

Законы развития технических систем: история создания, структура, проявления

(методический материал для преподавания ТРИЗ)

В творчестве участвуют две стороны – техническая (изменяемая система) и человеческая (мозг творца). Столетиями ученые для облегчения и ускорения процесса изобретательства пытались расшифровать работу мозга при создании изобретений. Как улучшить работу мозга обычного человека, чтобы он мог делать изобретения? И опускали руки перед сложностью задачи. Человечество продолжало считать, что творчество – дар Божий.

И никто не вспомнил про вторую сторону творчества – техническую! Ведь при творчестве обязательно как-то меняется система.

Впервые обратил внимание на эту сторону творчества создатель ТРИЗ – Генрих Саулович Альтшуллер – в начале 50-х годов 20 века.

Вместе с единомышленниками он проводил изучение истории развития многих технических систем (ТС). При анализе большого количества ТС (винтовка, мельница, корабль, часы и т.д.) оказалось, что начинают проявляться некоторые схожие черты в развитии совершенно разных ТС. Возникла мысль, что ТС в своем развитии, подчиняются каким-то, еще неизвестным, законам. Необходимо было выявить эти законы, так как использование их обещало возможность не только лучшего понимания развития ТС, но и прогнозирования (предсказания) их дальнейшего развития, а, значит, четкой постановки задач изобретателям.

Так как теории, из которой можно было бы вывести такие законы, не существовало – их можно было найти только в практических материалах, то есть в Патентном фонде изобретательства.

В результате длительной напряженной работы было выявлено девять законов. Потом к ним добавилось еще несколько. Их назвали Законами Развития Технических Систем (ЗРТС). Но теории законов пока нет, и мы не можем сказать, все ли ЗРТС выявлены. Мы не знаем, есть ли еще не открытые законы, сколько их и как они работают.

ТРИЗ – единственная наука, которая открыла и использует ЗРТС! Все ЗРТС дают возможность выявлять задачи, содержащиеся в ТС и прогнозировать дальнейшее развитие ТС при решении выявленных задач.

Прежде, чем продолжить чтение, познакомьтесь с S-образной кривой развития по фрагменту из книги автора ТРИЗ Г.С. Альтшуллера «Линии жизни технических систем»: <http://www.altshuller.ru/triz/zrts4.asp>

Структура системы законов

Генрих Саулович Альтшуллер условно разделил ЗРТС на три группы, которые назвал «СТАТИКА», «КИНЕМАТИКА» и «ДИНАМИКА». Названия чисто условные, не стоит

искать им соответствие в курсе физики.

СТАТИКА – эта группа законов, определяющая критерии жизнеспособности новых ТС. Она позволяет определить, будет ли жить и работать создаваемая система. И что нужно сделать, чтобы она жила и работала.

КИНЕМАТИКА – группа законов, описывающих направление развития ТС независимо от конкретных технических и физических механизмов развития. Она показывает, как должна изменяться ТС для того, чтобы отвечать нашим возрастающим требованиям к ней.

ДИНАМИКА – группа законов, отражающих развитие современных технических систем под действием конкретных технических и физических факторов. «Законы «статики» и «кинематики» универсальны — они справедливы во все времена и не только применительно к техническим системам, но и к любым системам вообще (биологическим и т.д.). «Динамика» отражает главные тенденции развития технических систем именно в наше время». (Г.С. Альтшуллер. *Творчество как точная наука.* — М.: «Советское радио», 1979. — С. 122 – 127).

Законы группы «статика»

Эта группа законов обеспечивает минимальную работоспособность технической системы.

1. Закон полноты частей системы.

Любая полная ТС должна содержать в себе хотя бы минимально работоспособные, взаимосвязанные, следующие части: рабочий орган, трансмиссия, двигатель и органы управления.

Схема полной ТС изображена на рис. 1 желтым цветом.

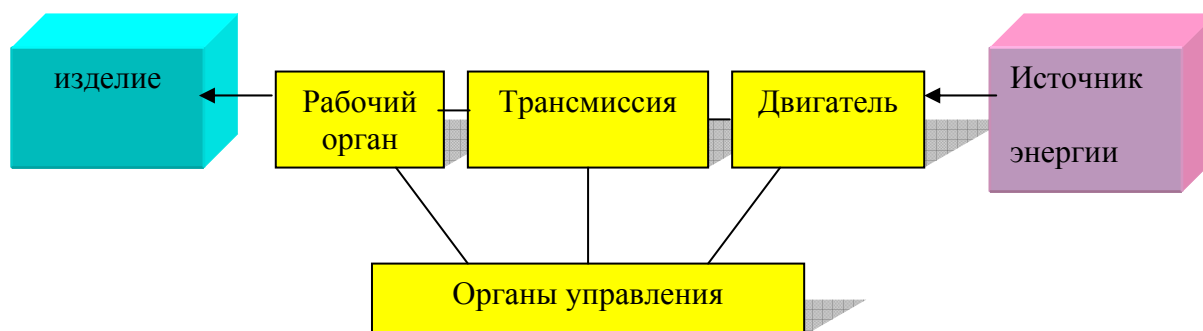


Рис. 1. Схема полной технической системы

Рабочий орган (РО) – часть ТС, которая непосредственно выполняет функцию ТС. Например: у ТС «нож» РО – лезвие; у ТС «автомобиль» РО – колеса и т.д. . .

Трансмиссия (Тр.) – часть ТС, которая передает энергию от двигателя к рабочему органу. Например: у ТС «нож» трансмиссия – ручка. У ТС «автомобиль» трансмиссия – сцепление, карданные валы, коробки передач, полуоси до колес.

Двигатель (Дв.) – часть ТС, которая преобразует один вид энергии в другой для обеспечения действия РО. Например: у ТС «нож» двигатель – человек, режущий ножом. У ТС «автомобиль» Дв. – двигатель внутреннего сгорания. У ТС «химическая грелка» двигатель – вещество, преобразующее химическую энергию в тепловую.

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 (различные датчики и приборы);
- - отдача команд ТС (руль, педали, переключатели, рычаги и т.д.);
- - принятие решений по функционированию ТС (чаще всего – человек).

Находятся вне ТС, но непосредственно связаны с ней:

- **Изделие** – то, что обрабатывается рабочим органом.
- **Источник энергии**, используемой в ТС.

Если ТС **полная**, то она содержит все части в своем составе. Если ТС содержит только некоторые из необходимых частей, то такая ТС является **неполной** и роль недостающих частей выполняют, чаще всего, элементы надсистемы или взаимодействующих надсистем.

Рабочий орган присутствует в ТС всегда.

Неполная ТС будет стремиться стать полной, увеличить количество и качество связей между подсистемами и с внешними системами (окружением), увеличить степень управляемости.



Устройство ножа. 1-скос, 2-дол, 3-гарда, 4-фальшлезвие, 5-основная режущая кромка, 6-рукоять, 7-навершие или головка



Хлеборезка.
http://texintex.ru/texob_hleborez.html

Рис. 2. Технические системы нож и хлеборезка

Пример 1.1. Нож для резки хлеба Это не полная ТС (в качестве двигателя выступает человек) и, при увеличении производительности (нужно резать много хлеба), переходит в

полную. В ТС добавляют электродвигатель и выключатель. Получается полная ТС – хлеборезка (рис.2).

Пример 1.2. Автомобиль. Это полная ТС. Управляемые рулем колеса, поворачиваются в обе стороны на 45° (всего 90°). Увеличение управляемости требует увеличения угла поворота колес. Недавно Япония показала автомобиль, у которого колеса поворачиваются в обе стороны на 90° (всего 180°); Кроме того нужна регулировка давления воздуха в

шинах на ходу, регулировка сцепления колес с полотном дороги и т. д .



Пример 1.3. Сиденье автомобиля. Это не полная ТС, т.к. у нее отсутствует двигатель. Она стремится стать полной. Это не значит, что сиденье должно ездить под воздействием двигателя. Двигатель (преобразователь энергии) может

преобразовывать электрическую энергию в тепловую. Сиденье с таким двигателем, стало обогреваемым. Человеку зимой не нужно садиться на ледяное сиденье.

Это примеры стремления ТС стать полнее.

Рис. 3. Квадроцикл (миниавтомобиль)

Таким образом, при самом поверхностном использовании закона полноты частей системы, с его помощью происходит выявление изобретательских задач и прогнозирование дальнейшего развития ТС.

2. Закон сквозного прохода энергии (закон энергетической проводимости)

Для обеспечения принципиальной жизнеспособности ТС необходим сквозной проход энергии по всем частям ТС, от источника энергии до изделия, с наименьшими потерями.

Направление движения энергии показано на рисунке 4 красной стрелкой.

Учтите, энергия должна проходить и через органы управления (ОУ).

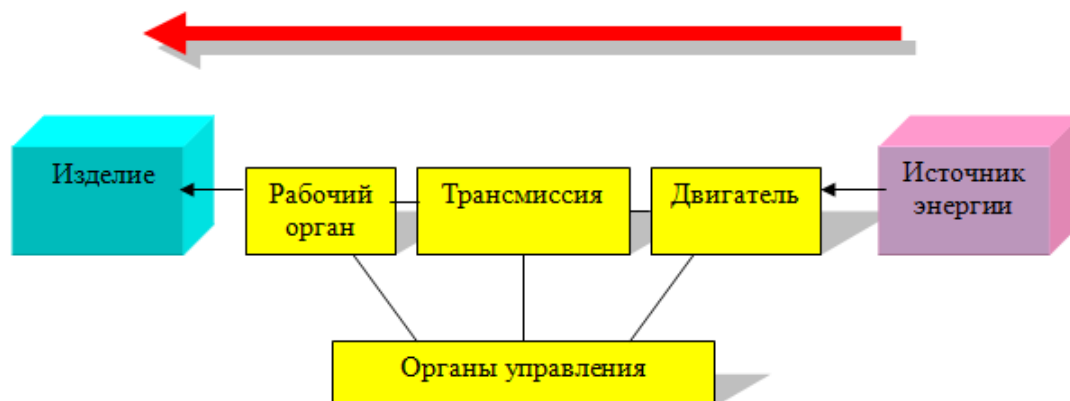


Рис. 4. Сквозной проход энергии в технической системе

Чтобы уменьшить потери энергии, необходимо использовать наименьшее количество преобразований одних видов энергии в другие. Желательно использовать один вид энергии на всем пути ее прохождения.

Желательно использовать наиболее управляемые виды энергии (поля) по цепочке нарастания управляемости: гравитационное поле – механическое поле – акустическое поле – тепловое поле – химическое поле – электрическое поле – магнитное поле. (Аббревиатура цепочки – ГМАТХЕМ). При этом необходимо учитывать трудности в обеспечении малых потерь при использовании некоторых видов энергии (например, тепловой).

Так же желательно на всем пути энергии использовать устройства, имеющие наиболее высокий коэффициент полезного действия пропускания или использования энергии.

Пример 2.1. ТС – электрическое освещение.

Подсистемы: электростанция – двигатель; линии электропередачи и трансформаторы – трансмиссия; электрические лампочки накаливания – рабочий орган; выключатели, автоматика – органы управления.

Источник энергии – природный газ, поступающий на электростанцию.

Изделие – рабочее место человека, нуждающееся в освещении.

Функция – преобразовать химическую энергию газа в световую энергию, освещающую рабочее место.

Поступивший газ содержит 100 % имеющейся энергии.

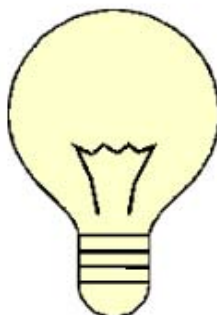
Газ сжигается в топках паровых котлов, производя тепло. Этим теплом вода нагревается и превращается в пар.



электростанция



линия электропередач



электрическая
лампочка



рабочее место
(фото с catalogdesign.ru)

Рис. 5. Система электрического освещения: подсистемы и изделие

Пар приводит во вращение турбины. Турбины вращают электрические генераторы. Генераторы производят электроэнергию.



На этом заканчивается двигатель. Произошло преобразование химической энергии в электрическую, через тепловую (сжигание газа и превращение воды в пар) и механическую (вращение турбин и генератора). КПД (коэффициент полезного действия) тепловых машин, согласно закону Карно, не может быть выше 40 %. Реально КПД Двигателя составляет примерно 35 %. Это значит, что уже в двигателе мы потеряли 65% имеющейся энергии.

Рис.6. Сжигание газа при продувке трубопровода

В трансмиссии потери сравнительно невелики, около 5%. В органах управления потери еще меньше. В рабочем органе – лампочке накаливания – КПД меньше чем у паровоза – 4-5%. Здесь мы теряем 95% от оставшейся энергии.

Итого, в свет превратилось всего 1-2% от энергии поступившего газа. Около 99% энергии мы теряем по пути к изделию. Да и тот свет, который произвела лампочка, мы используем для освещения всего, окружающего пространства, А нужно освещать только рабочее место. При этом мы используем полезно 50 – 60% от того 1% энергии, использованного для получения света. Вот такой пример использования энергии. Как он Вам?

С помощью закона сквозного прохода энергии (энергетической проводимости) нам удалось легко выявить слабые точки нашей ТС и определить места возникновения изобретательских проблем. Это увеличение КПД двигателя; увеличение КПД рабочего органа; рациональное использование полученной световой энергии.

Изобретатели работают в этих направлениях. Сейчас на новых электростанциях газ сжигают не в топке котла, а в газотурбинном двигателе, который тоже вращает электрогенератор. Здесь отбирают свои 35% энергии. Отработанный газ не выбрасывают в атмосферу, а направляют в паровой котел. Отработанный газ (а его температура иногда достигает 1000°C) превращает воду в пар, который вращает паровую турбину, а она электрогенератор. Так мы отбираем еще 35% энергии от оставшихся после газовой турбины 65%. Общий КПД такой установки составляет около 50%, что существенно выше первоначальных 35%. Но 50% потерь все еще много, и надо искать способы отказа от теплового цикла из-за низкого КПД последнего.

Продолжается работа и над совершенствованием рабочего органа (источника света). Созданы экономичные лампы дневного света, КПД которых составляет около 22%, то есть они потребляют в 4-5 раз меньше энергии, при такой же светоотдаче. Сейчас ведутся работы по созданию светильников на светодиодах. У них КПД будет около 90%. Тогда, а это будет очень скоро, направление развития светильников будет закрыто.

Но еще далека от закрытия проблема потерь энергии в двигателе, то есть в преобразовании химической или ядерной энергии в электрическую, в обход тепловой. Закон Карно обойти пока не удастся. Вот вам задача для изобретателей! Как обойти закон Карно?

3. Закон согласования (рассогласования)

Для устранения вредных явлений или усиления полезных свойств технической системы необходимо согласовать или рассогласовать частоты колебаний всех подсистем в технической системе и внешних системах, применяемые материалы, форму взаимодействующих частей и т.д.

Объекты, с которыми необходимо проводить согласование (рассогласование) приведены на рисунке 6, и соединены линиями со стрелками.



Рис. 7. Согласование в технической системе

Необходимость выполнения каждого согласования или рассогласования представляет собой одну или несколько изобретательских задач.

Пример 3.1. У человека, иногда, в печени или в почках образуются камни. Они могут иметь небольшой размер и выходят через каналы мочеточников или желчеточников. Но камни могут вырастать до таких размеров, что не проходят в каналы, т.е. рассогласовываются с размерами каналов. Тогда, для их удаления, приходится делать тяжелую операцию. Как быть?

Если камни раздробить внутри организма, то они выйдут сами. Была создана установка, которая дробит камни сфокусированным лучом ультразвука. Для разрушения камней требовалась довольно большая мощность ультразвука. Поэтому частично поражались окружающие камень ткани, и человек долго болел. Как быть?

Итак: есть ТС «Установка для дробления камней в почках». Но действие ее плохо согласовано с организмом человека. Как быть? Нужно согласовать ТС с организмом. Для этого нужно резко уменьшить мощность ультразвука, сохраняя его дробящее действие.

Через несколько лет появилась идея согласовать частоту ультразвука с частотой собственных колебаний камня. При этом наступал резонанс, и камень разрушался при мощности ультразвука на порядок меньшей, чем без согласования. Окружающие ткани не поражались.

Если бы конструктор установки знал о законе согласования, он бы сразу предложил данное решение, и не пришлось бы ждать несколько лет.

Как пользоваться данным законом?

- выбираете ТС;
- расписываете ее по системному оператору;
- учитываете наиболее важные внешние системы;
- проверяете взаимодействие подсистем между собой, выявляя вредные явления;
- проверяете взаимодействия ТС с внешними системами, выявляя вредные явления;
- составляете изобретательские задачи на устранение вредных явлений;
- решаете выявленные задачи, согласуя ритмику, материал, форму, энергию и т. д.

Приер 3.2. Выбираем техническую систему «Стул»



- **Подсистемами** стула являются: сиденье, спинка, ножки. **Надсистемой** стула является комната. **Функция** стула – удерживать человека в сидячем положении. **Функция** сиденья – удерживать человека в сидячем положении. **Функция** спинки – создавать упор для спины человека. **Функция** ножек – удерживать сиденье на заданной высоте. **Альтернативные** системы – табурет, кресло. **Антисистемы** – не обнаружены (хотя... смотри рисунок 8).

Рис. 8. Стул и «антистул»?

Наиболее важными **внешними системами** являются человек, пол комнаты, предметы мебели в комнате.

При анализе взаимодействия подсистем выявлены следующие вредные явления:

1. Ножки, присоединенные железными винтами, быстро расшатываются.
2. Спинка, прикреплена железными винтами и быстро расшатывается.
3. Сиденье имеет непрочную обшивку, которая быстро изнашивается.

При анализе взаимодействия ТС с внешними системами выявлены следующие вредные явления:

4. Спинка жесткая и надавливает ребром спину сидящего человека.
5. Спинка не меняет угол наклона (не приспособливается к спине),
6. Сиденье жесткое, и ноги затекают.
7. Сиденье не меняет угол наклона (не приспособливается к позе человека).
8. Сиденье не меняет высоту (не приспособливается к росту сидящего).
9. Ножки не меняют высоту (аналогично).
10. Ножки скользят по паркету и царапают его.
11. Ножки имеют малую площадь опоры на пол и продавливают пол.

Формулируем изобретательские задачи:

1. Дерево ножек плохо согласовано с железом винтов. Как быть?
2. Дерево спинки плохо согласовано с железом винтов. Как быть?
3. Ткань обшивки сиденья плохо согласована с одеждой человека. Как быть?
4. Спинка верхним ребром давит на спину человека. Как быть?
5. Спинка не меняет угла наклона, приспособляясь к спине. Как быть?
6. Сиденье жесткое и затекают ноги сидящего человека. Как быть?
7. Сиденье не меняет угол наклона, при изменении позы. Как быть?
8. Сиденье не меняет высоту, в зависимости от роста человека. Как быть?
9. Ножки не меняют высоту в зависимости от роста человека. Как быть?

10. Ножки скользят по паркету и царапают его. Как быть?

11. Ножки продавливают пол, из-за малой площади опоры. Как быть?

Решаем некоторые (или все) из выявленных задач:

1. Чтобы согласовать материал ножек и сиденья – деревянные ножки крепятся к деревянному основанию сиденья на клей или клиньями.

3. Чтобы согласовать обшивку сиденья с одеждой человека – сиденье нужно обшить гладкой скользкой тканью.

7. При наклоне сидящего человека вперед или назад, сиденье должно также слегка наклоняться вперед или назад на небольшой угол. Для этого сиденье нужно посадить на ось, проходящую под серединой сиденья. Сбоку или снизу сиденья необходимо сделать ограничители поворота.

10-11. Эти две задачи имеют одно решение – под ножки подкладываются упругие шероховатые подкладки, которые не дают сиденью скользить по полу. Так как их площадь опоры будет больше площади опоры ножек, то они не будут продавливать пол.

Итак, мы познакомились с тремя законами первой группы, обеспечивающими жизнеспособность технической системы. Напомним, эти законы проявляются уже на этапе создания системы. Если выполнены законы первой группы, техническая система минимально работоспособна. Далее мы познакомимся с законами группы с условным названием «Кинематика», обеспечивающими развитие ТС на втором этапе.