляющих:




- На схеме эволюции функций в системах из 9 этапов это соответствует примерно 5-6-му этапам развития функций, так как не включает остальные составляющие обобщенного принципа действия: комплексы функций, обратную связь, механизмы адаптации, программы действий, использование и преобразование надсистем и т.д.

# Пустота в эволюции функций

- **Рассмотрим классический ряд динамизации системы: монолитный элемент – множество элементов (цепь) - гибкие элементы – жидкость – газ – поле.**

- **Нетрудно заметить, что в монолитном элементе «вакуума» нет вообще, в цепи – появляются «пустоты» между элементами, в гибких системах – пустоты внедрены в сам материал, жидкость также содержит намного больше «пустоты» чем монолитные твердые компоненты, газ – содержит ещё больше «пустоты» между молекулами и, наконец, поле – практически является «сплошной пустотой», так как не содержит вещества вообще.**

Пример линии динамизации: твердый, жидкий… поле

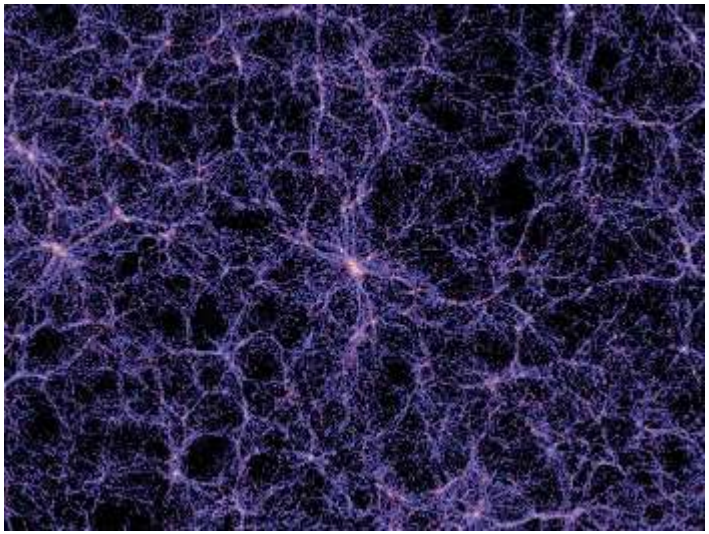
# Тренд динамизации в эволюции систем как тренд увеличения роли «пустоты»

- **В качестве «пустоты» при увеличении степени динамизации в системе может использоваться не только технический вакуум, а вообще любой уровень системного вакуума, лишь бы он являлся таковым для данного уровня системы. Например, если речь о динамизации твердой вещественной системы, это может быть сыпучий материал, жидкость, газ, плазма, поле.**

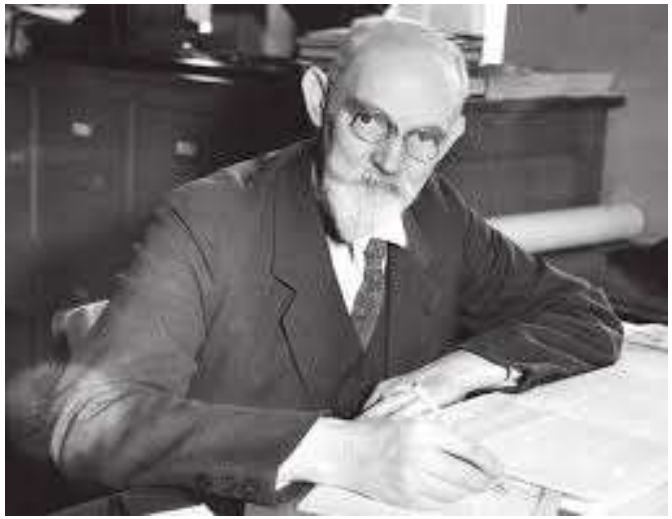
Пример использования системного вакуума в технической системе: ртутный прерыватель тока. Пустота работает как элемент, размыкающий цепь. В качестве пустоты можно использовать непроводящую жидкость, газ, технический вакуум, возможно даже порошок. При этом свойства системы (например, её инерционность) будут меняться. Таким образом знание о системном вакууме не есть чистая теория, но является весьма прагматичным.

# Системный вакуум, космология, время и эволюция.

- **На космологическом уровне также действуют общесистемные законы и закономерности.**
- **Заполнить системный вакуум можно синтезом из нижележащего уровня, разложением вышележащего уровня, перемещением в другое пространство и время. Модель Большого Взрыва описывает рождения Вселенной из вакуума и возможное возвращение её в это же состояние в будущем.**



Так выглядит наша Вселенная на очень больших масштабах – тонкая паутина посреди пустоты



Де Ситтер. Создатель модели «пустой», но расширяющейся Вселенной без вещества и излучения. Первым установил, что пустая Вселенная не нарушает никаких известных законов, следовательно может существовать

# Системный вакуум, космология, время и эволюция.

- Пустота во Вселенной задаёт темп событий. Скорость света в вакууме ограничена и это накладывает ограничения на темп любых процессов. А темп процесса – и есть время. Мы сравниваем все процессы с какими-то эталонными процессами и на основании сравнения делаем вывод, что прошло столько-то времени.
- Время – это эволюция. Если бы во Вселенной ничто не менялось, понятие «время» полностью потеряло бы смысл.
- Пустота во Вселенной определяет пространство. Космические тела лишь потому можно различать, что их разделяет пустота.
- Вакуум Вселенной задаёт скорость её расширения, от его свойств (космологическая константа) зависит расширяется она, сжимается или же остаётся стабильной
- Следовательно Пустота, Вакуум – определяют и время и пространство и саму судьбу Вселенной

# Заключение

- **Мы показали в данной работе, что понятие «пустоты», «вакуума» и «паузы» исторически активно использовавшееся в ТРИЗ в контексте технических систем, в настоящее время эволюционирует в гораздо более сложное и структурированное понятие «системного вакуума», играющего важную роль в системах вообще. Продемонстрирована роль системного вакуума в развитии функций, их роль в Законах развития технических систем, например, показана связь тренда динамизации с тенденцией нарастания роли вакуума в системах.**
- **Предложена расширенная модель функции – модель обобщенного принципа действия и этапы эволюции функций в системах.**
- **Показано также, что понятие вакуума, даже на самом верхнем, космологическом, уровне научного мышления играет всё возрастающую роль. Образно говоря, мы показываем, что «пустота пустоте рознь», что существуют определенные общесистемные закономерности для «пустоты», различные уровни её организации и даже выделяем свойства и законы системного вакуума. Это поможет исследователям, изобретателям, разработчикам инструментов ТРИЗ уже сегодня более точно, осознанно и эффективно использовать «пустоту», «системный вакуум» в повседневной деятельности. А в будущем будет способствовать невообразимому на сегодняшний день прогрессу.**
- **Благодарим Рубину Н.В. и Щедрина Н.А. за оказанную помощь при подготовке статьи.**

ruberoid2101@mail.ru

mik-rubin@yandex.ru

26