

## Законы развития технических систем: история создания, структура, проявления (методический материал для преподавания ТРИЗ)

### «Кинематика». Законы, регулирующие развитие ТС

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

#### 4. Закон увеличения степени идеальности

Развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности.

*Идеальной ТС называется такая ТС, которой нет, а ее функция выполняется.*

Например,

- в свече Яблочкова системы поддержания одинакового расстояния между углями нет, а расстояние остается постоянным (рис. 9);
  - при сплаве леса плотами, корабля для перевозки леса нет, а лес транспортируется по воде.

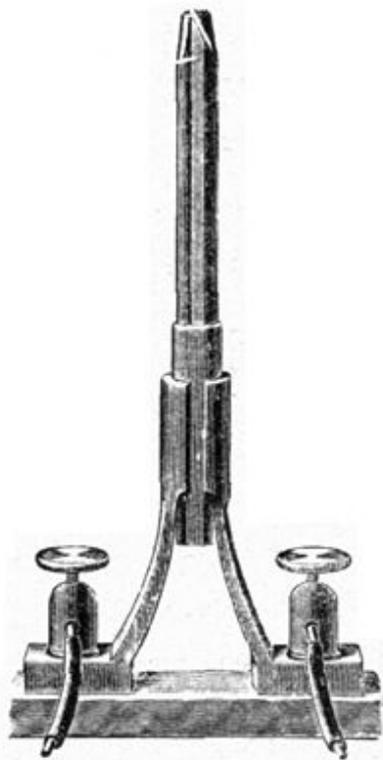


Рис. 9. Свеча Яблочкова

Но идеальных систем, сравнительно, мало, а движутся к идеальным все ТС. Очень условно можно определить коэффициент идеальности ТС прямо пропорциональным количеству функций, выполняемых ТС, и обратно пропорциональным сумме затрат на эти функции.

$$K_i \approx \sum \Phi / \sum Z$$

Отсюда – увеличение количества функций и снижение количества затрат повышает идеальность ТС.

Например, увеличение количества пассажиров, при уменьшении стоимости проезда, повышает идеальность транспортного средства.

Также идеальность растет при использовании уже имеющихся в ТС ресурсов, т.е. веществ, полей и их свойств, ранее не задействованных.

Например, если намагнитить молоток, то можно доставать упавшие гвозди из узких щелей. Для этого мы использовали уже имеющиеся магнитные свойства молотка.

Закон увеличения степени идеальности используется и для решения изобретательских задач в АРИЗ-85В в формулировке идеального конечного результата (ИКР): «Система САМА (без использования дополнительных устройств) обеспечивает то-то и то-то».

### Работа с Законом:

- выбираете ТС;
- расписываете ее по системному оператору;
- формулируете идеальную ТС в соответствии с определением идеальности или в формулировке ИКР;
- ставите задачу по достижению идеальной системы;
- решаете задачу;
- если в идеальной постановке задача не решается – сделайте «шаг назад» от идеала (внесите некоторое уменьшение идеальности). Часто при этом задача решается гораздо проще.



Рис. 10. Вертолёт

Например, ТС – вертолет (рис. 10). Необходимо увеличить скорость вертолета. Для этого необходимо увеличить скорость потока воздуха, отбрасываемого винтом. Это можно сделать, увеличивая скорость вращения винта. Но концы винта уже движутся с околосвуковой скоростью. При увеличении количества оборотов концы лопастей начнут двигаться со сверхзвуковой скоростью. При этом упадет эффективность винта. Как быть?

### Основные ПС вертолета:

- РО – винт;

- Двигатель – газотурбинные двигатели;
- Трансмиссия – редуктор и вал винта;

#### **Формулировка требования повышения идеальности :**

*«Винт САМ обеспечивает увеличение скорости отбрасываемого потока воздуха, не увеличивая скорость движения концов винта».*

#### **Задача:**

*Необходимо увеличить скорость потока воздуха, отбрасываемого винтом, не увеличивая обороты винта и не увеличивая длину лопастей винта.*

#### **Решение задачи:**

*Для увеличения скорости потока, необходимо увеличить количество отбрасываемого воздуха за один оборот винта. Для этого увеличили ширину концов лопастей винта (самой эффективной части винта) и немного увеличили угол атаки (угол наклона по отношению к набегающему потоку) концов лопастей. При тех же оборотах винта, количество, а значит, и скорость отбрасываемого концами лопастей воздуха, увеличились. Возросла тяга винта и скорость вертолета.*

### **5. Закон динамизации (увеличения изменчивости)<sup>1</sup>**

**Каждая ТС, в своем развитии, стремится увеличить подвижность (изменчивость), как ПС, так и ТС в целом для улучшения взаимодействий при увеличении требований к ней.**

ТС увеличивают степень своей динамизации по разным направлениям, но чаще по следующим:

- применение шарниров (один – два – много – эластичное тело);
- применение активных молекул (химические решения);
- применение неустойчивости положения или физического состояния;
- применение изменяющихся функций или свойств;
- применение структурированных и меняющихся полей. Под полями имеются в виду технические поля, то есть поля взаимодействий. В ТРИЗ предложена аббревиатура МАТХЭМ, обозначающая группы полей разной природы:
  - механические поля (трение, удар, перемещение и т.д.);
  - акустические поля (вибрации различных видов – звук, ультразвук и т.д.);
  - тепловые поля (нагрев, охлаждение);
  - химические поля (различные виды химических взаимодействий);
  - электрические поля (электростатика, электродинамика);
  - магнитные поля;

---

<sup>1</sup> В системе законов Г.С. Альтшуллера закона динамизации нет. Динамизация выделена как тенденция в развитии технических систем. Однако некоторые исследователи выделяют её как самостоятельный закон (прим. редактора).

- а также всевозможные комбинации их (электромагнитные, электрохимические, механоакустические и т.д.).

Аббревиатура очень помогает при необходимости быстро подобрать поле:

### **Примеры применения шарниров:**

Самолет (рис. 11):



Рис. 11. Самолёт

На самолетах очень широко применяются шарниры. (Шарниры – это устройства, дающие возможность поворачивать одну часть ТС относительно другой. Это - дверные петли, оконные петли, гвоздик в ножницах и т.д.).

В левой части рисунка видны опущенные элероны (рули крена). Они соединены с крылом шарнирами. Кроме того, переднее и заднее горизонтальное оперение тоже соединены шарнирами с фюзеляжем и могут поворачиваться для изменения высоты полета.

В правой части видно, что даже само крыло складывается с помощью шарниров, чтобы занимать меньше места на корабле.

В последних типах самолетов впускные и выхлопные сопла двигателей тоже меняют свою форму и направление, что дает много возможностей самолету.

А на больших грузовых самолетах шарнирами соединяются двери грузовых люков и, даже вся носовая часть самолета откидывается на шарнирах для удобства погрузки.

На самолетах так много шарниров, что конструкторы уже работают над последним шагом динамизации в этом направлении – применении эластичных материалов.

### **Примеры применения активных молекул (химические решения)**

В современной технике химические решения находят все большее применение. Все виды парфюмерии – это активные молекулы (рис. 12).

Все виды пластмасс, красок, лаков – это химия. В поварском искусстве применение

запаховых и вкусовых добавок, а также тепловая обработка пищи – это использование активных молекул. Получение новых искусственных материалов с заданными свойствами – тоже химия. Увеличение срока службы ламп накаливания – и это химия (галогенные лампы). А разрабатываемая сейчас новая отрасль науки – нанотехнологии – это ведь тоже химия.



Рис. 12. Помада

Широкое распространение получают технологии с использованием катализаторов (веществ, ускоряющих определенные реакции), ингибиторов (веществ, замедляющих реакции), ферментов (веществ вызывающих строго определенные реакции).

По своей технологичности, химия (применение активных молекул) уверенно выходит на ведущее место в технологиях человека.

### **Применение структурированных и меняющихся полей**

Сила взаимодействия в техническом поле может быть либо четко ограниченной в конкретном месте (поле трения, поле удара, поле давления), либо плавно спадающей по величине (гравитационное, магнитное, электрическое и другие поля).

Применение таких полей не всегда решает задачу. Необходимо придавать полю четкую структуру или сделать величину взаимодействия меняющимся по нужному закону. Желательно использовать эффект кумуляции (собирания, накопления).

Пример. Применение ряда электромагнитов на внутренней поверхности кольца, работающих на переменном токе, дает возможность получить вращающееся магнитное поле. На этом принципе работают электромоторы. Если эти электромагниты размещены на плоскости – получим бегущее магнитное поле. Этот эффект используется в разработке



новых скоростных видов транспорта, создавая бегущее магнитное поле на дороге.

Рис. 13. Кумулятивный снаряд в разрезе

Кумулятивный эффект используют для пробивания толстых слоев брони. Заряд взрывчатого вещества, с кумулятивной выемкой, собирает часть энергии взрыва и фокусирует ее в одном направлении (рис. 13-14).

Эта кумулятивная струя обладает огромной пробивной способностью. Заряд весом в 2-3 кг способен пробить броню толщиной до 1 метра, а такой же заряд, но без выемки, оставит только небольшое углубление.

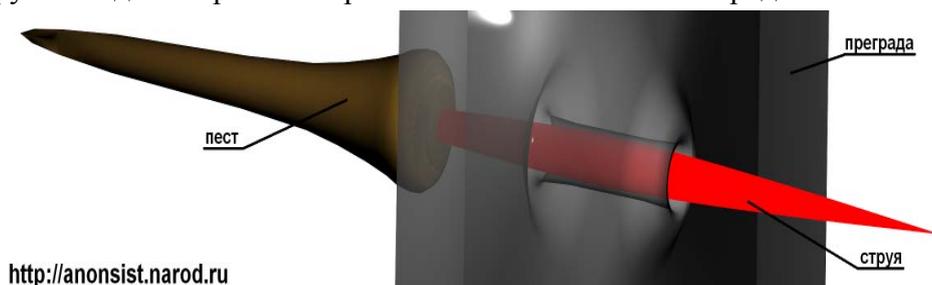


Рис. 14. Пробивание брони кумулятивным зарядом

Везде, где имеют место потоки газа или жидкости – постарайтесь использовать кумулятивный эффект.



Изображенная на рисунке 15 противотанковая ракета «Малютка – 2» имеет вес боевой части вместе с корпусом, взрывателем и т.д. – 3,5 кг и пробивает броню толщиной 80 см.

Рис. 15. Противотанковая ракета «Малютка»

### Примеры применения неустойчивости

Неустойчивым бывает положение в пространстве или физическое состояние объекта. С неустойчивостью в пространстве мы хорошо знакомы. Именно из-за нее мы падаем в гололед, не можем поставить карандаш на острие и т.д.

Неужели это «вредное» явление можно применить в технике? Оказалось – можно. Когда скорости авиации подошли к 1 км/сек. (3600 км/ч), выявилось неприятное явление. На таких скоростях радиус поворота самолета составлял десятки километров. Это было неприемлемо. До этого на протяжении всей истории авиации конструкторы боролись за устойчивость самолета. Теперь пришлось заняться противоположным. Современный **истребитель предельно неустойчив**. Пришлось поставить специальный компьютер, который удерживает самолет в заданном направлении. Зато малейшее отклонение ручки управления вызывает резкий маневр самолета. Самолет стал очень маневренным.

На фотографии (рис. 16) – современный истребитель Су-35, весящий под 40 тонн, имеющий посадочную скорость около 300 км/час, движется со скоростью 40-50 км/час, что видно по струям дыма из трассеров (они не вытягиваются в линию, а клубятся возле самолета). Это возможно только благодаря уникальным двигателям и предельной неустойчивости машины.



Рис. 16. истребитель Су -35

Именно поэтому наши самолеты могут делать такие фигуры высшего пилотажа, какие не может сделать ни один самолет в мире.

Это касается неустойчивости положения.

Что касается неустойчивости физического состояния, то его обеспечивают вещества, которые могут мгновенно перейти из твердого состояния в газообразное (взрывчатые вещества и пороха), или из жидкого состояния в твердое (переохлажденные жидкости или полимеризующиеся жидкости).

Такие вещества тоже дают большие возможности изобретателю.

Кроме того, нельзя забывать о самовоспламеняющихся веществах (белый фосфор, напалм...), газотворных веществах и т.д.

### Примеры изменяющихся свойств и функций:



Рис. 17. Танк БТ – 7М

Есть вещества, которые меняют свои свойства в различных условиях. Так, если мы смешаем серную кислоту с водой – получим сильный нагрев. Если же смешаем ту же серную кислоту со снегом – получим сильное охлаждение.

Есть ТС с подобными свойствами: в конце 30-х годов прошлого века танки БТ-5 и БТ-7 (рис. 17) шли по бездорожью на гусеницах, а, выйдя на шоссе, сбрасывали гусеницы и

двигались на колесах с гораздо большей скоростью.

### **Примеры изменяющихся функций.**

Нитроглицерин долгое время был известен, как самое сильное химическое взрывчатое вещество. И только через десятки лет выяснили, что нитроглицерин сильнейшее сердечное лекарство.

Вот, в основном по этим направлениям, действует закон динамизации с целью приспособления ТС к меняющимся условиям ее жизни и деятельности.

## **6. Закон неравномерности развития**

*Развитие частей системы идет неравномерно; чем сложнее система, тем неравномернее развитие ее частей.*

Подсистемы в ТС развиваются неравномерно. Одни ПС опережают в развитии другие. По этой причине возникают Технические Противоречия в ТС.

Опережать в развитии всегда должен Рабочий Орган, но и другие ПС не должны сильно отставать, так как это сдерживает развитие всей ТС.

Пример:

Одним из наших учеников, школьником 10 класс, была исследована ТС (КЕМ???) «Накладной дверной замок» (рис. 18). К ней была предъявлена претензия, что ТС плохо выполняет свою функцию, т.к. дверь легко вскрывают отжатием полотна или сильным ударом в область замка. Не принимались во внимание врезные замки, навесные замки, сейфовые замки и т.п.



Рис. 18. Накладной замок

При проверке патентных материалов за последние 30 лет оказалось, что рабочий орган сильно отстал в своем развитии. Рабочим органом замка является задвижка, соединяющая полотно двери с дверной коробкой. Из свыше сотни патентов только 3 или 4 относились к незначительному совершенствованию задвижки. Налицо явное нарушение закона неравномерности развития. Развитие задвижки должно опережать остальные ПС.

Была сформулирована проблема: Замок не должен отжиматься или выбиваться.

Была сформулирована задача: Задвижка должна соединять дверь с дверной рамой не в одном месте, а по всему периметру двери во всех точках.

Эта задача была решена и изготовлены эскизы устройства. Автор решения предложил замок, работающий по принципу застежки «молния». К сожалению, автор не стал патентовать решение.

Работа с законом:

- выбираете ТС;

- расписываете по СО;
- выясняете, опережает ли РО остальные ПС;
- если РО отстает – ставите и решаете задачу по развитию РО;
- проверяете развитие остальных ПС;
- если одна из ПС сильно отстала в развитии и тормозит всю ТС – ставьте и решайте задачу по совершенствованию данной ПС.

## 7. Закон перехода в Надсистему

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

Понятно, что когда нет ресурсов развития, ТС развиваться не может. Но ТС нужна человеку. Как быть?

Иногда ТС умирает, как, например, система «каменный топор».

Иногда застывает в своем развитии и остается на прежнем уровне, как, например, ТС «гребные суда», или «велосипед». Эти ТС не увеличивают свои показатели по главным параметрам, но человек оставил их живыми.

Но чаще ТС переходит в надсистему и развивается в ее составе, за счет ресурсов НС.

Сразу же возникает вопрос – где взять НС, в которую войдет наша ТС?

Есть три простейших пути, по которым создается нужная НС:

- **Первый** – объединением 2-х или более рассматриваемых систем:  $C + C + \dots$
- **Второй** – объединением системы и альтернативной ей системы:  $C + АлС + \dots$
- **Третий** – объединением системы с антисистемой:  $C + АС + \dots$

Эффективность создаваемых НС растет от первого к третьему способу. Кроме того можно объединять в НС системы с разными несвязанными функциями, но здесь нужно быть очень внимательным, чтобы получить эффективную НС.

При объединении 2-х систем получается «**бисистема**» («би» – значит два); при объединении 3-х и более систем – получается «**полисистема**» («поли» – значит много).

При переходе к би- и полисистемам увеличивается только количество рабочих органов. Остальные ПС свертываются (объединяются) в одну.

### **Примеры использования первого пути: $C + C$**

Вы помните, как называли друзей д'Артаньяна? Правильно, мушкетеры. Они назывались так потому, что у них на вооружении было огнестрельное оружие – мушкет. Мушкет представлял собой прообраз винтовки. Он имел деревянную ложу, ствол (прочную стальную трубку, заглушенную с задней стороны, имеющую тонкое запальное отверстие и полку возле него), фитильный замок (скобу с закрепленным в ней тлеющим фитилем).

По тем временам это было мощное оружие. Мушкет пробивал хорошие латы на

расстоянии 100 – 150 метров. Он честно служил людям больше сотни лет. Почему же друзья д'Артаньяна, имея такое оружие, в любой драке хватались не за мушкет, а за шпагу?

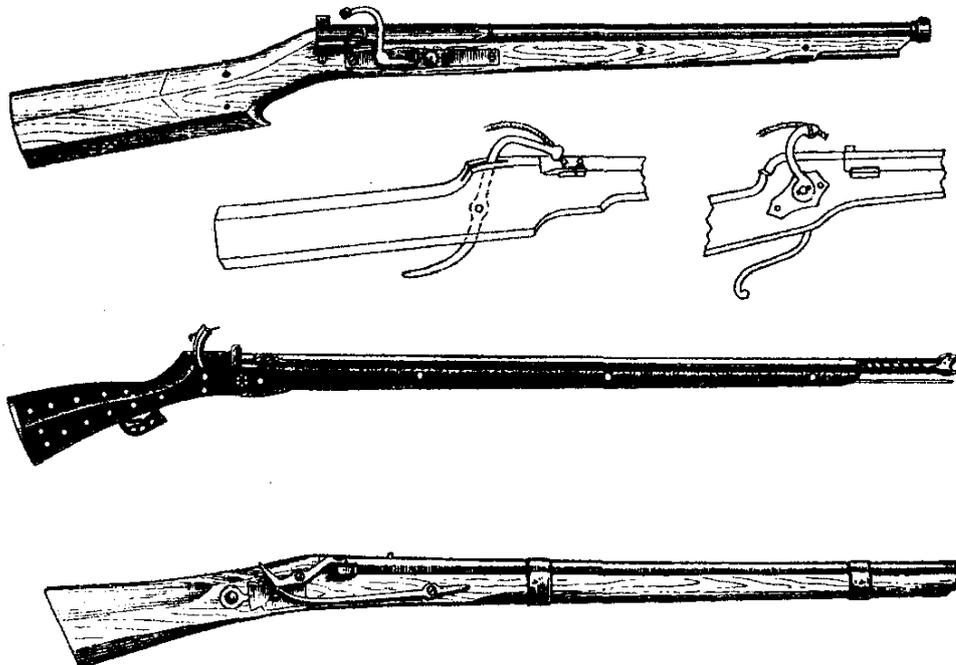


Рис. 19. Различные типы мушкетов.

Дело в том, что мушкет имел массу недостатков. Но главным из них и не поддающимся существенному исправлению была низкая скорострельность. Чтобы перезарядить мушкет после выстрела, требовалось около шести минут. Понятно, что с такой скорострельностью в бою успеха ждать не приходилось. Так что правы были мушкетеры, чуть-что хватаясь за шпагу. Ее перезаряжать не нужно.

Мушкет был мощным индивидуальным оружием, но по параметру «скорострельность» он давно достиг физического предела и нужно было ему переходить в НС.

Сначала развитие мушкета пошло по первому пути. Два мушкета объединяют в би-систему. Получается двустволка. Затем переход к пол-системе: трех-, пяти- и семистволка. Известно даже сооружение с сорока стволами. Многостволки в охотничьем оружии сохранились до сих пор.



Рис. 20. Двустволка с горизонтальным расположением стволов – ТОЗ-80



Рис. 21. Двустволка с вертикальным расположением стволов – ТОЗ-120

Сейчас уже отмерли, но еще в 19 веке были широко известны многоствольные пистолеты (рис. 22).



Рис. 22. Многоствольные пистолеты

Первый путь (С + С) оказался для оружия недостаточно эффективным. Скорострельность возросла, но ненамного, даже когда перешли к воспламенению пороха не фитилем или кремнем, а ударным капсюлем (рис. 23). Для совершенствования системы нужно было менять принцип перезарядки.



Рис. 23. Капсюльное ружье. Зарядка все еще осуществляется с дула

Тогда решили объединить в одно все три ПС заряда: пулю, порох и капсюль. Объединили их с помощью гильзы. Это был бумажный мешочек, в котором находились элементы заряда. Но зарядка все еще осуществлялась с дула и была долгой.



Революционным шагом был переход к зарядке с казенной части (задней части ствола) и замена бумажной гильзы на металлическую. Такой заряд называется «патрон»

Рис. 24. Современные патроны.

На внутреннюю поверхность ствола стали наносить

винтовые нарезки для придания пуле вращения и стабилизации ее в полете. При этом резко увеличилась скорострельность, т.к. перезарядка стала занимать 1 – 2 секунды (сравните с 6 мин. у мушкета). Увеличилась дальность и точность стрельбы. Армии всего мира перевооружаются на такие винтовки. В России это 5-ти зарядная винтовка Мосина (рис. 25).



Рис. 25. Винтовка Мосина.

Одновременно создаются патроны для пистолетов. Для увеличения скорострельности пистолетов опять идут первым путем. Но объединяют не стволы, а только их казенные части, куда и помещают заранее патроны. Ствол остается один, а патронников – от пяти до 22, и располагают их по кругу. Каждый патронник с патроном по очереди, подходит к стволу и производится выстрел. Такая система называется «револьвер» (рис. 26).



Рис. 26. Револьвер

Затем создаются пистолеты, в которых патроны помещаются в магазин и по очереди подаются в ствол.



Рис. 27. Пистолет ТТ

Дальнейшее увеличение скорострельности уже начало ограничиваться физическими возможностями человека. Он не способен быстрее нажимать на спуск. Пришлось отдать это автоматике. Американец Хайрем Максим создает первый пулемет «Максим». Он получает скорострельность 10 выстрелов в секунду. Это хорошо действует против пехоты и кавалерии. На некоторое время рост скорострельности прекращается. Пулеметы широко распространяются в вооруженных силах всех стран. Ниже приведены фотографии пулемета «Максим» (рис. 28) и современного российского крупнокалиберного пулемета «Корд» (рис. 29).

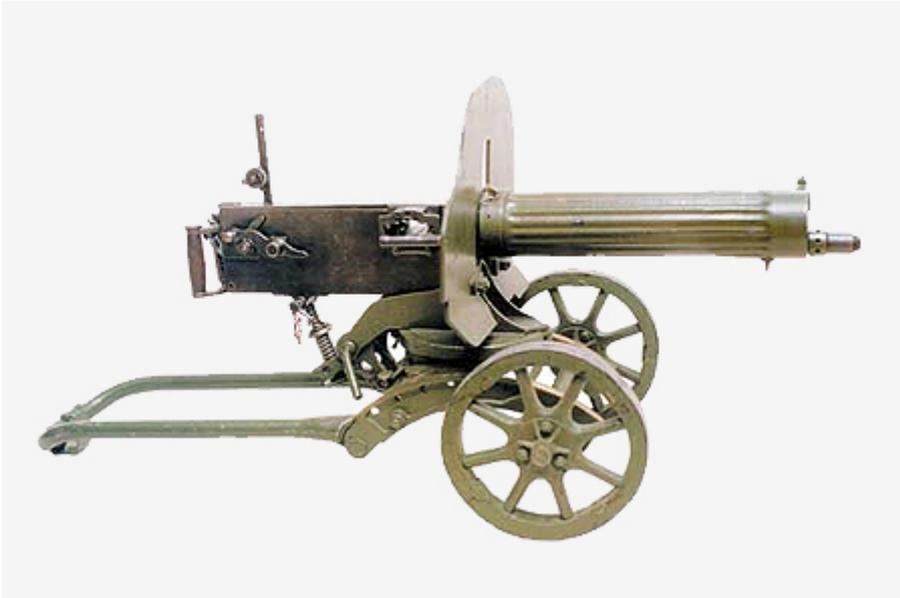


Рис. 28. Пулемет «Максим» (1920 – 1930 г.г. СССР)



Рис. 29. Пулемет «Корд»

Так как пулеметы все же тяжелы для одного человека, то вскоре начинают создаваться автоматические винтовки – автоматы. Ниже приводятся фотографии некоторых типов автоматов (рис. 30-33).



Рис. 30. Автомат Федорова. 1916 год.



Рис. 31. Автомат Калашникова. 1947 год.



Рис. 32. Автомат А – 91. 90-е годы.



Рис. 33. Единственный в мире подводный автомат АПС. 80-е годы.

Скорострельность пулеметов недолго устраивала человека. Появилась авиация, и для борьбы с ней, нужна была более высокая скорострельность. Опять идут первым путем. Появляются sdвоенные и счетверенные пулеметные установки, но они слишком велики, сложны и неуклюжи. В 60-х годах создаются шестиствольные пулеметные и пушечные установки с вращающимся блоком стволов. Верхний ствол стреляет, затем, при движении по кругу, происходит перезарядка ствола и, в верхнем положении, опять выстрел. Скорострельность таких установок достигает 100 – 250 выстрелов в секунду. Такие установки могут сбить летящий снаряд, не только самолет. Ниже приведены фото образцов таких установок (рис. 34-35).



Рис. 34. Американская шестиствольная 20 мм пушка «Вулкан».



Рис. 35. Советский ракетно-пушечный комплекс с шестиствольной 30 мм пушкой ГШ -30

Как видите, первый путь перехода ТС в НС (С + С) применяется достаточно широко. А есть ведь еще два пути: С + АлС (объединение с альтернативной системой) и С + АС (объединение с антисистемой). Применяются ли они? Да применяются, хотя и реже, чем первый. Возможно, реже потому, что они сложнее? Но, зато эффективнее.



Рис. 36. Еще один пример перехода С + С (бисистема) – «Ножницы»

#### Примеры объединения С + АлС:

- объединение штык-ножа с винтовкой или автоматом;
- объединение автомата с гранатометом (приведенный выше снимок А – 91);
- объединение наручных часов и калькулятора;
- объединение мобильного телефона и фотоаппарата и т.п.

Объединяя различные АлС можно получать интересные эффекты. Как, например, эти, очень разные, изображения при объединении дают еще один, новый портрет (рис. 37).



Рис. 37. С. Дали. Лицо параноика, 1935

#### Примеры объединения С + АС:

- объединение топора и молотка для забивания гвоздей (функция топора – разделять, функция молотка с гвоздями – соединять);
- объединение ножа и иглки с ниткой (в ножах для выживания);
- электроутюг - с системой увлажнения;
- объединение средств поражения и средств защиты – боевой танк, имеющий пушку, для поражения противника и противоснарядную броню, для защиты экипажа (рис. 38).



Рис. 38. Боевой танк

### Как работать с данным законом?

- выбираете ТС;
- расписываете ТС по СО, формулируете функцию и антифункцию;
- выясняете, есть ли ресурсы и возможности для повышения эффективности;
- если Вы не видите ресурсов – сформулируйте условия перехода ТС в НС по всем трем путям, обратив внимание на то, что, при объединении, умножаются только рабочие органы, остальные свертываются в один;
- выберите устраивающий Вас вариант, определите возможность его осуществления и границы применимости, преимущества перед уже имеющейся ТС;
- доработайте его до эскизной стадии.

### Пример:

#### - ТС – «письменный стол»;

- ПС – столешница, боковины, ящики, ножки. РО – поверхность столешницы.
- Функция – удерживать бытовые и рабочие предметы на высоте 75 см над полом. Антифункция – перемещать предметы на высоте 75 см над полом. АС – конвейер;
- ресурсов для существенного повышения эффективности не видно;
- формулируем условия перехода ТС в НС:

1. С + С: стол + стол = поверхность столешницы + поверхность столешницы. Идея: чтобы использовать нижнюю поверхность столешницы, нужно сделать столешницу переворачивающейся. Тогда нижнюю поверхность можно использовать для «грязных» работ: лепки, рисования, черчения и т.п.

2. С + АлС: стол + стеллаж. Пристроить к столу стеллаж для книг, инструментов, материалов и т.п. Такие устройства известны.

3. С + АС: стол + конвейер. Сделать часть столешницы в виде конвейера, чтобы она подавала нужные материалы, инструменты и т.п. Такие ТС тоже известны.

Меня наиболее устраивает первый вариант. Он позволяет иметь один стол вместо двух: стола для чтения и письма и стола для рисования, лепки, черчения и т.п.