1. ИНЖЕНЕРНОЕ ТВОРЧЕСТВО И УСЛОВИЯ ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Каждый разумный человек (по латыни – homo sapiens) в своей трудовой повседневной жизни, опираясь на свой интеллект, на приобретенные знания и навыки жизненного опыта, используя свои общие, специальные и творческие способности что-то создает, совершенствует, модернизирует. Многие люди в своих деяниях поднимаются на более высокую ступень интеллектуальной деятельности – они **творят** и **изобретают**. Несмотря на кажущуюся идентичность этих двух видов интеллектуальной деятельности человека между понятиями «**созидание**», «**великолепно выполненная работа**» и «**творческая разработка**», «**изобретение**» существует серьезная и принципиальная разница. Конечно, непосвященному трудно найти границы между этими понятиями и дать им определение. Более того, в подавляющем большинстве случаев люди совершают свои деяния, не называя их такими терминами, не оценивая их значимости и возможных масштабов последующего использования их опыта, их находок. Даже выполняя одно и то же дело, разные люди подходят к нему с разными взглядами и оценками.

Для иллюстрации сказанного полезно вспомнить притчу о строителях Шартского собора. Однажды приезжий человек, проходивший мимо огромного котлована стройки повстречал трех мужчин, которые в ручных тачках везли кирпичи.

- Что делаете? - спросил их прохожий.

- Не видишь что ли? - ответил первый, - везу кирпичи!

- Зарабатываю деньги, - сказал второй.

Третий приостановился, поднял руку к небу и с пафосом в голосе произнес: "Я строю Шартский собор!"

Каждый человек по-своему одарен природой и обогащен жизненным опытом. **Под одаренностью** человека понимается некая **совокупность его личностных**, только ему присущих качеств. К ним относятся *интеллектуальные способности, специфические (академические) способности к обучению, творческие способности (креативность), способности к исполнительскому и изобразительному искусству, психомоторные способности* и некоторые другие. Как видим, творческие способности – одна из важнейших сфер и компонентов одаренности. Известный ученый, психолог Д. Рензулли определил **одаренность** как **совокупность** всего лишь **свойств личности человека**: *высокого интеллекта, творческих способностей* и *настойчивости* (*мотивации).*

"***Творчество*** *– это деятельность, порождающая нечто качественно новое и отличающаяся неповторимостью, оригинальностью и общественно-исторической уникальностью. Творчество специфично для человека, так как всегда предполагает творца – субъекта творческой деятельности. В природе происходит процесс развития, но не творчества*" – такое определение дано в одном из последних изданий энциклопедического словаря.

Существует большое число и других определений творчества, из которых мне более всего импонирует определение психолога Фромма: "***Творчество*** *– это способность удивляться и познавать, умение находить решение в нестандартных ситуациях, это нацеленность на открытия нового и способность к глубокому осознанию своего опыта*".

Очень меткое и образное определение творчеству дал известный специалист по теории и методам конструирования П. Хилл: "***Творчество*** *можно определить как успешный полет мысли за пределы известного, оно дополняет знания, способствуя созданию вещей, которые не были известны ранее*".

Очевидно, что здесь даны неоднозначные и не очень строгие трактовки творчества, но ведь само *содержание и процесс творчества подразумевает неординарность и вариативность мышления, непрерывность и динамизм поиска, симбиоз логических размышлений и интуитивных прогнозов.*

Смысл творчества в науке и технике очень близок: цель науки – добыча знаний о свойствах материи, цель техники – использование этих свойств на удовлетворение потребностей

человека и общества. Таким образом, ***техника*** *– это овеществление знаний, поставляемых наукой*. Свою единственную и главную задачу современная цивилизация видит (и даже планирует ее на перспективу – приходится констатировать это!) в преобразовании среды обитания, в подстраивании ее под себя, в создании "буферной", безопасной, искусственной прослойки (второй природы) на основе объективных научных данных. Без техники этого не достичь.

Инженерное творчество характеризуется как самостоятельная деятельность человека с постановкой и выбором технической задачи поиском условий и способов ее решения.

Инженерное творчество характеризуется так же созданием нового социального результата.

Творческий процесс, в особенности изобретательство, связано с активным поиском и генерированием новых идей, с анализом известных и выбором альтернативных идей.

Из опыта инженерного проектирования известно, что для создания новых технических объектов (изделий), пользующихся большим спросом и способных приносить прибыль, надо иметь не менее 55 – 60 хороших идей. **Идея** – *это форма отражения в мысли явлений объективной реальности*. Идеи включают в себя сознание целей дальнейшего познания и практического преобразования мира, удовлетворения возникших новых потребностей человека, создания новых технических устройств и технологий, новых веществ и материалов, а также их новых применений.

Изобретательство – одна из форм творческой деятельности человека. Каждый образованный человек имеет право на эту деятельность и должен испытать себя в этой области интеллектуального труда. Ведь подлинная цель образования – дать человеку шанс раскрыть свои возможности, познать себя. Как тут не вспомнить слова Сократа: "Труднее всего познать самого себя".

Изобретательство – одно из самых больших удовольствий, известных человеку, поскольку эта творческая работа требует интеллектуальных и эмоциональных усилий и умений делать многое, в том числе своими собственными руками, например, создавать всяческие образцы и модели, испытывать их, проводить на них эксперименты.

В курсе “ Основы инженерного творчества“ не ставится задача – научить Вас изобретать. Но, при наличии желания, способностей, опыта работы, знание методик технического творчества (теории изобретательства) помогает инженеру с максимальной отдачей использовать имеющиеся у него знания и опыт в поиске новых ТР, (и, может быть, стать изобретателем).

Очевидно, что лишь для небольшой части студентов, стремящихся приобщиться к творческой деятельности, изобретательство станет делом всей их жизни. Однако любой человек, который обнаружит, а затем и разовьет в себе творческие и изобретательские способности, освоит основы теории и практики этих видов деятельности, так или иначе может воспользоваться ими на любой работе, в делах хозяйственных и домашних, в игре, на отдыхе и в любых самых неожиданных ситуациях.

Один из главных недостатков в подготовке большинства выпускников инженерных специальностей – неумение самостоятельно ставить новые задачи, неумение решать задачи поиска новых конструкторско-технологических решений на уровне изобретений, обеспечивающих в итоге повышение качества продукции, достижение мирового уровня, всестороннюю интенсификацию и экономию ресурсов. Учебный процесс в основном построен на решении таких теоретических и практических задач, для которых уже имеется готовая постановка задачи, дается способ ее решения в виде четкого алгоритма, имеются примеры решения задач по этому способу, а преподавателю (а часто и студенту) известен ответ. При этом решение задачи часто превращается в рутинную работу, не требующую глубоких творческих размышлений.

В дополнение к приобретению навыков решения таких задач (что выпускник также должен уметь хорошо делать!) будущий специалист обязан овладеть знаниями и навыками

решения творческих инженерных задач, в которых нет готовой постановки, неизвестен способ решения, нет близких примеров решения аналогичных задач, а преподавателю – неизвестен ответ, обычно имеющий несколько вариантов.

У философов, психологов, технических специалистов существуют различные взгляды на творчество. Назовем вначале две наиболее ярких и диаметрально противоположных друг другу позиции.

Одна из них опирается на античную философию Платона (427…347 г.г. до н.э.), утверждавшего, что акт творчества в голове человека возникает и протекает вне его сознания и без усилий его воли, а под воздействием некоего мистического привнесенного извне состояния духа. Трактуемый таким образом творческий процесс совершенно не увязывается с интеллектом человека и, по сути дела, является результатом случая.

Другой, противоположный взгляд на творчество основан на весьма простой и прозаической, но малоэффективной концепции английского философа Джона Милля (1806…1873). Ее суть: в результате сборки чего-либо из известных элементов получается новый замысел, а уже на его основе создается новое изделие.

Между этими двумя крайними точками зрения на творчество существует большое число и других мнений. Так, например, известный французский математик и философ Жюль Анри Пуанкаре (1854 -1912) считал, что замысел возникает более или менее неосознанно, после чего происходит скачек интуиции - озарение, проникновение в неосознанные до той поры хранилища памяти, содержащие конкретную информацию, которая при этом перерабатывается и образует новое техническое решение. Таки образом, по мнению Пуанкаре творческий акт предваряется этапом неосознанной подготовки и не связан с волевым решением. С этим мнением не согласился другой ученый – О'Доэрти. Разве факт длительной мыслительной подготовки, к тому же с привлечением собственного воображения, не вызывает осмысленный творческий акт, связанный с озарением? – парирует он мнение Пуанкаре.

В некоторых случаях объяснение мотивов творчества можно увидеть и в концепции австрийского психолога Зигмунда Фрейда (1856…1939). Он утверждал, что творческий процесс является самовозбуждающимся процессом. Подавленная энергия, соединяясь с эмоциональным напряжением, достигает порога терпения и пробивается наружу в форме гипотезы, научной теории или любого иного творческого продукта.

Здесь нам нет нужды изучать и анализировать описанные и другие существующие взгляды на творчество и отнюдь не из-за того, что они затрагивают сложнейшие разделы наук, а потому, что они не являются предметом изучения данной дисциплины.

Поэтому ограничимся здесь собственным мнением, что вероятно каждая из упомянутых концепций открывает какую-то часть истины о творческой деятельности человека и может иметь для нас определенное значение, когда мы задумываемся над развитием творческих способностей.

В данной лекции я акцентирую внимание лишь на одном аспекте взглядов и мнений на творчество: для плодотворной творческой деятельности человеку прежде всего нужно овладеть определенным набором приемов и взаимосвязей, не уповая только на озарение, но и не игнорируя его. Конечно же, творчество не заключается в умении жонглировать заученными и апробированными приемами (стереотипами или, как их иногда называют в литературе, "стандартами"), но, с другой стороны, без овладения каким-то минимумом приемов и знаний в области своей деятельности человек не в состоянии быть сознательным творцом. Это соображение подтверждается известным древним афоризмом: "Из пустого даже Соломон не нальет" (Соломон – правитель Израильско-иудейского царства в девятисотые годы до нашей эры, славившийся своей необычайной мудростью).

Сегодня, когда создана **теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)**, можно уверенно сказать: каждый инженер способен и должен "по науке" решать задачи, которые принято считать творческими.

Реально ли каждого научить бегать со скоростью 50 км/час? Да, если "бег" заменить ездой на автомобиле. Можно ли каждого научить работать быстрее самого талантливого землекопа? Да, если заменить лопату экскаватором. ТРИЗ дает инженеру экскаватор – в этом смысл ТРИЗ, нового инструмента творческой деятельности.

Неразумно и расточительно решать творческие задачи методом "осенения" в то время, когда создана научная технология, как неразумно и расточительно перетаскивать на себе грузы, когда есть поезда, автомобили, самолеты.

В бурях великих революций рухнули предрассудки о превосходстве родовитых людей, об особых способностях людей богатых, но устояло и, пожалуй, даже стало прочнее представление об исключительности людей, наделенных творческими способностями. Уже не говорят: он лучше, потому, что богаче. Теперь говорят иначе: он лучше, потому что у него творческие способности. Только это не причина неравенства, а следствие. Миф, обосновывающий неравенство ссылкой на способности, исключительно крепок, но и он неизбежно рухнет.

Люди имеют одинаковое право на счастье, а право это включает, прежде всего, возможность творчества, развитие – для творчества, – соответствующих способностей.

Условия для творчества:

- *врожденная способность*
- *собственная деятельность*
- *благоприятные условия*.

Современный этап развития общества характеризуется ускоренными темпами обновления техники и технологий. Непрерывно требуются новые идеи для создания конкурентоспособной продукции, подготовки высококвалифицированных кадров. Внешние условия служат предпосылкой для реализации творческих возможностей личности, имеющей в биологическом отношении безграничный потенциал. Становится актуальной задача поиска подходов, методик, технологий для реализаций потенциалов, выявления скрытых резервов личности.

Общеизвестным является факт, что творческие способности и профессиональное мастерство специалистов становится главной производительной силой общества, и в целях преумножения достижений во всех областях науки и техники необходимо планомерное и заблаговременное развитие у молодежи творческого воображения, технических способностей, обучения методам научно-технического творчества, привлечения ее к изобретательской деятельности.

В процессе решения творческой задачи используют 3 подхода:

- логические операции (четко определенные правила достижения цели);
- эвристические правила (нечеткие правила, которые основаны на обобщении опыта творцов);
- интуитивные операции.

Интуиция – быстрое решение задачи, требующее длительной подготовки.

Если задача решается только на основе логических операций – это не творчество. Творчество начинается, когда подключаются эвристические правила и интуитивные операции.

Левое полушарие мозга ведает накоплением знаний, правое – воображением, фантазией, интуицией.

Исторические этапы развития научных и технических идей и инженерного творчества

Возникла техника одновременно с образованием человеческого общества, она порождена человеком, она служила ему средством освобождения от рабской зависимости от природы и средством удовлетворения его биологических и социальных потребностей. Но одновременно техника и формировала нового человека, создавала предпосылки для появления новых потребностей. При этом, в отличие от животных, потребности человека имеют тен-

денцию к постоянному возрастанию (смысл этой неограниченной экспансии человека, эгоизм цивилизации пока еще никто не объяснил...). Потребности чрезвычайно активны. Пока они не удовлетворены, человек недоволен самим собой. Мир не удовлетворяет человека и человек решает изменить его. Для этого в какой-то момент истории становится недостаточно только человеческих сил, нужны иные, дополнительные средства, умножающие производительные силы человека.

На ранних этапах развития культуры производительные силы ничтожны. Но таковы же и потребности, развивающиеся вместе со средствами их удовлетворения. Потребности ограничены главным образом добыванием пищи. Растительная пища добывалась руками, иногда с помощью камней и палок, удлиняющих руку. С ростом населения стал ощущаться недостаток этого вида пищи и человек вынужден был начать охотиться и разделывать туши убитых животных, но для этого ему не хватало естественной силы органов. Появилась потребность в орудиях увеличивающих возможности человека. Так были найдены в окружающей среде предметы, у которых раскрылись нужные для человека функции: заостренные палки, осколки камней с острыми краями. Но эти предметы ломались, тупились, терялись. Необходимо было искать, запасать, подправлять естественные орудия – возник процесс изготовления средств труда. Это и есть первый момент возникновения техники. Образующаяся социальная система сама, собственными потребностями создавала недостающие ей органы из элементов окружающей природы. Человек раскрывал свойства предметов, постепенно накапливал знания и начал целенаправленно их использовать. Так, для изготовления орудий годились камни только группы кварца. Они были твердыми (почти как алмаз) и легко раскалывались на пластины с острыми краями. Вместе с орудиями труда развивалась рука, особенно кисть.

К началу ледникового периода (100 тыс. лет назад) появились первые оседлые поселения у воды, на опушках леса, в пещерах и гротах. Климат становился все холоднее, с севера спускался ледник – надо было защищаться от сильнейшего удара природы. Человек начал использовать огонь, перенесенный на стоянку с лесных пожаров, научился поддерживать его. Костер обеспечивал защиту от холода и сырости, от ночных нападений хищников. Варка и поджаривание мяса и овощей сократили процесс жевания и пищеварения. Уменьшились челюсти, быстрее стал развиваться мозг. Высвободилось больше времени и энергии для активного проявления жизни. Человек впервые использовал для своих нужд даровую энергию из окружающей среды. Использование огня как способа превращения химической энергии в тепловую было следующим, после каменных орудий, крупнейшим шагом в развитии общества. А изобретение способа добывания огня (высечением, высверливанием) окончательно отделило человека от животного царства. Это было выдающееся изобретение, оно ознаменовало собой момент окончательного формирования человека разумного (40-30 тыс. лет назад). К этому времени технология изготовления каменных орудий достигла совершенства. Ее развитие шло в направлении увеличения полезной функции орудий труда: придания удобной для работы формы и заострения режущей кромки. Были изобретены первые составные орудия: дротик (палка с каменным наконечником) и топор. Попутно был изобретен способ крепления топора к рукояти с помощью узла (петли) из кожаных ремней. Топор стал одним из основных орудий первобытного человека.

Археологов издавна удивляла особенность исторических находок: они находили одни и те же орудия на всей заселенной территории земного шара. И это не случайность. У разных групп первобытных людей возникали одни и те же потребности, а их реализация основывалась на одних и тех же предметах из природной среды. Точно так же, изменения Земли, как космического тела, принуждали человека приспосабливаться, искать выход в изобретательности. Одинаковые противоречия между человеком и природой разрешались (путем проб и ошибок) одними и теми же способами.

Итак, причина возникновения и развития техники заключена в противоречиях между целями (потребностями) и средствами для воплощения этих целей в деятельности человека. Если такого противоречия нет, если общество удовлетворяется ранее созданными средства-

ми для достижения поставленных целей, то ничто не заставит людей взяться за создание новой техники в любой области деятельности. Однако такой ситуации еще ни разу не возникало в истории цивилизации (человек никогда не удовлетворялся достигнутым). Противоречия всегда были и нет причин сомневаться в том, что они не будут в будущем – этот тип противоречий следует отнести к "вечным": при его разрешении оно тут же воспроизводится на другой ступени развития. Противоречия нарастают, обостряются и разрешаются. Любое разрешение противоречия требует каких-либо изменений: приспособление и развитие самого человека (прямохождение, развитие кисти, мозга), преобразование окружающей природной среды (сельскохозяйственное использование, животноводство, строительство сооружений), изменение общества (социальных структур, связей, функций и ориентиров) или "достраивание" (расширение функциональных возможностей) человека и общества путем создания искусственных технических "органов".

Что есть техника, технические системы? Топор, лук, телега - технические системы? Ветка, палка, дубина? Прежде, чем ответить на эти вопросы, изложим кратко историю появления и развития орудий производства в человеческом обществе. Если суммировать известные на сегодня сведения и представления о возникновении и эволюции техники на всем протяжении истории человечества и изложить ее в ТРИЗовской интерпретации, то получится схема, изображенная на рис. 1.

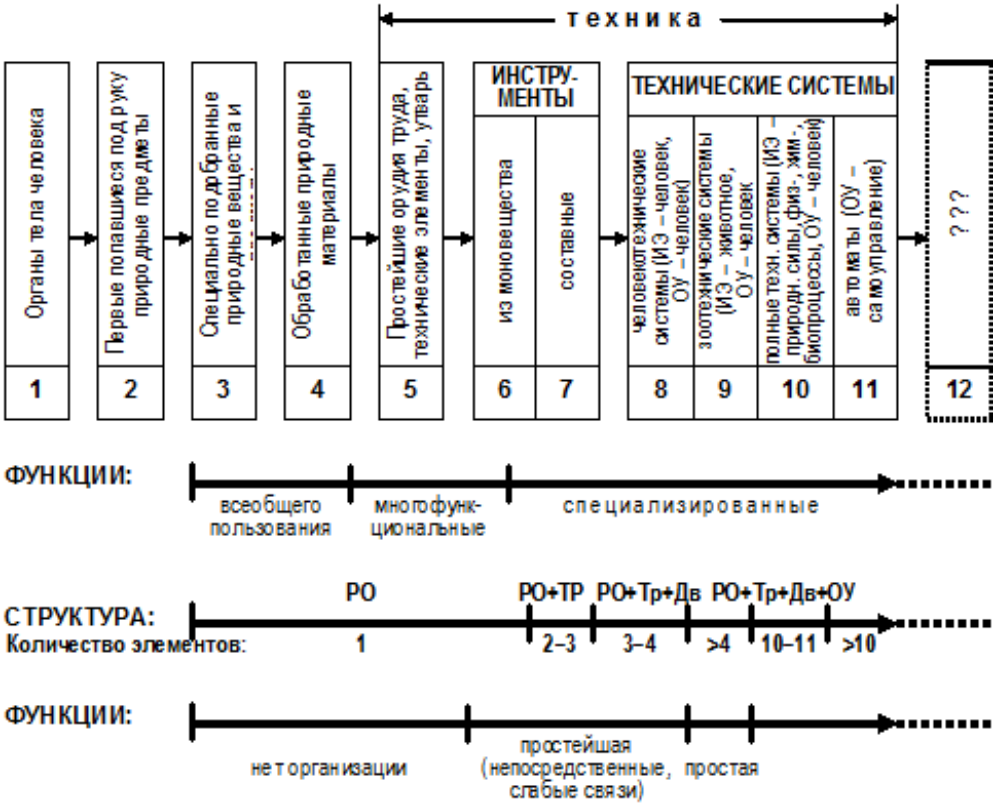


Рис. 1. Схема развития орудий производства.

1. Первыми средствами воздействия на предметы труда были органы тела человека: добывание и разделывание пищи, рытье ям, кладка стен из камней. Сооружения – самая простая форма орудий производства с пассивной функцией, они возникли в результате естественной жизни людей (тропинки, дороги), затем возводились целесообразно (строения, курганы, пирамиды).

Сооружения есть и у животных: плотины и каналы у бобров, гнезда птиц, логова животных. Затем человек "удлинил", "усилил" свои органы тела с помощью различных естественных объектов.

2. Использование первых попавшихся под руку природных предметов. При строительстве своих жилищ (шалаши, землянки, пол у землянки) человек использует ветки, шкуры, кости, камни.

3. Специально подобранные вещества и предметы для выполнения широкого класса функций (острая кость, палка, отщеп от камня). Это важный период: происходило уяснение меры соответствия свойств природных веществ целям труда.

4. Обработанные природные материалы с выделенной (усиленной) функцией. Начался подбор материалов к конкретным процессам труда. Рубило, скребло, кожаные ремни, костяные плошки, кожаные мешки, корзины из лыка, веток, камыша. Смысл этого периода познание свойств материала и их использование для выполнения нужных функций (пункты 2, 3, 4 схемы):

5. Простейшие орудия труда, специально изготовленные технические элементы, утварь, инвентарь. Эти орудия труда еще не были специализированными и применялись для любых целей: рычаг, ступка, каменные скребки, ножи, сверла, бойки. Способы обработки: рубка, сверление, пиление, шлифование. Главная особенность орудий труда – четко выделенная рабочая часть (зона), которая впоследствии превратится в рабочий орган (РО). Технические элементы: рычаг, каток, ось, колесо. Утварь, инвентарь: посуда, жилище, плот, долбленая лодка, лыжи, сани.

Началось ускорение специализации орудий труда – за счет выделения и усиления одной полезной функции. Это привело к обособлению первого элемента технических систем – рабочего органа. С этого момента можно отсчитывать время существования техники, как феномена человеческого общества.

Пункты 1–3 схемы полностью присущи и животному миру. Пункт 4 – уникальный период в истории земной жизни, он свойственен только человеку разумному: человек научился использовать и добывать огонь. Однако орудия труда находятся в зачаточном состоянии. И только период, соответствующий пункту 5 схемы, можно уверенно отнести к началу техники.

6–7. Инструменты – специализированные, а значит и более разнообразные, орудия труда, – возникли приблизительно 10 тыс. лет назад из моновещества с зонированными (четко выделенными) частями: зона рабочего органа (острие), зона трансмиссии (рукоятка). Цель появления инструментов – целенаправленное эффективное преобразование предметов труда (превращение природного материала или предмета в изделие). Кремневые ножи, резцы, сверла, проколки, шилья, костяная игла.

Первые сочлененные инструменты (каменный боек плюс костяная или деревянная оправа) держались плохо, были непрочны, разваливались. Сочлененные инструменты: резцы и ножи в оправе, стрела и копье с наконечником, серп – большой составной нож с каменными вкладными лезвиями. Первый настоящий составной инструмент – топор. Появление составных инструментов (дробление вещества на отдельные части и их стыковка иным способом) явилось важным шагом к началу структуризации объектов, появлению связей между элементами. Главная особенность этого процесса: расщепление (дробление) функции, с последующим подыскиванием и изобретением более эффективных способов выполнения этих частичных полезных функций, с получением дополнительного выигрыша в основной функции при соединении элементов в единое целое.

Например, тяжелый топор (увеличение полезной функции) невозможно было закрепить защеплением в деревянной оправе, поэтому появился третий элемент – кожаные ремни. Но ремни плохо держались, распускались. Сильное изобретение того времени – узел – способ затягивание кожаной петли.

Наиболее удачными сочетаниями элементов были такие, где их свойства взаимно дополнялись. Например, первая посуда – плетеные корзины и кувшины плохо держали воду и их нельзя было ставить на огонь. Случайно обнаружилось, что обмазанные глиной корзины намного прочнее, водонепроницаемы и огнестойки. Здесь деревянная сетка (каркас) играла роль арматуры, скрепляющей глину, а глина предохраняла дерево от разрушения. И только потом обнаружилось, что от огня глина становилась еще прочнее, даже при сгораемом внешнем каркасе, поэтому постепенно перешли на бескаркасное изготовление глиняных изделий.

8–11. Технические системы – инструменты с двигателем. Это технические объекты, состоящие минимум из трех частей: рабочий орган (РО), трансмиссия (Тр), двигатель (Дв). Четвертый элемент – орган управления (ОУ) чаще всего включает человека. Пятый элемент – источник энергии (ИЭ); им может быть человек, животное, природные силы, а также естественные и искусственные физ-, хим-, биопроцессы.

Первые ТС – мельница, лук, телега, часы, весы.

Возникновение и развитие паровой машины.

Силу пара знали еще древние (Архимед, Герон Александрийский, Леонардо да Винчи). Герон более 2 тыс. лет назад изготавливал не только игрушки, приводимые в действие паром, но и создал паровую машину, открывавшую двери храма. Древние греки не использовали паровые двигатели только потому, что труд рабов был дешевле, у них не было стимула совершенствовать технику.

Только в 17 веке (1615 год) француз С. де Ко воспроизвел машину Герона: через герметичную крышку бака с водой выходила труба, бак ставили на огонь, вода закипала и пар поднимал воду в трубе, сколь бы она не была высока. Опыт наглядно демонстрировал силу пара.

Уже первые модели паровых машин имели все составные части технической системы: ИЭ – огонь, Дв – котел с водой, преобразующий тепловую энергию в механическую (расширение пара), Тр – труба, РО – пар, изделие – вода в трубе, ОУ – человек (с помощью огня).

В 1663 году была запатентована и заработала машина маркиза Уорчестера: машина имела паровой котел, от него шла труба к двум бакам с водой, при открытии крана на одной из труб вода из бака вытеснялась паром в водоподъемную трубу, в это время второй бак заполняли свежей порцией воды; кран на первой трубе закрывался, в котле поднималось давление, открывался второй кран и т.д.

РО усложнился – появились баки и краны, давшие возможность управлять уже самим рабочим органом. РО развивается и дальше, при неизменной схеме работы остальных частей (ИЭ–Дв–Тр), появляются элементы автоматического действия (клапаны) и новый принцип обработки изделия – воды (всасывание вместо нагнетания).

В 1698 году английский инженер Т.Севери получил патент на паровую водоподъемную машину (откачка воды из шахт), в которой, в отличие от машины Уорчестера, в водоподъемной трубе были установлены клапаны (рис. 3). Вентиль на паровом котле открывался, пар вытеснял воздух из 2, при этом клапан А открывался (клапан Б закрыт) и вода попадала в 3. Потом 2 охлаждался водой, в нем резко падало давление, образовывался вакуум, подсасывалась вода из 4 через клапан Б (А закрыт) и цикл повторялся. Модель машины с успехом демонстрировалась Королевскому обществу.

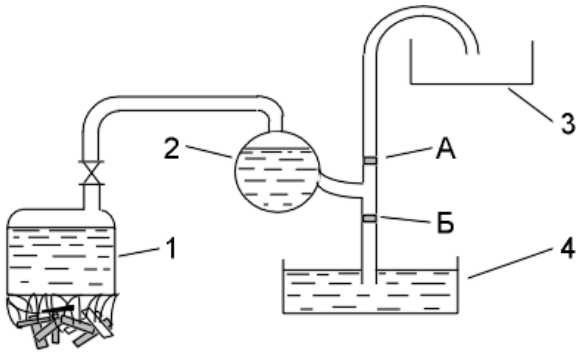


Рис. 3. Паровая водоподъемная машина Т.Сэвери.
1 - котел, 2 - бак с водой, 3 - приемная емкость,
4 - источник воды; А, Б - клапаны.

В 1705 году был выдан патент кузнецу и железоторговцу Т.Ньюкомену на водоподъемную машину, в которой впервые использовались цилиндры с поршнем (рис. 4).

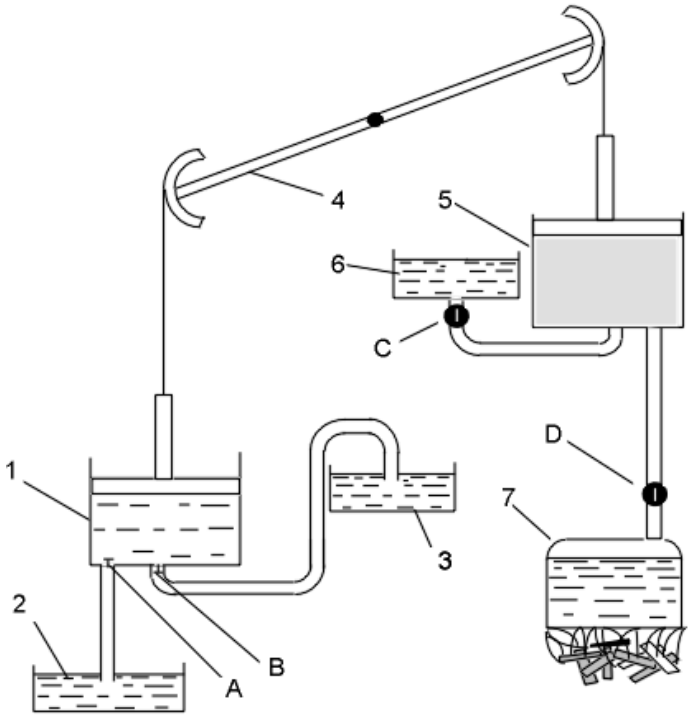


Рис. 4. Паровая машина Ньюкомена: 1 - насос, 2 - источник воды, 3 - емкость,
4 - коромысло, 5 - рабочий цилиндр, 6 - емкость с водой, 7 - котел;
A,B, - клапаны, C,D - краны.

Поршень насоса 1 под действием собственного веса опускался вниз, вода из цилиндра вытеснялась в емкость 3 (А открыт, В закрыт). в это время рабочий цилиндр 5 был заполнен паром, поступившим из парового котла 7 (D открыт, С закрыт). Коромысло 4 наклонялось влево, толкало поршень насоса 1. Затем рабочий цилиндр охлаждался водой снаружи (после усовершенствования впрыскивал воду в цилиндр) пар в 5 конденсировался и давление падало ниже атмосферного. Впрыск воды из емкости 6, открывался кран С. В 5 образовывался вакуум и поршень под действием атмосферного давления опускался вниз, коромысло 4 поворачивалось вправо, поршень насоса 1 поднимался, клапан Б открывался, цилиндр насоса заполнялся водой из 2. Цикл повторялся. Машина поэтому называлась атмосферной.

Уже к 1770 году на севере Англии работало около 100 машин, а к 1780 году на Корнуэльских оловянных рудниках (юго-запад Англии) работало не менее 70 машин.

При работе машины требовалось открывать и закрывать краны, подающие в цилиндр то пар (D), то воду (C). Один из мальчиков, приставленных к такой машине, Гемфри Поттер, открыл эпоху автоматических машин: он связал краны с коромыслом веревкой и они стали сами открываться и закрываться...

Вытеснение человека из ТС продолжалось и далее.

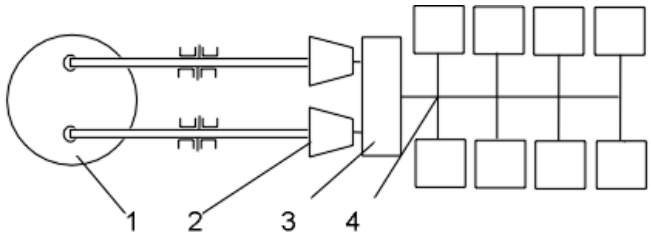


Рис. 5. Универсальная паровая машина Ползунова:
1 - двухцилиндровый двигатель, 2 - воздуходувные меха, 3 - аккумулятор давления,
4 - сжатый воздух, поступающий в плавильные печи по трубам.

В 1763 году И.И.Ползунов, после знакомства с работами Сэвери и Ньюкомена, разработал проект первой в мире универсальной паровой машины, мощность 1,8 л.с. (рис. 5). В отличие от машины Ньюкомена, которая не могла непрерывно производить работу и использовалась поэтому для привода орудий прерывного действия (например, водооткачивающих насосов), машина Ползунова могла производить работу непрерывно, то есть была спроектирована как универсальная. Им были применены два цилиндра (би-система), поршни которых поочередно передавали работу на общий вал. Впервые выдвинутый Ползуновым принцип сложения работы нескольких цилиндров на одном валу нашел в дальнейшем широкое применение (в том числе в ДВС). Ползунов также разработал специальное автоматическое устройство, производящее распределение пара и воды (позиции 6,7 на рис. 6).

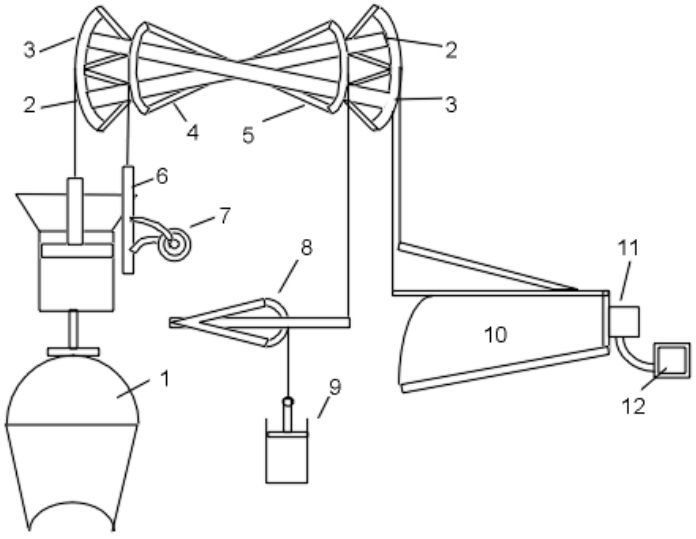


Рис. 6. Схема воздуходувной установки Ползунова: 1 - цилиндр, 2 - 3 - балансиры,
4 - 5 - малые полубалансиры, 6 - 7 - пароводораспределительный механизм,
8 - полубалансир, 9 - насос, 10 - воздухонагнетательные меха, 11 - коллектор,
12 - аккумулятор.

Джеймс Уатт открыл мастерскую по ремонту различных приборов, изучал свойства воды и водяного пара, определил опытным путем зависимость между давлением и температу-

рой насыщенного водяного пара. В 1764 году ему принесли для ремонта модель машины Ньюкомена. Внимательно изучив машину, он правильно определил большой ее недостаток: из-за впрыскивания воды для конденсации пара цилиндр машины сильно охлаждался, а при подаче в него пара его необходимо было снова нагревать (большой расход тепла и топлива). Уатт сделал два важных усовершенствования:

- конденсатор пара 5 (пар конденсировался не в цилиндре, а в конденсаторе),
- паровая рубашка 2 вокруг цилиндра (рис. 7).

Это существенно повысило к.п.д. машины.

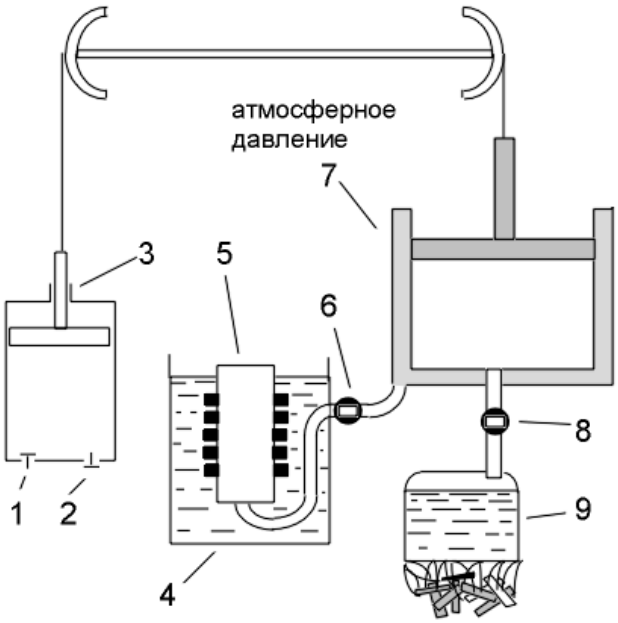


Рис. 7. Схема машины Д.Уатта: 1, 2, 6, 8 - клапаны, 3 - насос, 4 - емкость с водой, 5 - конденсатор пара, 7 - паровая рубашка, 9 - котел.

Насосная паровая машина Уатта оказалась такой удачной, что если в 1778 году на Корнуэльском руднике было 70 машин Ньюкомена, то к 1790 году все они, кроме одной, были заменены машинами Уатта (пат. 1769 года).

Область применения паровых машин расширялась, большие заказы поступали со стороны развивающейся текстильной промышленности, требовались универсальные двигатели для привода вращающихся станков.

Патент на универсальный паровой двигатель Уатт получил в 1781 году. Он разработал и создал паровую машину с цилиндрами двойного действия, разработал центробежный регулятор и индикатор. Начал применяться давно известный кривошипно-шатунный механизм.

Через 20 лет усовершенствований Уатт избавился от холостого хода: закрыл цилиндр крышкой с сальником, теперь можно было подавать пар поочередно по обе стороны поршня - появилась машина непрерывного действия. В паровую рубашку подавался отработанный пар, создавалась теплозащитная оболочка. В конденсаторе пар отдавал тепло холодной воде, которая поступала в котел. Для управления подачей пара Уатт изобрел золотник, заменивший систему кранов: он перемещался поршнем машины посредством специальных тяг. Центробежный регулятор был необходим для перемещения заслонки в паропроводе, это нужно для поддержания постоянной скорости машины (несмотря на изменение нагрузки и давление пара в котле).

Исторические этапы развития инженерного творчества

1 этап – приспособление человеком природных предметов и веществ для своих нужд.

2 этап – преобразование природных предметов и веществ.

3 этап – создание таких предметов и веществ, которые в природе не существуют (бронзовый, железный, атомный, информационный века)

В XVI…XVII вв. идеи инженерии и развития техники на основе инженерной деятельности были всего лишь замыслом и воплощались в отдельных практических образцах. Но по мере развития новой науки и инженерии, а в XIX…XX вв. – индустриального производства, целиком опирающегося на инженерию и проектирование, – облик нового технического мира становится все более ощутимым.

Среди источников и детерминантов, определяющих функционирование и развитие техники, важное место занимает научно-инженерная картина мира, сложившаяся в конце XIX – начале XX в. Картина мира представляет собой образ той действительности, из которой, как непосредственно данной, исходит специалист. Научно-инженерная картина мира включает в себя некий сценарий. Существует природа, мыслимая в виде бесконечных процессов, энергий. Ученые описывают в естественных науках законы природы и строят соответствующие теории. Опираясь на эти законы и теории, инженер изобретает, конструирует, проектирует инженерные изделия (машины, механизмы, сооружения). Массовое производство, опираясь на инженерию, производит вещи, продукты, необходимые человеку и обществу. В начале этого цикла стоят ученый и инженер – творцы вещей, в конце – их потребители. В соответствии с традиционной *научно-инженерной картиной мира считается, что познание и инженерная деятельность не влияют на природу, из законов которой инженер исходит, что техника как результат инженерной деятельности не влияет на человека, поскольку является созданным им средством, что потребности естественно растут, расширяются и всегда могут быть удовлетворены научно-инженерным путем.*

Становление инженерной деятельности, реальности и научно-инженерной картины мира не было бы столь успешным, если бы инженерная деятельность не оказалась эффективной. Эффективность инженерной деятельности проявилась при создании как отдельных инженерных изделий, так и более сложных технических систем. Если Гюйгенс сумел создать инженерным способом часы, то сегодня таким способом создаются здания, самолеты, автомобили и бесконечное количество других необходимых человеку вещей. По сути, самолет есть сложная техническая система, но, например, еще сложнее АЭС, ускорители или космические комплексы. Во всех этих случаях инженерный подход к решению проблем демонстрирует свою эффективность.

Кризис инженерии и новая идея инженерии

Могущество инженерии подготавливает и ее кризис. Сегодня обозначились по меньшей мере, **четыре области такого кризиса:**

- поглощение инженерии нетрадиционным проектированием;
- поглощение инженерии технологией;
- осознание отрицательных последствий инженерной деятельности;
- кризис традиционной научно-инженерной картины мира.

Если инженерное (техническое) проектирование имеет дело с разработкой процессов, описанных в естественных или технических науках, то другие виды проектирования (архитектурное, градостроительное, дизайнерское, организационное и т. д.) разрабатывают помимо таких процессов и другие – описанные в опыте или даже априорно задаваемые (желаемые). Впрочем, и в инженерном проектировании не все процессы задаются и рассчитываются на основе знаний естественных наук. Например, при проектировании автомашин, самолетов, ракет лишь в самое последнее время стали учитывать и рассчитывать загрязнение воздушной среды, тепловые выбросы, уровень шума, изменение инфраструктур, влияние на людей и ряд других, как сегодня выясняется, важных моментов. Экспансия проектного мышления и инженерии заставляет инженеров не только организовывать инженерное дело по образу проектирования (как инженерные проекты), но и, что более существенно, мыслить проектно.

Инженер все чаще берется за разработку процессов, не описанных в естественных и технических науках и, следовательно, не подлежащих расчету. Проектный фетишизм (все, что изображено в проекте, можно реализовать) разделяется сегодня не только проектировщиками, но и многими инженерами. Проектный подход в инженерии привел к резкому расширению области процессов и изменений, не подлежащих расчету, не описанных в естественной или технической науке.

Эта область содержит процессы трех видов:

- влияние на природные процессы (например, загрязнение воздушной среды, изменение почвы, разрушение озонового слоя, тепловые выбросы и т.п.);
- трансформация деятельности и других искусственных компонентов и систем (например, инфраструктурные изменения);
- воздействие на человека и общество в целом (например, влияние транспорта или ЭВМ на образ жизни, сознание, поведение человека).

Еще более значительное влияние на развитие инженерии, а также расширение области ее потенциальных "ошибок", то есть отрицательных или неконтролируемых последствий, оказывает технология. Долгое время изобретательская деятельность, конструирование и традиционное инженерное проектирование определяли развитие и особенности инженерии. Происходило формирование, с одной стороны, самой инженерии и связанных с нею деятельностей (исследовательской, расчетной, проектной, производственной, эксплуатационной), с другой – естественных и технических наук, обеспечивающих инженерию. Являясь на первых порах всего лишь одним из аспектов изготовления технических изделий и сооружений, технология, понимаемая в узком смысле, способствовала постепенному осознанию и выявлению операциональных, деятельностных и социокультурных составляющих инженерной деятельности. В последние десятилетия ситуация изменилась. Реализация крупных национальных технических программ и проектов в наиболее развитых в промышленном отношении странах позволила осознать, что существует новая техническая действительность, что технологию следует рассматривать в широком контексте. Исследователи и инженеры обнаружили, что между технологическими процессами, операциями и принципами (в том числе и новыми), тем состоянием науки, техники, инженерии, проектирования, производства, которые уже сложились в данной культуре и стране, с одной стороны, и различными социальными и культурными процессами и системами – с другой, существует тесная взаимосвязь.

С развитием технологии происходит кардинальное изменение механизмов и условий прогресса техники и технических знаний (дисциплин, наук). Главным становится не установление связи между природными процессами и техническими элементами (как в изобретательской деятельности) и не разработка и расчет основных процессов и конструкций создаваемого инженерами изделия (машин, механизмов, сооружений), а разнообразные комбинации уже сложившихся идеальных объектов техники, видов исследовательской, инженерной и проектной деятельности, технологических и изобретательских процессов, операций и принципов. Изобретательская деятельность и конструирование начинают обслуживать этот сложный процесс, определяемый не столько познанием процессов природы и возможностями использования знания в технике, сколько логикой внутреннего развития технологии в ее широком понимании. Эту логику обусловливают и состояние самой техники, и характер технических знаний, и развитие инженерной деятельности (исследование, разработка, проектирование, изготовление, эксплуатация), и особенности различных социокультурных систем и процессов. Можно предположить, что технология в промышленно развитых странах постепенно становится той технической суперсистемой (техносферой), которая определяет развитие и формирование всех прочих технических систем и изделий, а также технических знаний и наук.

Важно обратить внимание на то, что, развиваясь в рамках технологии, инженерия все больше становится стихийной, неконтролируемой и во многом деструктивной силой. Поста-

новка инженерных задач определяется теперь не столько необходимостью удовлетворить ближайшие человеческие желания и потребности (в энергии, механизмах, машинах, сооружениях), сколько имманентными возможностями становления техносферы и технологии, которые через социальные механизмы формируют соответствующие этим возможностям потребности, а затем и "техногенные" качества и ценности самих людей.

В связи с этим можно говорить и о более сложном процессе формирования особого типа современного человека с научно-технической ориентацией. Это проблема известной теории двух культур – технической и гуманитарной.

Отрицательные последствия инженерной деятельности вносят свой вклад в три основных вида кризиса:

- разрушение и изменение природы (экологический кризис),
- изменение и разрушение человека (антропологический кризис)
- неконтролируемые изменения второй и третьей природы: деятельности, организаций, социальных инфраструктур (кризис развития).

Влияние технического развития на человека и его образ жизни менее заметно, чем на природу. Тем не менее, оно существенно. Здесь и полная зависимость человека от технических систем обеспечения (начиная с квартиры), и технические ритмы, которым должен подчиняться человек (производственные, транспортные, коммуникационные – начало и окончание программ, скорости процессов, кульминации), и потребности, которые исподволь или явно (например, с помощью рекламы) формируют технические новации.

Выяснилось, что человек и природа не успевают адаптироваться к стремительному развитию технической цивилизации. И раньше одни технические новшества и изменения влекли за собой другие. Например, развитие металлургии повлекло за собой создание шахт и рудников, новых заводов и дорог и тому подобное, сделало необходимым новые научные исследования и инженерные разработки. Однако до середины XIX в. эти трансформации и цепи изменений разворачивались с такой скоростью, что человек и отчасти природа успевали адаптироваться к ним (привыкнуть, создать компенсаторные механизмы и другие условия). В XX в. темп изменений резко возрос, цепи изменений почти мгновенно (с исторической точки зрения) распространялись на все стороны жизни. В результате отрицательные последствия научно-технического прогресса отчетливо проявились и стали проблемой.

Кризис традиционной научно-инженерной картины мира снова, но, естественно, уже на другом уровне, возвращает нас к негомогенному пониманию природы. Приходится различать "природу вообще" и "планетарную природу". В рамках планетарной природы уже не действует принцип независимости природы и человека от познания, инженерной деятельности и техники. Нужно сказать, что рождающийся в наше время новый образ планетарной природы непривычен. Это уже не простой объект деятельности человека, а, скорее, живой организм. Законы подобной природы не вечны, а обусловлены исторически и в культурном отношении. Само человеческое действие здесь (включая научное познание, инженерию и проектирование) есть орган эволюции природы. У эволюции есть цель и не одна. Природа не только условие человеческой деятельности и прогресса, но и их цель, а также своеобразное духовное существо. Она может чувствовать, отвечать человеку, ассимилировать его усилия и активность. Но как в этом случае быть с первой природой, со второй природой?

Дело в том, что в сознании философов и ученых фигурирует, правда в несколько ослабленной форме, установка на целостное непротиворечивое представление всей природы. Попытки включить разные "природы" (первую, вторую, материальную, духовную, космическую, природу микромира и т. д.) в рамки единой картины природного мира вдохновляются до сих пор именно этой установкой. У всех подобных синтезов – общая проблема: соединить, связать несоединимые онтологические признаки, дедуцировать их в некоторой правдоподобной и убедительной логике. При этом, поскольку естественная точка зрения на природу является доминирующей, синтез идет именно в онтологической плоскости и при четко

выраженных границах разных природ становится практически невыполнимым. Например, связать в онтологической плоскости природу микро- и макромира пока не удается. Аналогично не удается вывести культуру из природы и, наоборот, природу из сознания и духа, если, конечно, не прибегать к поэтическому воображению.

Установке на синтез природ, на построение единой непротиворечивой картины природного мира в современной культуре противостоит другая установка – на дифференциацию, разведение отдельных природ. Каждая отдельная природа характеризуется при этом самостоятельными законами, действующими только на "территории" данной природы. Например, законы культуры историчны и, отчасти, искусственны, а первой природы – вечны и естественны. Явления гуманитарной природы подчиняются рефлексивным отношениям и отношениям "понимающей" и "диалогической" коммуникации, а явления технической природы – принципам технического действия и эффективности. Установка на обособление и спецификацию отдельных природ находит мощное подкрепление в предметной работе специалистов, в конкретных группах и типах наук (естественных, математических, технических, гуманитарных, общественных и т. д.).

Синтез разных природ все же необходим, нужно стремиться к построению целостной картины природного мира. Другое дело, должен ли этот синтез разных природ идти только в онтологической плоскости, под естественным углом зрения? Природа – онтологическое и смысловое основание познавательной деятельности определенного типа, группы определенных наук, научных предметов и дисциплин. С этой точки зрения синтез природ должен вестись в двух перпендикулярных плоскостях – онтологической и методологической. Методологическая рефлексия разных видов познавательной деятельности, разных групп наук должна выявить их онтологические и смысловые основания; затем необходимо обсудить пути и способы интегрирования этих оснований. При этом не исключено, что сквозной онтологический синтез просто не потребуется, его заменят переходы из одних типов научных предметов в другие, а также перепредставления друг в друга онтологических картин и смыслов, лежащих на границах сходящихся разных природ.

Следующая настоятельная культурная проблема нашего времени – учет влияния на первую природу самой человеческой культурной активности. Действительно, традиционное понимание природы исходит из убеждения, что человеческая деятельность (познавательная, инженерная, производственная) не изменяет параметры и характеристики природы, поскольку исходит как раз из ее законов. В XX столетии выяснилось, что человеческая культурная деятельность достигла таких масштабов, что стала влиять на саму окружающую человека природу, менять ее характеристики и законы. Следовательно, понятие природы должно быть изменено, природой должны считаться не только первая природа, но и симбиоз первой природы и человеческой деятельности (культуры), то есть естественно-искусственное целое.

Наконец, есть еще одна культурная проблема – выявление природы самой человеческой деятельности. Человек становится губителем природы не потому, что он слишком далеко ушел от нее, что сделался чрезмерно внеприродным, далеким от ответственности и простоты, самодеятельной и самопрогрессирующей силой, но, как раз напротив, потому что он в пределах некоторых специфических социальных отношений ведет себя аналогично безответственно грубой природоподобной стихии. Конечно, общественные и гуманитарные науки пытаются описать природу человеческой деятельности и культуры, но сегодня этих усилий недостаточно.

Пересматривается в наше время и понятие о потребностях, а также образ достойного существования человека. Поскольку потребности современного человека в значительной мере обусловлены научно-техническим прогрессом и этот же прогресс лишает человека его свободы, ставится вопрос о высвобождении человека из-под власти техники, о том, что он должен пересмотреть свое отношение и к технике, и к природе.

Сегодня приходится пересматривать все основные составляющие традиционной научно-инженерной картины мира, включая саму идею инженерии. В частности, в эту идею вхо-

дит и представление о том, что все проблемы, порождаемые научно-техническим прогрессом, можно решить опять же научно-инженерным, рациональным способом. Вряд ли это так. Нужно учесть, что в социуме деятельности принадлежат различным культурным подсистемам и в этом плане подчиняются логике их жизни, в частности, ценностным отношениям. Особенностью же жизни культурных подсистем, в отличие от рационально организованной деятельности, является взаимодействие, борьба разноориентированных, иногда противоположных сил и ценностей. В этом плане реализация отдельных актов деятельности, не учитывающая бытие других деятельностей, может не только не приводить к нужным результатам, но и давать результаты, противоположные ожидаемым.

Следовательно, "природа" человеческой деятельности во многом зависит от культурных их составляющих и содержит два различных слоя – акты деятельности, организуемые на рациональной основе, и культурные компоненты (подсистемы), живущие по иной логике. Именно поэтому большинство проблем, встающих сегодня в обществе, не удается решить научно-техническим способом.

Кризис инженерной идеи и заставляет искать новые, альтернативные подходы. Обычно техническая мысль идет здесь в направлении создания малоотходных производств, новых дружественных человеку технологий (ЭВМ, чистые в экологическом отношении источники энергии, изделия и машины из нетрадиционных материалов и т. д.), производств с замкнутыми циклами, более широкое развитие биотехнологий и т. п. Политическая мысль ищет выход в разработке системы коллективной ответственности и ограничений (например, отказ от производства веществ, разрушающих озоновый слой, снижение выброса в атмосферу тепла и вредных химических веществ и т. д.). И то, и другое, конечно, необходимо. Но есть еще один путь: критическое переосмысление самих идей, лежащих в основании нашей технической цивилизации, прежде всего идеи естественной науки и инженерии.

Судя по всему, **традиционная идея инженерии исчерпала себя**. Во всяком случае сегодня необходимо формулировать идею инженерии заново. Основной вопрос здесь следующий. **Как реализовать силы природы, как использовать их для человека и общества, согласуя это использование с целями и идеалами человечества.** Последнее, например, предполагает: снижение деструктивных процессов, безопасное развитие цивилизации, высвобождение человека из-под власти техники, улучшение качества жизни и другие. Возникает, однако, **проблема**: *совместимо ли это с необходимостью обеспечивать приемлемый и достойный уровень существования для миллиардов людей на планете и восстанавливать природу планеты*? **Другая проблема** – *как контролировать изменения, вызванные современной инженерной деятельностью, проектированием и технологией*. Дело в том, что большинство таких изменений (изменение природных процессов, трансформация человека, неконтролируемые изменения второй и третьей природы) поддаются расчету только в ближайшей зоне. Например, уже на региональном, а тем более, планетарном уровне трудно или невозможно просчитать или контролировать выбросы тепла, вредных веществ и отходов, изменение грунтовых и подземных вод и т. д. Не менее трудно получить адекватную картину региональных и планетарных изменений техники, инфраструктур, деятельности или организаций. Трансформация образа жизни и потребностей человека, происходящая под воздействием техники, также плохо поддается описанию и, тем более, точному прогнозированию.

Все, что можно рассчитать и прогнозировать, нужно считать и прогнозировать; следует сводить к минимуму отрицательные последствия инженерной деятельности. Необходимо работать над минимизацией потребностей и их разумным развитием. Нужно отказаться от инженерных действий (проектов), эффект и последствия которых невозможно точно определить, но которые, однако, могут вести к экономическим или антропологическим катастрофам. Важно сменить традиционную научно-инженерную картину мира, заменив ее новыми представлениями относительно природы, техники, способов решения задач, достойном существовании человека, науки.

Новая инженерия и техника предполагает иную научно-инженерную картину мира. Такая картина уже не может строиться на идее свободного использования сил, энергий и материалов природы и идее творения. Плодотворные для своего времени (эпохи Возрождения и XVI…XVII вв.) эти идеи помогли сформулировать замысел и образцы инженерии. Но сегодня они уже не отвечают ситуации. Новая инженерия и техника – это умение работать с разными природами, это внимательное выслушивание и себя, и культуры. Выслушать – это значит понять, с какой техникой мы согласны, на какое ограничение своей свободы пойдем ради развития техники и технической цивилизации, какие ценности технического развития нам органичны, а какие несовместимы с нашим пониманием человека и его достоинства, с нашим пониманием культуры, истории и будущего.

2. ПРИЕМЫ АКТИВИЗАЦИИ ТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Психологические барьеры и принцип экономии мышления

Современный этап развития общества характеризуется ускоренными темпами обновления техники и технологий. Непрерывно требуются новые идеи для создания конкурентоспособной продукции, подготовки высококвалифицированных кадров. Общеизвестным является факт, что творческие способности и профессиональное мастерство специалистов становится главной производительной силой общества, и в целях преумножения достижений во всех областях науки и техники необходимо планомерное и заблаговременное развитие у молодежи творческого воображения, технических способностей, обучения методам научно-технического творчества, привлечения ее к изобретательской деятельности.

Однако эффективность научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ чрезвычайно низкая – и у нас и на Западе. В ведущих капиталистических странах 50% начатых разработок вскоре закрываются как бесперспективные, из оставшихся половина не выдерживает требований производства, и только пятая часть разработок приносит фирмам успех (Изобретатель и рационализатор. – 1981.– №8.– С.37). В нашей стране не доходят до производства две трети разработок, остальные внедряются на одном-двух предприятиях, и только 2% – на пяти и более предприятиях. (Социалистическая индустрия. – 1982.– 26 июня).

Таким образом, имеющийся в нашей стране мощный научно-технический потенциал многие годы используется недостаточно, даже самые прогрессивные технические идеи не находят практической реализации. Основной причиной такого положения является то, что научно-технический прогресс не был включен органически во все экономические процессы, слабо использовалась творческая активность трудящихся, их изобретательская и рационализаторская деятельность плохо увязывалась с насущными задачами повышения технического уровня и эффективности производства, качества выпускаемой продукции, а следовательно, и ее конкурентоспособности.

Сегодня ситуация, хотя и медленно, но меняется в лучшую сторону. В новых условиях хозяйствования все большее признание получает научно-техническое творчество как основа повышения эффективности всех отраслей производства.

Внешние условия служат предпосылкой для реализации творческих возможностей личности, имеющей в биологическом отношении безграничный потенциал. Становится актуальной задача поиска подходов, методик, технологий для реализаций потенциалов, выявления скрытых резервов личности.

Однако на пути поиска решения творческих задач возникают определенные барьеры, представляющие собой некоторые границы изобретательского творчества. Рассмотрим наиболее важные из них.

Исторически обусловленные барьеры во многом связаны с принципом исторической последовательности и преемственности научных и практических знаний. Так, без открытия электромагнитных волн было бы немыслимо изобретение радио и телевидения. Кроме того, в каждый данный исторический период по-настоящему осознаются и фиксируются в созна-

нии изобретателей преимущественно те общественные потребности, которые соответствуют имеющимся возможностям. Это положение не является всеобъемлющим, так как осознаваемые общественные потребности практически всегда опережают наличие возможности их удовлетворения.

Гносеологические барьеры связаны с тем, что в каждом обществе в разные периоды его развития господствуют определенные теории, взгляды на естествознание, методы познания и т. д. В силу исторической обусловленности, а следовательно, и ограниченности эти теории, взгляды держат в определенных "рамках", тормозят изобретательскую деятельность. Так, бытовавшие в свое время взгляды на линзы, как на вредную игрушку, которая изменяет размеры тел и вводит человека в заблуждение, задержали изобретение телескопа, микроскопа и других оптических приборов. Мнение многих ученых и инженеров конца прошлого столетия о том, что поезд сможет двигаться лишь в том случае, если его колеса и рельсы будут зубчатыми, на 8…10 лет приостановило развитие железнодорожного транспорта.

В свое время влиятельный английский журнал "Куортерли Ревью" утверждал: "Нет ничего более смешного и глупого, чем обещание построить паровоз, который двигался бы в два раза быстрее почтовой кареты". По поводу изобретения телефона одна из американских газет писала: "Утверждение, что человеческий голос можно передавать по обычному металлическому проводу с одного на другое место, является в высшей степени смешным..."

В изобретательском процессе исключительное значение имеют следующие **психологические барьеры.**

В связи с тем что изобретатель создает технику будущего, не всегда можно оценить соответствие изобретения общественным потребностям. Отсутствие такой уверенности ("А, может, это никому не нужно?") препятствует началу работы над изобретением.

Изобретателю часто приходится преодолевать барьер неверия в собственные силы и свою возможность решить задачу.

Прежде всего изобретатель склонен значительно переоценивать объективную сложность задачи (барьер гиперсложности); "авторитет авторитетов" демобилизует изобретателя, если он знает, что до него за решение этой задачи брались "авторитеты", но задача не была решена. Сюда относится также авторитет "извечных истин", заключающийся в бездумном преклонении перед принимаемыми на веру давно высказанными и разделяемыми большинством людей утверждениями. Так, со времен Аристотеля считалось, что скорость падения пропорциональна массе тела. Этому верили на протяжении девятнадцати веков. Лишь в 1590 году двадцатишестилетний профессор Галилео Галилей установил независимость ускорения свободного падения от массы падающего тела. А подтвердил он свой вывод гениально просто: поднявшись на Пизанскую башню, сбросил чугунное ядро и свинцовую мушкетную пулю – стоявшие внизу его ученики удостоверились, что ядро и пуля коснулись земли одновременно. Некоторые научные знания, особенно различные "принципы невозможности", "запреты" и т. п. могут представлять собой существенный барьер на пути к решению изобретательской задачи.

3. Изобретатель должен преодолевать также комплекс функционально-мыслительных барьеров, главными среди которых являются:

а) *стереотипность мышления* – трудность отказаться от привычного подхода, взглянуть на объект или проблему с новой стороны, как это сделал, например, английский врач Э. Дженнер, совершивший одно из наиболее поразительных открытий в медицине. Вместо изучения причин заболевания оспой он попытался выяснить, почему доярки не подвержены этому заболеванию. Оказалось, что, переболев безвредной коровьей оспой, человек приобретает иммунитет к обычной оспе – этому опасному для своего времени заболеванию. На основе профилактических прививок (фактически заражение коровьей оспой) удалось избавить человечество от этой болезни;

б) *инерция мышления*, представляющая склонность к определенному способу мышления, преимущественному использованию какого-нибудь метода решения задач, а также со-

хранение привычного, устоявшегося направления мыслительного поиска, несмотря на изменившуюся ситуацию, условия задачи и т. д. Психологическая инерция является наиболее серьезным препятствием в изобретательском процессе. Рассмотрим это свойство мышления на следующем примере. В магазин приходит глухонемой, которому нужен молоток. Как он объяснит продавцу, что он хочет купить? Верно, покажет жестами: тук, тук. Но вот в магазин заходит слепой, который хочет купить ножницы. Как он объяснится с продавцом? Покажет двумя пальцами: чик, чик. Но зачем слепому "чикать"? Он и сказать может. Ситуация изменилась, вместо глухонемого в магазин зашел слепой, а наше мышление все еще пребывает в области объяснений с помощью жестов;

в) *барьер выбора и переноса знаний*: часто изобретатель обладает необходимыми для решения изобретательской задачи знаниями, но в силу трудностей их применения или переноса задача остается нерешенной. Способность к переносу знаний имеет в техническом творчестве огромное значение. Это свойство творческого мышления лежало в основе многих первых изобретений человека. Так, в древнегреческой мифологии двенадцатилетнему мальчику по имени Тал приписывается изобретение компаса, гончарного круга и пилы. Причем пилу он придумал, взяв за образец, по одним источникам, спинной хребет костистой рыбы, по другим – челюсть змеи, т. е. перенес в техническую конструкцию то, что ему удалось подсмотреть в строении живого организма. Сейчас на приеме такого переноса в технике создано целое направление, называемое бионикой;

г) *специальные термины и понятия* могут также затруднять решение задачи ввиду того, что они представляют собой сумму и итог достигнутых знаний, а решение изобретательской задачи предполагает выход за рамки познанного, создание еще не существующего. Старые термины, сохраняя присущее им содержание, "подталкивают" изобретателя в направлении уже известных технических идей, для которых они и были созданы. Ф.Энгельс говорил: "В науке каждая новая точка зрения влечет за собой революцию в ее технических терминах". В процессе поиска решения технических задач, в формулировках лучше использовать обычные слова и выражения, свободные от технической терминологии.

Психологические барьеры для каждого изобретателя имеют свою, индивидуальную "высоту", и преодолевать их можно и нужно.

Социальные барьеры рассматриваются в двух аспектах — генетическом и поведенческом.

Генетика — наука о законах наследственности, изменчивости организмов и методах управления ими. Генетический аспект социальных барьеров можно охарактеризовать как некоторую обусловленность творческого потенциала личности наследственностью. Известно немало примеров родителей и детей с поразительным сходством не только внешности, но и характера. Конечно, можно допустить унаследование и более сложных психических структур, обеспечивающих творческую деятельность. Для подтверждения этого предположения есть много примеров. Прабабки А.С.Пушкина и Л.Н.Толстого были родными сестрами. Состояли в родстве такие крупнейшие представители немецкой культуры, как физик Макс Планк, философы Гегель и Шеллинг, поэты Шиллер и Гельдерлинг. В шотландской семье Холдейн из рода в род рождались выдающиеся профессора. В пяти поколениях семьи Баха насчитывалось 16 композиторов.

Однако можно приводить и противоположные примеры. Сын гениального математика Давида Гильберта внешне был чрезвычайно похож на отца, который с грустью говорил: "Все у него от меня, а математические способности – от жены". Ряд ученых считает, что все творческие функции воспитуемы и являются следствием прижизненного формирования специальных человеческих способностей.

Хотя вопрос о мере наследственности и мере воспитуемости творческих способностей человека продолжает оставаться дискуссионным, можно с уверенностью утверждать, что выдающиеся и гениальные люди не образуют какой-то отдельной "породы" и могут родиться в любой семье любого народа.

На формирование и развитие способностей основное влияние оказывают семья, система образования, а также соответствующий общественный "климат", являющийся важнейшим условием массового "произрастания" талантов, людей смелого полета мысли, творческого дерзания.

Поведенческий аспект социального барьера проявляется избирательно. Есть люди, которые в силу своих особенностей не могут плодотворно работать над решением творческой задачи в составе группы. Они предпочитают трудиться без свидетелей, советов и критических замечаний, используя свои индивидуальные методы. Когда же решение найдено, они охотно показывают его окружающим и выслушивают критику. Такой человек, включенный в творческую группу, не только не сможет сам эффективно работать (его раздражают окружающие), но будет отрицательно действовать на других и мешать им. Не случайно, например, при формировании экипажей для космических полетов серьезное внимание уделяется психологической совместимости кандидатов, а одним из основных принципов создания творческих комплексных бригад изобретателей и рационализаторов, а также других форм коллективного технического творчества является добровольность.

Практические методы активизации творческой деятельности

С давних времён известен метод проб и ошибок, который был, можно сказать, основным методом изобретателей до конца 60-х годов нашего века.

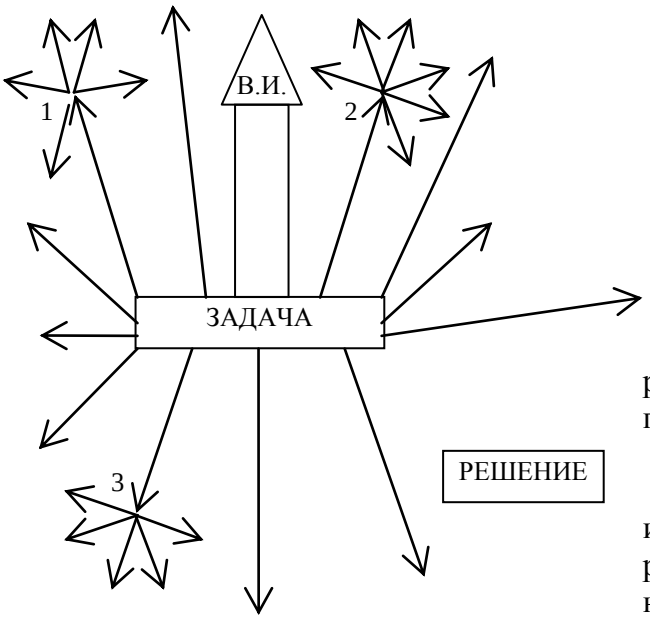
Разумеется, количество “проб“ намного больше, чем изображено на схеме. Требуются иногда тысячи (10-ки тысяч) “а если“, чтобы нащупать удачное техническое решение.

Другая особенность, что на схеме стрелки расположены гуще в направлении, противоположном “Решению“, – это не случайно.

Дело в том, что “пробы“ не так хаотичны, как кажется на первый взгляд.

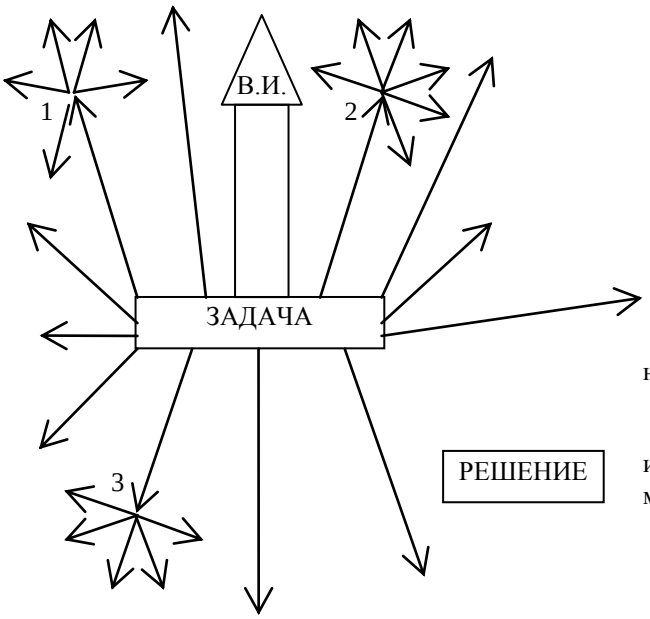
Приступая к поискам, изобретатель опирается на свой предшествующий опыт. Эта первоначальная тенденциозность на схеме показана “В.И.” выходящим из точки “Задача” и направленным в противоположную сторону от “Решения”.

Суть этого метода можно сформулировать как “поиск иголки в стоге сена“. Схематично это можно изобразить так:



1,2,3 – вторичные точки поисков;

В.И. – вектор инерции (стереотип мышления)



Разумеется, количество “проб“ намного больше, чем изображено на схеме. Требуются иногда тысячи (10-ки тысяч) “а если“, чтобы нащупать удачное техническое решение.

Другая особенность, что на схеме стрелки расположены гуще в направлении, противоположном “Решению“, – это не случайно.

Дело в том, что “пробы“ не так хаотичны, как кажется на первый взгляд.

Приступая к поискам, изобретатель опирается на свой предшествующий опыт. Эта первоначальная тенденциозность на схеме показана “В.И.” выходящим из точки “Задача” и направленным в противоположную сторону от “Решения”.

Изобретательство – древнейшее занятие человека. Собственно, с изобретений первых орудий труда и начался этот процесс. С тех пор сделаны миллионы изобретений. Но при усложнении задач, методы их решения почти не совершенствовались; изобретатели, как правило, шли к цели путём “проб и ошибок” (да и, многие, – идут в наше время).

Вот типичный случай использования МПиО – история изобретения Ч. Гудьиром способа вулканизации каучука (получения резины). Купив однажды каучуковый спасательный круг, он решил усовершенствовать клапан, через который в круг накачивается воздух. С новым клапаном он пришел в фирму, выпускающую круги. Но там ему сказали, что, если он желает разбогатеть, пусть ищет способ улучшения свойств каучука. К этому времени каучук использовался только для пропитки тканей, например были популярны непромокаемые плащи Ч. Макинтоша (патент 1823 г.). Сырой каучук имел массу недостатков: он отслаивался от ткани, а вещи, сделанные целиком из него, таяли на солнце и теряли эластичность на холоде. Гудьир "заболел" идеей улучшения каучука. Он начал опыты наугад, смешивая сырую смолу с любым попадавшимся под руку веществом: солью, перцем, сахаром, песком, касторовым маслом, даже с супом, – полагая, что рано или поздно он перепробует все, что есть на земле, и наткнется на удачное сочетание. Гудьир влез в огромные долги, семья его перебивалась на картофеле и диких кореньях. Чудом ему удалось открыть лавку, на полках которой красовались сотни пар галош. Но в первый же жаркий день они растаяли и превратились в дурнопахнущее месиво. Говорят, что на вопрос, как разыскать Гудьира, жители городка отвечали: "Если вы увидите человека в каучуковых пальто, ботинках и цилиндре и с каучуковым кошельком в кармане, в котором нет ни одного цента, то можете не сомневаться – это Гудьир”. Обыватели считали его сумасшедшим. Но он упорно продолжал поиски и однажды, обработав каучук парами кислоты, увидел, что свойства материала намного улучшились. Это был первый успех. Но потребовалось еще множество "пустых” проб, прежде чем он случайно обнаружил второе условие полной вулканизации – подогрев. Это было в 1839 г., год изобрете-

ния резины. Но лишь в 1841 г. Гудьир смог подобрать оптимальный режим получения резины. Изобретателя засыпали предложениями о покупке патента, и он, согласившись, но не имея опыта, слишком занизил причитающуюся ему долю прибыли с компаний. Умер он в 1860 г., оставив после себя 200 тыс. долларов долгу. К этому времени в мире уже работали 60 тыс. человек на мощных фабриках, изготовляющих 500 видов резиновых изделий на сумму 8 млн. долларов в год.

Гудьир решил всего одну задачу, для приобретения "изобретательского навыка" у него просто не хватило жизни. В сущности, ему при решении даже этой задачи невероятно повезло, так как многим изобретателям, решающим эту и подобные задачи, не хватило жизни и они так и остались в безвестностности.

Метод, которым пользовались большинство изобретателей в XIX в. можно назвать слепым МПиО – перебор вариантов вели буквально наугад. Правил выдвижения идей не было, в принципе могла быть принята любая идея. Часто не было и субъективных критериев, приходилось ставить эксперименты, определять на опыте пригодность того или иного варианта. Совершалась своеобразная обменная операция: **незнание обменивалось на время ("чем меньше знаем, тем дольше ищем")**. Так П.Эрлих (основоположник современной химиотерапии), поставив задачу "химически прицеливаться в микроба – возбудителя болезни", твердо верил в успех и не остановился после 300, 400, 500 … неудачных опытов. 606-й препарат - знаменитый **сольварсан** – принес ему триумф... 914-й (**новарсенол**) – оказался еще более эффективным...

Так же начинал и Т.А.Эдисон. Подхватив эстафету по созданию электрической лампы накаливания от А.Н.Лодыгина (1873 г. вакуумная лампа с угольными стержнями), он приступил в 1878 г. к решению этой задачи. В первых опытах нить накала из обугленной бумаги светилась 8 мин., из платины – 10 мин. Затем испытывались нити из сплава титана с иридием, из бора, хрома, молибдена, осмия и никеля, дающие плохие результаты. Следует новая серия проб: образцы нитей из 1600 различных материалов. Снова неудача. Наконец, обугленная хлопчатобумажная нить светится 13,5 ч, а через 14 месяцев экспериментов нить из обугленного картона – 170 ч, из обугленного бамбука (от футляра японского веера, который он выпросил у дамы на балу) – 1200 ч! Это был 1879г. – позади около 6 тыс. опытов. А уже в 1880 г. Он создает систему электроосвещения (генераторы тока, провода, выключатели, предохранители, патроны для ламп). **Перебор огромного числа вариантов (главный недостаток МПиО)** – характерная черта многих из 1093 изобретений Эдисона. Изобретая, например, щелочной аккумулятор, Эдисон получил положительный результат, проделав 50 тыс. опытов! И все это за короткое время – поразительно! Как же удалось ему обменять незнание на время без проигрыша? В этом и состоит **главное изобретение Эдисона: он изобрел научно-исследовательский институт**. 50 тыс. проб он поделил на 1000 сотрудников. Столь простая идея дала ошеломляющие результаты: казалось, что с главным недостатком МПиО покончено навсегда.

Но наступил XX век, количество и сложность задач резко возросли. А так как не решать их было нельзя, то начался стремительный рост числа научно-исследовательских лабораторий в США (1920 г. – 300, 1930 г, – 1600, 1940 г. – 2200, 1967 г. – 15000) и во всем мире. Пока были свободные людские ресурсы и экономика выдерживала беспрецедентный рост ассигнований на научно-технические разработки, принцип "больше людей – больше идей" вполне оправдывал себя. Но к 70…80-м годам во всех развитых странах материальные и людские ресурсы были исчерпаны, рост отпускаемых обществом средств на науку и технику замедлился и, наконец, остановился на уровне своего "потолка" – темпов роста национального дохода. Теперь рост эффективности научно-технического творчества может быть обеспечен только интенсификацией процесса решения творческих задач.

Рассмотрев суть метода “проб и ошибок”, можно сказать, что творческий процесс носит неупорядоченный – “бестолковый”, характер.

Для упорядочения этого процесса пытались найти правила, которые легли в основу эвристики – науки о решении творческих задач.

Слово “эвристика” впервые было использовано греческим математиком Паппом (труды “математическое собрание”) в III в. н. э.

В последствии многие учёные, в т. ч. Лейбниц, Декарт и др., занимались изучением творческого мышления, формулировали эвристические правила – схемы процесса творчества, которые сводились к следующему:

I – акт интуиции и желания. Происхождение замысла.

II – акт знания и рассуждения. Выработка схемы или плана.

III – акт умения. Конструктивная реализация идеи.

Тем не менее, за 17 веков своего существования эвристика не создала эффективных методов решения творческих (в т. ч. технических) задач.

Главная причина – постановка слишком общей цели: найти универсальные правила позволяющие решать любые творческие задачи во всех отраслях человеческой деятельности.

То есть “… не совсем чётко очерченная область исследования, относимая то к логике, то к философии, то к психологии. Она часто описывалась в общих чертах, редко излагалась детально, и по-существу предана забвению в настоящее время“ – американский математик Д. Пойта , 1944 г.

К сожалению; объём курса не позволяет нам совершить исторический экскурс в развитие методов творчества.

Далее мы рассмотрим основные методы, которые существуют и Вы можете их использовать при решении технических задач.

Практические методы активизации творческой деятельности стали появляться в начале XX века в связи с интенсивным развитием промышленного производства и техники.

Один из первых методов – **мозговой штурм (метод мозговой атаки) (Brainstorming)** – это попытка американца А. Осборна (1939 г.) усовершенствовать метод “проб и ошибок”.

За прототип этого метода можно принять “техническое совещание“ – корабельный совет. Чтобы не было боязни критики, сначала выступал самый младший – юнга, потом – матросы, после них – боцман и т. д. Такая процедура стимулировала мышление более старших и опытных людей, которые приходили к более толковым и приемлемым идеям.

Основателем метода мозговой атаки считается морской офицер А. Осборн, который во время второй мировой войны был капитаном небольшого транспортного судна. Однажды судно под его командованием везло груз в Европу и оказалось без надежной охраны и прикрытия. В это время была получена радиограмма о скором нападении немецких подводных лодок. А. Осборн собрал всех на палубе, сообщил о готовящемся нападении и попросил каждого подумать и высказать свои соображения по поводу того, что необходимо сделать, чтобы предотвратить гибель судна, которое не имело эффективных средств защиты. Один из матросов сказал, что нужно всей команде встать вдоль борта, к которому будет приближаться торпеда, дружно дуть на торпеду и «отдуть ее в сторону».

На этот раз встреча с подводными лодками не была роковой. Однако высказанная матросом смешная абсурдная идея оказалась плодотворной. Когда судно вернулось на свою базу, А. Осборн по разработанным в пути эскизам изготовил вентилятор, создающий мощный направленный поток воды, и этим вентилятором в одном из рейсов действительно «отдул» торпеду от борта.

Так у А. Осборна родилась идея создания метода коллективного поиска идей для устранения затруднительных ситуаций. После войны он разработал метод мозговой атаки и создал свою школу подготовки изобретателей и рационализаторов.

Методы мозгового штурма, или мозговой атаки (МА), основываются на следующем психологическом эффекте. Если взять группу в 5–8 человек и каждому предложить независимо и индивидуально высказывать идеи и предложения по решению поставленной изобретательской или рационализаторской задачи, то в сумме можно получить N идей. Если пред-

ложить этой группе коллективно высказывать идеи по этой же задаче, то получится N_k идей. При этом оказывается, что N_k намного больше N.

Обычно за 15…30 мин коллективно высказывается (при соблюдении правил МА) от 50 до 150 разных идей, а при индивидуальной работе – только 10–20 идей.

Во время сеанса МА происходит как бы цепная реакция идей, приводящая к интеллектуальному взрыву. В одном из американских руководств по методу МА говорится: «99 процентов ваших конструктивных идей возникает подобно электрической искре при «контакте» с мыслями других людей».

Логика этого метода следующая: однородная группа участников совещания делится на две группы. В первую группу включены люди , склонные к выдвижению идей – “генераторы“, разных специальностей, и не связанные иерархическими служебными отношениями.

Во вторую группу – специалисты с критическим складом ума – “критики”, способные отобрать и развить рациональные, конструктивные предложения.

Поиск идей в решении поставленной задачи проводится под руководством ведущего – “лидера“ – наиболее эрудированного в проблеме специалиста, пресекающего беспредметную критику: “Это слишком сложно“, “Так уже делается“, “Это невозможно реализовать технически“ и т. п.; и поощряющего развитие выдвигаемых идей.

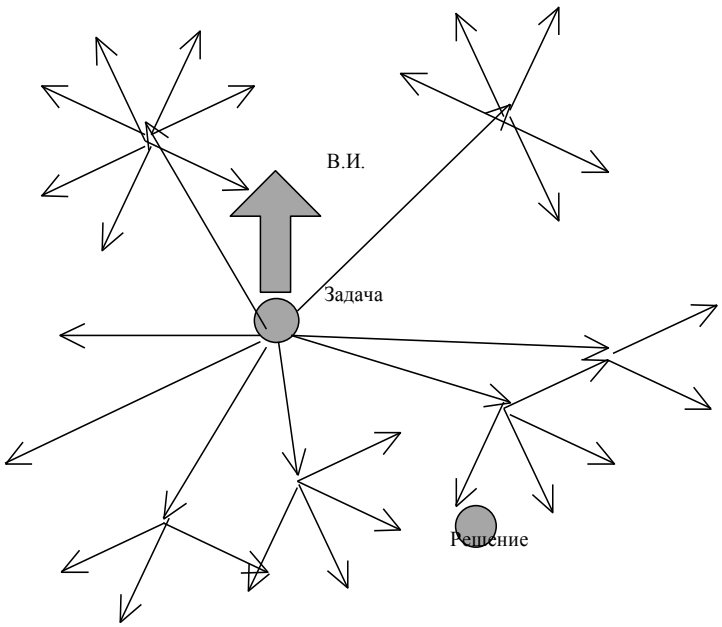
Всё это создаёт условия для разрешения содержащихся в задаче противоречий на интуитивном уровне.

Таким образом, главная задача штурмующей группы – “единым мозгом“ преодолевать преграды на пути решения поставленной задачи.

Этот метод не устранил беспорядочность поисков, органически присущую методу “проб и ошибок“, а сделал поиски “ещё более беспорядочными”.

В ещё большей беспорядочности и заключается прогресс: на схеме видно, что преодолевается направление “В. И.“ и увеличивается “степень ветвистости“ направлений поисков. То есть прогресс достигается за счёт сокращения малоперспективных попыток в направлении “В. И.“.

Проиллюстрируем это схемой:



В ещё большей беспорядочности и заключается прогресс: на схеме видно, что преодолевается направление “В. И.“ и увеличивается “степень ветвистости“ направлений поисков. То есть прогресс достигается за счёт сокращения малоперспективных попыток в направлении “В. И.“.

Но этот прогресс обеспечивается количественным путём – задачу решают “оравой“, что, с учётом подготовки к “штурму“, требует несколько сотен человеко-дней. И если задача решена в течение одного рабочего дня – это эквивалентно затратам изобретателя-одиночки в течение 100 дней.

Поэтому технические задачи этим методом решаются редко.

Лучшие результаты получают при решении задач (менеджмента) организационных (реклама, управление, планирование). А также, т. н., “обратных изобретательских задач” на новое применение оригинальной технической идеи, нового вещества или эффекта.

Существуют многие разновидности мозговой атаки. Так, обратная мозговая атака применяется для выявления недостатков технических объектов или технологических процессов. Установленные недостатки являются основанием для постановки новых изобретательских задач. Поэтапная мозговая атака предусматривает последовательное решение проблемы от постановки задачи до внедрения. Известны и другие виды мозговой атаки.

Следующий метод – **синектика** – усовершенствованный Брейнсторминг (предложен У. Гордоном в 1950 г.).

Главное его отличие: не случайная, а постоянная группа специалистов, участвующих в “штурме” которые владеют применением аналогий.

Решение изобретательских задач основывается на превращении незнакомого в знакомое, а привычного – в необычное, т. е. на попытках уменьшить психологическую инерцию путем поиска новых точек зрения на данную проблему. Превратить незнакомое в знакомое – это значит изучить проблему и привыкнуть к ней. Обратная процедура – превращение привычного в необычное – осуществляется с помощью следующих четырех видов аналогии.

Число аналогий постоянно, – их четыре:

– прямая аналогия (основной источник – биологические объекты);

– личная аналогия (эмпатия);

– символическая аналогия (ассоциации);

– фантастическая аналогия (идеализация);

Прямая аналогия – для решения задачи используются более или менее аналогичные объекты, ситуации, принципы из техники, живой природы и т.д. Издавна люди строили мосты с помощью опор ("быков"), устанавливаемых на дно реки. А как быть, если река очень глубокая или надо возвести мост через пропасть? Изобретатели долго трудились над этой задачей. Но вот однажды английский инженер Самюэль Броун, работавший в то время над проектом моста через реку Твид, вышел в сад и увидел паутину, натянутую между деревьями. Это зрелище привело его к мысли о возможности строительства висячих мостов. Сейчас такой метод строительства мостов довольно широко распространен.

Личная (персональная) аналогия, или **эмпатия**, представляет отождествление изобретателем самого себя с каким-либо элементом проблемной ситуации, исследуемым объектом или какой-то его частью, например, деталью машины, подвижной частью механизма и т. д. При этом человек, решающий задачу, вживается в образ изучаемого предмета и пытается выяснить, представить, понять, что бы он ощущал, чувствовал, выполняя функции, скажем, лопасти турбины, маятника часов, фермы моста, по которому идет поезд.

Символическая аналогия – это обобщенная, абстрактная аналогия. В ней часто используются поэтические образы, метафоры и сравнения, в которых свойства одного предмета или процесса отождествляются со свойствами другого. Она, как правило, предстает в технически неточном, неконкретном виде. Например, идея создания застежки, похожей на цветок, который сам раскрывает или закрывает лепестки в зависимости от наступления дня или ночи.

Фантастическая аналогия позволяет мысленно решать проблемы "как в сказке", т. е. с использованием нереальных вещей (сапоги-скороходы, скатерть-самобранка, ковер-самолет) или сверхъестественных процессов (выключить земное притяжение, изменить скорость света), фантастических существ (демон, гном), превращающих желаемое в рабочую модель.

Процесс “штурма” ведётся с целью выявления образного, в неявной форме сформулированного противоречия, содержащегося в поставленной задаче.

Синектическая группа, получив заслуживающую особого внимания аналогию, старается ее развить, описать свойства и возможности воображаемого объекта. Затем эксперт, который должен быть специалистом по обсуждаемым проблемам, поясняет создавшуюся проблемную ситуацию, помогает группе в свободной манере проиграть все наводящие вопросы и выявляет полезные и конструктивные идеи путем оперативного анализа высказываний.

Примеры реализации этого метода:

– застёжка текстильная “велкро”, “репейник” или “липучка”;

– искусственные аналоги мышц для устройств автоматики и робототехники на основе пневматического принципа действия и применения спиралеобразных коллагеновых волокон, скручивающихся при химическом воздействии.

Методы “контрольных вопросов” (А. Осборн, Т. Эйлоарт и др.) основаны на упорядовачивании перебора вариантов изменения свойств, функций или структуры объектов с помощью списка групп вопросов.

Список можно составить самому, или использовать готовые списки. И здесь возникает противоречие : список должен быть длинным, чтобы не пропустить нужную “подсказку” для решения, но он должен быть коротким, чтобы быстрее решить задачу.

Вопросы, например, такие:

– какое новое применение объекта можно предложить?

– можно ли приспособить, упростить, сократить объект?

– что можно в объекте увеличить, уменьшить, заменить, преобразовать, инвертировать?

– какие возможны новые комбинации элементов?

Дополнительно, для расширения поиска, предлагается дать фантастические, биологические и др. аналогии; применить другие материалы; узнать мнение дилетантов; не расставаться с проблемой; изучить историю вопроса; определить идеальное решение.

Определенный интерес представляет следующий список-памятка, составленный английским изобретателем Т.Эйлоартом:

1. Перечислить все качества и определения предполагаемого изобретения. Изменить их.

2. Сформулировать задачи ясно. Попробовать новые формулировки. Определить второстепенные задачи и аналогичные задачи. Выделить главные.

3. Перечислить недостатки имеющихся решений, их основные принципы, новые предположения.

4. Набросать фантастические, биологические, экономические, химические, молекулярные и другие аналогии.

5. Построить математическую, гидравлическую, электронную, механическую и другие модели (модели точнее выражают идею, чем аналогии).

6. Попробовать различные виды материалов и виды энергии: газ, жидкость, твердое тело, гель, пену, пасту и др.; магнитную и электрическую энергии, тепло, свет, силу удара и т. д.; различные длины волн, поверхностные свойства и т. п.; переходные состояния – замерзание, конденсация, переход через точку Кюри и т. д.

7. Установить варианты, зависимости, возможные связи, логические совпадения.

8. Узнать мнение некоторых совершенно не осведомленных в данном вопросе людей.

9. Устроить сумбурное групповое обсуждение, выслушивая всех и каждую идею без критики.

10. Попробовать "национальные" решения: хитрое шотландское, всеобъемлющее немецкое, расточительное американское, сложное китайское и т. д.

11. Спать с проблемой, идти на работу, гулять, принимать душ, ехать, пить, есть, играть в теннис – все с ней.

12. Побродить в стимулирующей обстановке (свалки лома, технические музеи, магазины дешевых вещей), просмотреть журналы, комиксы.

13. Набросать таблицу цен, величин, перемещений, типов материалов и т.д. для разных решений проблемы или разных ее частей; искать пробелы в решениях или новые комбинации.

14. Определив идеальное решение, разрабатывать возможные.

15. Видоизменить решение проблемы с точки зрения времени (скорее или медленнее), размеров, вязкости и т. п.

16. В воображении залезть внутрь механизма.

17. Определить альтернативные проблемы и системы, которые изымают определенное звено из цепи и таким образом создают нечто совершенно иное, уводя в сторону от нужного решения.

18. Чья это проблема? Почему его?

19. Кто придумал это первым? История вопроса. Какие толкования этой проблемы имели место?

20. Кто еще решал эту проблему? Чего он добился?

21. Определить общепринятые граничные условия и причины их установления.

Эти и подобные им списки, как правило, указывают только, что надо делать, но не объясняют, как это сделать.

Метод контрольных вопросов дает возможность в какой-то мере "оторваться" от привычных, устоявшихся представлений о предмете, помогает преодолеть или уменьшить психологическую инерцию, изменить направление поиска.

Стратегия семикратного поиска. Сущность этого метода, разработанного Г. Я. Бушем (Рига), заключается в последовательном, системном и многократном применении различных таблиц, матриц, диаграмм, схем и т. п.

Автор метода исходит из того, что эффективному одновременному рассмотрению, сравнению, изучению человек может подвергнуть до семи предметов, понятий, идей. В этом смысле система, основанная на "магическом" числе 7, имеет, по мнению Г. Я. Буша, значительные преимущества перед десятичной системой. Применение числа 7 вначале было задумано им лишь как прием, облегчающий анализ данных путем одновременного совокупного рассмотрения. Однако практическое использование стратегии показало, что матрицы и таблицы 7×7 более удобны для применения по сравнению с десятичными и другими аналогичными. В ряде случаев именно возможность одновременного совокупного рассмотрения понятий, отношений, характеристик облегчает генерирование новых изобретательских идей. Применение таблиц, содержащих две-три графы по горизонтали и вертикали, редко активизирует мышление, а применение громоздких таблиц с множеством данных превращает человека в механического оператора. Многоаспектность разработанных семиричных таблиц, как считает автор метода, способствует активизации мышления.

В методе различают **стратегическую** и **тактическую** части. **Стратегия подразделяется на семь стадий.**

1-я стадия. Анализ проблемной ситуации, общественных потребностей.

2-я стадия. Анализ функций аналогов и прототипа. Выявление оптимальных условий потребления и эксплуатации. Определение актуальных и главной функций.

3-я стадия. Постановка задачи. Формулировка задачи в общем виде, определение требуемого уровня решения и уровня качества технического объекта.

4-я стадия. Генерирование изобретательских идей, направленных на лучшее выполнение объектом его функционального назначения. Выбор и использование эвристических средств.

5-я стадия. Конкретизация идей (структура, конструкция, форма, материал, операции и их последовательность).

6-я стадия. Оценка альтернативы и выбор рациональных вариантов решения, отбор оптимального варианта.

7-я стадия. Упрощение, развитие и реализация решения.

Тактическая часть метода состоит из практических приемов, применяемых на разных стадиях процесса создания нового технического объекта. Рассмотрим некоторые из них.

Прием "семь ключевых вопросов". Как указывает Г. Я. Буш, римский оратор Квинтиллиан (I в. н. э.) определил **семь вопросов**, на которые необходимо ответить, чтобы информация о событии, явлении, процессе, задаче была полной, – **кто? что? где? чем? зачем? как? когда?** Эти вопросы направлены на получение информации соответственно о субъекте, объекте, месте, средствах, цели, методах и времени, относящихся к рассматриваемому явлению или событию. Комбинирование вопросов, а также их конкретизация с учетом соответствующей проблемной ситуации дает возможность получать достаточно большое количество информации. Ответы на столь широко поставленные вопросы могут быть использованы в течение всего творческого процесса.

Исходя из предположения, что функции технического объекта являются первичными и определяют его структуру, форму, материал и т. д., разработан прием "анализ функций объекта". Такой анализ основывается на выявлении общественных потребностей, на определении вида функций, необходимых для удовлетворения потребностей, на анализе функций известных прототипов и их функциональной недостаточности.

Методы использования случайностей. В истории науки и техники немало примеров, когда случайность помогала сделать серьезное открытие или изобретение. Кроме общеизвестных легенд об Архимеде и Ньютоне, имеются некоторые более достоверные случаи. Так, химик Фальберг сел за обеденный стол, забыв вымыть руки после лабораторных опытов. Ему почему-то все блюда казались сладкими. Обнаружив на руках следы только что полученного вещества и исследовав его, ученый открыл сахарин, который в сотни раз слаще сахара. Способ химической очистки ткани Мариле изобрел после того, как извлек из бочки со скипидаром случайно упавший туда загрязненный костюм рабочего. Опрокинув перекись водорода на гусиное перо, Ричардсон изобрел метод обесцвечивания волос. Французский физик А. А. Беккерель открыл радиоактивность, нечаянно проявив фотопластинку, находившуюся в одной кассете с урановой солью и не подвергавшуюся облучению солнцем. Такие примеры можно было бы продолжать и дальше. Однако, как справедливо отмечал французский ученый Луи Пастер: "Не всякому помогает случай; судьба одаряет только подготовленные умы". Широко известное "яблоко Ньютона" смогло появиться лишь в результате двадцатилетнего труда ученого. Поэтому вряд ли можно назвать благоразумным пассивное ожидание случайных результатов, ошибок и т. п.

Вместе с тем многие изобретатели активно применяют известные методы сознательного использования случайностей, основанные на упорядоченном, целеустремленном генерировании случайностей и ассоциаций. В качестве примеров приведем два метода, близкие по своей сущности и представляющие несомненный интерес для начинающих рационализаторов и изобретателей.

Американцем Ч. С. Вайтингом предложен **метод фокальных объектов**. Название метода связано со словом фокус, означающим в оптике точку, в которой собирается прошедший через оптическую систему параллельный пучок световых лучей. В данном случае имеется в виду концентрация внимания на каком-то объекте.

Решение технической задачи этим методом осуществляется посредством выполнения ряда последовательных шагов:

определение фокального объекта, т. е. объекта, на который направлено наше внимание;

выбор случайных объектов (от двух до шести);

составление ведомости выбранных объектов и всех их признаков;

генерирование идей путем присоединения к фокальному объекту признаков случайно выбранных объектов;

развитие первоначальных идей и генерирование новых путем свободных ассоциаций (фиксируются объекты, которые непроизвольно вспоминаются после данного объекта, затем – после нового и т. д.) по всем признакам случайно выбранных объектов. Объединение фо-

кального объекта последовательно с каждым элементом полученного ряда ассоциаций приводит к новым идеям;

оценка и выбор полезных решений.

Инженером Г. Я. Бушем (Рига) разработан метод, получивший название **метода гирлянд случайностей и ассоциаций**. Рассмотрим его суть на примере, приведенном автором метода.

Задача. Предложите новые и оригинальные полезные модификации стульев для расширения ассортимента мебельной фабрики.

Первый шаг. *Определение синонимов объекта*.

Синонимами объекта "стул" являются: кресло, табуретка, пуф. Составляем гирлянду синонимов: стул – кресло – табуретка – пуф.

Второй шаг. *Произвольный выбор случайных объектов*.

Совершенно случайно, например, открыв наугад энциклопедический словарь или любым другим приемом случайного выбора, отбираем несколько имен существительных, которые даже не обязательно должны обозначать технические объекты. Отобранные случайно слова образуют вторую гирлянду – гирлянду случайных объектов, например: электролампочка – решетка – карман – кольцо – цветок – пляж.

Третий шаг. *Составление комбинаций из элементов гирлянды синонимов и элементов гирлянды случайных объектов*. Составляем комбинации из двух элементов путем попытки объединения каждого синонима рассматриваемого объекта с каждым случайным объектом. Получаем: стул с электролампочкой, решетчатый стул, стул с карманами, стул для цветов, стул для пляжа, электрическое кресло, табуретка для цветов и т. д.

Четвертый шаг. *Составление перечня признаков случайных объектов*. Для удобства составляем табл. 1.

Таблица 1 - **Случайные объекты и их признаки**

Наименование случайного объекта	Признаки объекта
Электролампочка	Стеклянная, свето- и теплоизлучающая, электрическая, колбообразная, прозрачная, с цоколем, с электроконтактами, матовая, цветная
Решетка	Металлическая, пластмассовая, плетеная, сварная, кованая, гибкая, жесткая, крупная, мелкая, с одинаковыми ячейками, с неодинаковыми ячейками, из разных по толщине и материалу элементов
Карман	Передний, боковой, задний, наружный, внутренний, накладной, ложный, с молнией, для хранения: документов, носовых платков, денег, письменных принадлежностей, зеркала, карманного фонаря, карманного радиоприемника
Кольцо	Металлическое, деревянное, пластмассовое, витое, сплошное, надувное, эмалированное, с гальваническим покрытием, с гербом, орнаментом, драгоценными камнями, часами, радиоприемником, для спортивных упражнений, для кольцевания птиц, кольцо Сатурна
Цветок	Одноцветный, многоцветный, душистый, колоколообразный, чашеобразный, пятнистый, автоматически поворачивающийся к солнцу, зонтичный, самораскрывающийся, полевой, горный, садовый, балконный, весенний, осенний, табачный, с шипами, васильковый, симметричный, ночецветный, тонколистый, лекарственный, волосистый, водяной
Пляж	Морской, речной, солнечный, песчаный, галечный, гладкий, бугристый, узкий, широкий, длинный

Определяем признаки случайно выбранных объектов. Стараемся назвать возможно большее количество признаков, однако в ограниченное время (в течение 2…3 мин). При этом точность характеристики объекта этими признаками несущественна. Так, электролампочка может иметь признак любой специальной электролампы (например, признак "фиолетовая", присущий электролампочке, предназначенной для облучения ультрафиолетовыми лучами). Успех поисков в значительной мере зависит от широты охвата признаков случайных объектов, поэтому целесообразно перечислять как основные, так и второстепенные, малозначительные признаки.

Пятый шаг. *Генерирование идей путем поочередного присоединения к техническому объекту и его синонимам признаков случайно выбранных объектов*.

Например, присоединяя к гирлянде синонимов "стул – кресло – табуретка – пуф" гирлянды признаков электролампочки, получаем следующее: стеклянный стул, теплоизлучающее кресло, прозрачное кресло, табуретка с цоколем, стул с электроконтактами, матовое кресло с часами, металлический стул, пластмассовый стул, плетеное кресло, колоколообразный пуф, кресло с зонтиком и т. д.

Аналогично образуется перечень новых конструкций, получаемых путем поочередного присоединения к гирлянде синонимов признаков других случайных объектов – решетки, кармана, кольца, цветка и пляжа.

Шестой шаг. *Генерирование гирлянд ассоциаций*.

Поочередно из признаков случайных объектов, выявленных на четвертом шаге, генерируем гирлянды свободных ассоциаций. Для каждого из отдельных признаков они могут быть практически неограниченной длины, поэтому генерирование следует ограничить по времени или по количеству элементов гирлянды. Если генерирование гирлянд ассоциаций осуществляется коллективно, то каждый член коллектива занимается этим самостоятельно. Практика показывает, что гирлянды ассоциаций практически никогда не совпадают, хотя первые элементы иногда и бывают одинаковыми.

Рассмотрим, например, генерирование гирлянды ассоциаций по первому признаку случайного объекта "электролампочка". Этим признаком является эпитет "стеклянная". Гирлянда ассоциаций создается путем постановки вопроса: что напоминает слово "стеклянная"? Ответ может быть, например, стеклянное волокно. Далее задается второй вопрос: что напоминает слово "волокно"? Кому-нибудь это может напомнить плетение, вязание. Аналогично, продолжая поиск элементов гирлянды ассоциаций, можно увеличить длину гирлянды. Вязание может напомнить бабушку, лечащую ревматизм на курортах юга, где от жары можно укрыться в тени или под зонтиком, напоминающим крышу садовой беседки, под которым отдыхают в летние солнечные дни. Солнце может нам напомнить эллиптические орбиты, по которым" движутся планеты и летают космонавты, которых так любят дети. Дети посещают школы, имеющие свои кинопередвижки. Понятие передвижки может ассоциироваться с передвижением швейной машины на колесиках. Колесо изобретено в Индии, которая расположена далеко. Дальние расстояния быстрее всего преодолеваются на самолете. Самолетами управляют летчики, которые в случае аварий могут катапультироваться. Катапульты применяются для запуска летательных аппаратов в воздух с военных кораблей, охраняющих морские границы. На морских пляжах отдыхают отпускники и т.д.

Гирлянда ассоциаций в этом случае будет выглядеть следующим образом: стекло – волокно – вязание – бабушка – ревматизм – курорт – юг – жара – спасение – тень – зонтик – крыша – сад – беседка – лето – солнце – эллипс – орбита – планета – космонавт – дети – школа – кинопередвижка – швейная машина – колесо – Индия – самолет – летчик – авария – катапульта – летательный аппарат – воздух – военный корабль – море – граница – пляж – курорт – отпускник.

Аналогичным образом создается гирлянда ассоциаций по всем другим признакам электролампочки. Затем генерируются гирлянды ассоциаций по всем признакам других технических объектов, перечисленных в табл. 1. Количество элементов всех гирлянд может быть

весьма внушительным. В табл. 1 перечислено около ста признаков. Если по каждому признаку генерировать гирлянду, состоящую в среднем из сорока элементов, то общее количество элементов всех гирлянд достигнет 4000.

Седьмой шаг. *Генерирование новых идей*.

К элементам гирлянды синонимов технического объекта поочередно пытаются присоединить элементы гирлянд ассоциаций.

Например, используя только первую гирлянду ассоциаций, получаем следующее: стеклянный стул, кресло из стекловолокна, вязаный пуф, табуретка для бабушки, кресло для лечения ревматизма, курортное кресло, кресло от жары (или создающее жару), спасательный стул, кресло с зонтиком, кресло с крышей, садовый стул, табуретка для беседки, летний стул, солнечное кресло, кресло для отдыха, эллипсообразный пуф, стул для космонавта, детская табуретка, школьный стул, кресло для кинозала, кресло на колесиках, индийский пуф, самолетное кресло, кресло летчика, спасательный стул при авариях, катапультируемое кресло, кресло для летательных аппаратов, пуф, наполненный воздухом, корабельное кресло, кресло для пляжа и т. д.

Как мы видим, при генерировании этих сочетаний иногда образуются несовместимые или, на первый взгляд, лишенные рационального содержания сочетания слов.

Восьмой шаг. *Выбор альтернативы*.

На этом шаге решаем вопрос: продолжать генерирование гирлянд ассоциаций или их уже достаточно для отбора полезных идей.

После предыдущего шага нам уже известно, есть ли среди сочетаний синонимов технического объекта с элементами гирлянд ассоциаций достаточное количество оригинальных и заманчивых идей. Если по предварительной оценке таких идей мало, можно продолжить создание гирлянд ассоциаций, начиная с какого-нибудь нового элемента гирлянд, созданных на шестом шаге, и действуя подобным же образом.

Девятый шаг. *Оценка и выбор рациональных вариантов идей*.

Генерирование новых вариантов решения задачи в предыдущих шагах, как правило, дает множество вариантов. Среди них всегда найдутся оригинальные и рациональные.

Отбор рекомендуется осуществлять в несколько этапов. Сперва вычеркиваем явно нерациональные варианты. Затем из общего количества отбираем наиболее оригинальные варианты сомнительной полезности. Это решения, которые привлекают своей неожиданностью, удивляют нас подходом, аналогии которому мы еще не встречали. На первый взгляд они кажутся бесполезными или малоперспективными в смысле удовлетворения актуальных общественных потребностей. Список таких вариантов целесообразно изучить через некоторое время с привлечением экспертов или творческого коллектива.

В список рациональных ^решений включаем варианты, отвечающие нашим конкретным целям, требованиям производства, возможностям и актуальным потребностям.

Десятый шаг. *Отбор оптимального варианта*.

В этих целях используем приемы оптимизации. Весьма простым и эффективным является метод экспертной оценки. При формировании группы экспертов целесообразно включить в ее состав конструкторов, технологов, экономистов, психологов, дизайнеров, коммерческих работников, представителей торговли и потребителей, а в ряде случаев и других специалистов – в области моды, стандартизации, информатики и т.д.

Анализ показывает, что найденные идеи разнообразны по своему существу и в данном случае могут быть классифицированы по предлагаемому изменению:

функционального назначения объекта (кресло для лечения ревматизма, кресло для загорания);

конструкции объекта (кресло с зонтиком, кресло со встроенным радиоприемником);

технологии изготовления объекта (плетеное кресло, эмалированный стул);

материала (стеклянный стул, пластмассовое кресло);

формы объекта (чашеобразное кресло, эллипсообразный стул);

принципа действия (передвижной стул, катапультируемое кресло);

внешнего вида и оформления (прозрачное кресло, разноцветный пуф).

Идеи, классифицированные подобным образом, иногда целесообразно комбинировать для того, чтобы конкретизировать идею создания нового объекта. Так можно получить, например, идеи создания чашеобразного теплоизолирующего эмалированного металлического передвижного кресла для лечения ревматизма, эллипсообразного пластмассового кресла с зонтиком (для пляжа) со встроенными часами и радиоприемником и т. д.

При комбинировании идей следует учесть, что прием нельзя ограничивать механическим поиском комбинаций: любой из комбинируемых признаков свободно может быть заменен другим, более подходящим для конкретных условий. Такой замене подлежат в первую очередь признаки, целесообразность использования которых при заданных условиях вызывает сомнение. В некоторых случаях желательно выбирать не одно оптимальное, а небольшое количество (2–3) конкурирующих решений для предварительной разработки, по итогам которой принимается окончательное решение.

Метод морфологического анализа (Швейцарский ученый-астроном Ф. Цвикки 1944 г.) – относится к табличным или матричным способам представления информации.

Этот метод позволяет охватить почти все предполагаемые или возможные задачи.

В основу метода положен так называемый морфологический анализ, суть которого состоит главным образом в исследовании структурных связей и взаимоотношений между предметами, явлениями, идеями. При этом вначале выявляются всевозможные взаимоотношения, независимо от их ценности.

Разработано несколько методов практического решения изобретательских задач с использованием морфологического подхода. Наиболее распространенным является метод морфологического ящика.

Под “морфологией” понимается различная структура и различные внешние формы объекта.

Для реализации метода объект (устройство) расчленяют по существенным признакам:

блокам (модулям, секциям, агрегатам), узлам, элементам (деталям). Когда объектом является процесс, например, технологический – его делят на этапы (операции).

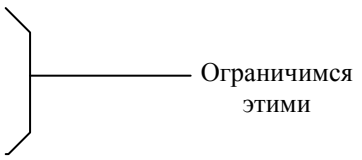
Затем для каждого признака указывают возможные варианты его исполнения (чем больше – тем лучше). Каждое решение ТЗ должно иметь по одному варианту для каждого признака.

1 ч Систематизация возможных вариантов (анализ) производится в виде морфологической таблицы.

2 ч Выбор приемлемого решения ТЗ (синтез) производится рассмотрением всех сочетаний решений. Поэтому выбор и оценка решений очень трудоёмки.

Пример. Давайте изобретём “вертолёт” – летательный аппарат тяжелее воздуха с вертикальным взлётом и посадкой. Подъёмная сила и горизонтальная тяга создаются одним или несколькими несущими винтами, приводимыми во вращение двигателем.

Существенные признаки:
А – схема несущей системы;
Б – вид энергии;
В – средства управления;
Г – посадочные устройства;
Д – назначение и т. п.



Варианты для признаков –

– А: 1 – одновинтовая (классическая схема); 2 – двухвинтовая соосная; 3 – продольная; 4 – поперечная; 5 – с перекрещивающимися винтами; 6 – много-винтовая.

– Б: 1 – мускульная; 2 – двигатель внутреннего сгорания (ДВС); 3 – газотурбинный двигатель (ГТД); 4 – ПВРД; 5 – электродвигатель (ЭД); 6 – гравитационный; 7 – ядерный (атомный) .

– В: 1 – автомат перекоса; 2 – рулевой винт; 3 – рулевые поверхности; 4 – механизация несущих поверхностей; 5 – газоструйное управление и т. п.

Морфологическая таблица

СП	Варианты признаков
А	А1; А2; А3; А4; А5; А6
Б	Б1; Б2; Б3; ... ; Б7
В	В1; В2; В3; В4
...	...

Всех решений будет $R = 6 \cdot 7 \cdot 4 = 168$. Например, решение А2 – Б3 – В1 $\Rightarrow$ Ка – 50

Если рассмотреть все возможные решения (168), то часть этих решений будет –

известна;

новая;

бессмысленная (нереализуемая), например А2 – Б3 – В2

Следует отметить, что морфологический анализ можно применять при анализе технического задания для выявления взаимосвязей ТТ к объекту.

Резюме: *Приведённые методы активизации творческой деятельности – имеют экстенсивный (затратный) характер – очень трудоёмки;*

основаны на психологической активации, действии интуиции, использовании случайных ассоциаций, увеличении числа учавствующих в поиске специалистов.

Эти методы распространены за рубежом.

Алгоритм решения изобретательских задач. В СССР с конца 40-х годов началась разработка теории научно-технического творчества или, как ее иначе называют, теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Автор этой методики Генрих Саулович Альтшуллер – изобретатель, специалист ТРИЗ (Г. С. Альтов – литературный псевдоним).

Ее составной частью, основным рабочим инструментом является АРИЗ – алгоритм решения изобретательских задач.

АРИЗ – это комплексная программа, основанная на законах развития технических систем и позволяющая проанализировать исходную задачу, построить ее модель, выявить противоречие, мешающее получению желаемого результата обычными (известными) путями, и найти наиболее эффективный прием разрешения этого противоречия.

В разработке АРИЗ применена диалектическая логика, он основан на законах развития технических систем и представляет собой комплексную программу алгоритмического типа, включающую последовательные операции для выявления и устранения технических противоречий, средства управления психологическими факторами и информационный фонд.

Направление решения проблемы может включать прямую и обходные задачи (умный в гору не пойдёт).

Если при решении задач не сталкиваются несовместимые требования, то они решаются известными инженерными методами без существенных изменений объекта – прототипа.

В других случаях возникает необходимость преобразования технической задачи в физическую путём развёртывания внутриобъектных противоречий в процессе постановки задачи.

Более подробно с этой методикой мы познакомимся на последующих занятиях.

Простейшие приемы изобретательства

Наиболее распространенные простейшие приемы изобретательства:

аналогия,
инверсия,
эмпатия,
фантазия.

Аналогия. При решении задач идею решения можно получить путем применения известного аналогичного решения, "подсказанного" технической или художественной литературой, увиденного в кино или "подсмотренного" в природе.

Выявлением и использованием "механизмов природы" занимается наука бионика. Она исследует объекты живого и растительного мира и выявляет принципы их действия и конструктивные особенности, с целью применения этих знаний в науке и технике.

Пример 2.1. По аналогии с кальмаром американские инженеры сконструировали судно, принцип движения которого схож с движением кальмара. Кальмар, как известно, передвигается резкими толчками, выбрасывая назад воду. Новое судно приводится в движение также реактивной отдачей. Пар выталкивает воду из трубы, направленной к корме судна. От этого толчка судно получает импульс. Оставшийся в трубе пар конденсируется, давление в котле падает, и всасывается очередная порция воды. Теперь котел снова готов к рабочему циклу. Разумеется, это лишь грубая схема, сама конструкция несколько сложнее. Шлюпка с опытным образцом двигателя уступала в скорости пешеходу. Но не следует забывать о достоинствах – у такого двигателя нет движущихся частей.

Пример 2.2. Перистальтический насос – аналог кишечника живого организма. Этот насос предназначен для перекачивания пульпы - вязкого вещества и абразивных пульпообразных сред. Насос содержит шланг (гибкий цилиндр), расположенный в подковообразном корпусе, и три ролика, закрепленные на роторе. При вращении ротора ролики поочередно подводятся к шлангу, постепенно пережимая его и прокатываясь по корпусу. При сплющивании шланга ролик передвигает впереди себя перекачиваемую среду. Гибкий шланг позади ролика восстанавливает свою первоначальную форму и всасывает новую порцию жидкости за счет создаваемого разряжения. Затем подходит следующий ролик и вновь пережимает шланг, перекатываясь по корпусу. При вращении роторов все процессы в насосе повторяются.

Пример 2.3. По аналогии с принципом вытряхивания пляжного коврика (резкое волнообразное движение) разработан фильтр.4 Удаление осадка в нем производится путем нанесения удара "в противофазе". Импульсы гасят друг друга и не передаются на фундамент.

Аналогия – обильный источник новых идей, но ее нельзя использовать слепо.

Пример 2.4. В середине 70-х годов для проверки фарфоровой посуды разработали робот, который действовал аналогично человеку - стучал по тарелочке и по звуку определял ее годность. Первоначально робот "не умел" мягко брать тарелочку и тарелки или ломались в его "руке" или выпадали из нее. Когда робота научили делать это, то появилась новая проблема. Тарелки ломались при ударе о них палочкой. Эта задача так и не была решена полностью - часть тарелок все-таки билась.

Основная и довольно часто встречающаяся ошибка – слепое использование аналогии. Сделаем так, как это делает человек. Скопируем эти действия и заменим человека роботом. Как правило, такая тактика обречена на провал.

Гораздо проще использовать другие физические принципы для совершения того же действия, например, "слушать" тарелку с помощью ультразвука.

Аналогичные ошибки совершают разработчики техники, пытающиеся точно воспроизвести новое изделие, выпускаемое в другой стране или фирме. При этом на изучение и воспроизводство такого изделия тратятся годы. Нужно выяснить все тонкости, разработать все элементы, создать технологию и наладить их производство. Через несколько лет выпускается "старое" изделие, а в это время фирма, выпустившая изделие-прототип, выбрасывает на рынок новое изделие. При этом фирма, копировавшая изделие, отстает еще больше.

Как же следует использовать аналогию.

Выяснить основные принципы и конструктивные особенности исследуемого объекта.

Выявить ведущую область техники по функции, которую выполняет этот объект.

Воспроизвести основной принцип и конструктивные особенности, используя опыт ведущих областей, на имеющихся элементах, материалах и технологиях. При этом что-то нужно будет придумать новое, учитывая недостатки прототипа.

Таким образом, появится новое конкурентоспособное изделие.

Несколько другой подход появился на рынке США, который получил название реверс-инжиниринг (reverse-engineering), "инженерная работа задом наперед".

Суть этого направления – воспроизводить чужие конструкции, уже завоевавшие хорошую позицию на рынке. Хотя это и воровство, но иногда оно – для пользы потребителей.

Так, многие компании основную прибыль получают не от продажи самих изделий, а от продажи расходуемых комплектующих. Они меняют модель изделия и к нему делают новый вид расходуемых комплектующих.

Например, компании, выпускающие принтеры, главные деньги зарабатывают на картриджах. Поэтому цены на картриджи, чернила и порошки они держат достаточно высокими. Кроме того, они меняют модель принтера и изменяют форму картриджа.

Старые картриджи они продолжают выпускать наряду с новыми, вынуждая потребителя регулярно платить "дань".

Появились фирмы, которые занимаются перезарядкой как чернильных, так и лазерных картриджей для принтеров. Разрушая монополию "оригинальных производителей", они резко сбивают цены на картриджи, приводя их хоть к какому-то соответствию с естественным желанием потребителя "получить лучше за меньшие деньги".

Такой бизнес находится в состоянии конкурентной борьбы с производителями принтеров, и поэтому не может пользоваться запчастями и материалами, изготавливаемыми производителями принтеров. Фирмам приходится делать свои разработки. Иногда такой вид инженерной деятельности позволяет выпустить хороший продукт. Затраты на "реверс-инженеринговые" исследования зачастую весьма велики, но все равно они меньше, чем у "оригинальных производителей".

Имеются и другие возможности. Фирма собирающаяся выпускать аналогичный товар:

Договаривается с фирмой, выпускающей это изделие, или с ее конкурентом о поставке ей тех же комплектующих частей данного изделия и изменяет, например, внешний вид изделия или находит изделию новое применение, или новый рынок и т. п.

Фирма приобретает комплектующие элементы уже сошедшего с рынка изделия, придает ему, например, современный вид и выпускает на рынок изделие по значительно меньшей цене. Так, например, действует фирма "Daewoo".

Еще раз вернемся к понятию ведущей области техники.

Обычно считают электронную промышленность значительно более передовой, чем, например, горноперерабатывающую или мукомольную. Всегда ли это так?

Пример 2.5. При изготовлении керамических подложек интегральных микросхем, больших интегральных схем, процессоров, керамических диэлектриков для конденсаторов и др. требуется измельчать исходное сырье. Ведущей областью здесь может быть технология изготовления керамической посуды, горноперерабатывающая и мукомольная промышленности.

Пример 2.6. Во время Второй Мировой войны уничтожили американский флот. Америка должна была поставлять СССР по северному морскому пути продукты и военную технику. Выпуск новых судов потребует не менее 2…3 лет. Судостроители обратились к опыту автомобильной промышленности, которые создали конвейер для выпуска судов типа "Либерти".

Инверсия. Прием инверсия или обратная аналогия означает – выполнить что-нибудь наоборот. Для него характерны выражения: перевернуть вверх "ногами", вывернуть наизнанку, поменять местами и т. д.

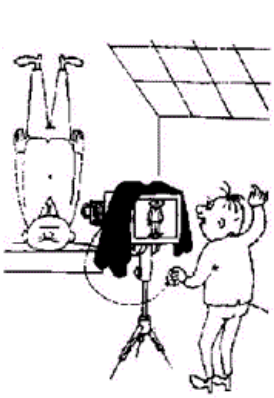


Рис. 2.1 а

Рис. 2.1 б.

Этот прием может означать, что если объект рассматривается снаружи, то, возможно, мы достигаем желательного результата, если будем его исследовать изнутри. Если какой-то объект расположен вертикально, то применение инверсии означает, что его ставят горизонтально –и наоборот. Инверсия предполагает возможную замену подвижной части неподвижной, отказ от симметрии в пользу асимметрии, переход от растяжения к сжатию. Инверсные понятия – приемник и передатчик, модулятор и демодулятор, электрогенератор и электродвигатель.

Пример 2.7. Спортсмены тренируются, бегая по беговой дорожке на стадионе. Сейчас имеются движущиеся беговые дорожки и тренажеры, в которых можно задавать скорость движения ленты, ее наклон и другие параметры.

Пример 2.8. Устройство для тренировки пловца. Пловец на месте, а движется вода (см. рис. 2.2).

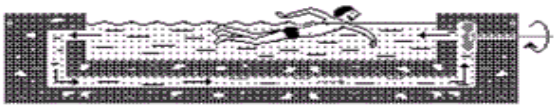


Рис. 2.2.

Аналогично рассмотренным примерам сконструирован эскалатор (челочек стоит, а лестница движется) и многое другое.

Рассмотрим различные виды инверсии:

1. Функциональная инверсия. Сделать функцию или действие обратным. Нагревание – охлаждение, притягивание - отталкивание, строить – ломать и т. д.

Пример 2.9. Обычно траву сначала косят, а потом сушат, выбирая для этого самые жаркие и сухие дни. А что если делать на оборот - сначала сушить, причем как можно быстрее, а потом косить? Голландские специалисты сконструировали машину, которая довольно быстро подсушивает траву, обрабатывая ее паром при температуре 300°С. Ширина захвата машины 6 метров, производительность 40 т/час. Паром можно обработать не только будущее сено, но и картофельную ботву перед уборкой или какую-либо другую культуру, если нужно замедлить ее рост.

Пример 2.10. В печи-гриле вертится приготавливаемая пища, например, курица. Разработан гриль, где приготавливаемая пища неподвижна, а вокруг нее вращаются горячие потоки воздуха.

2. Структурная инверсия. В понятие структуры входит состав системы и ее внутреннее устройство. Много – мало элементов, однородные – разнородные элементы, сплошная – дискретная структура, монолитная – дисперсная – пустая, статичная – динамичная структура, линейная – нелинейная, иерархическая – одноуровневая и т. п.

Пример 2.11. Электронная и радио аппаратура ранее имела платы со многими элементами (транзисторы, резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, соединительные про-

вода и т. п.), которые в дальнейшем были заменены микросхемами, а затем и на процессоры. Процессор заменил многие элементы.

Пример 2.12. Суда, как правило, имеют постоянную (статическую) структуру: сухогруз, танкер и т.д. Разработана модульная (динамичная) конструкция судна, которая имеет носовую и кормовую части (оконечности), а в середину (среднюю часть корпуса) может помещаться любой модуль (см. рис. 2.3)3. Таким образом, собираются транспортные суда различного назначения. Модульные суда строили в США на Великих озерах.

Аналогичное решение, еще раньше, было предложено для грузовиков. Еще более ранние аналоги – буксир и различные баржи; паровоз и различные вагоны.

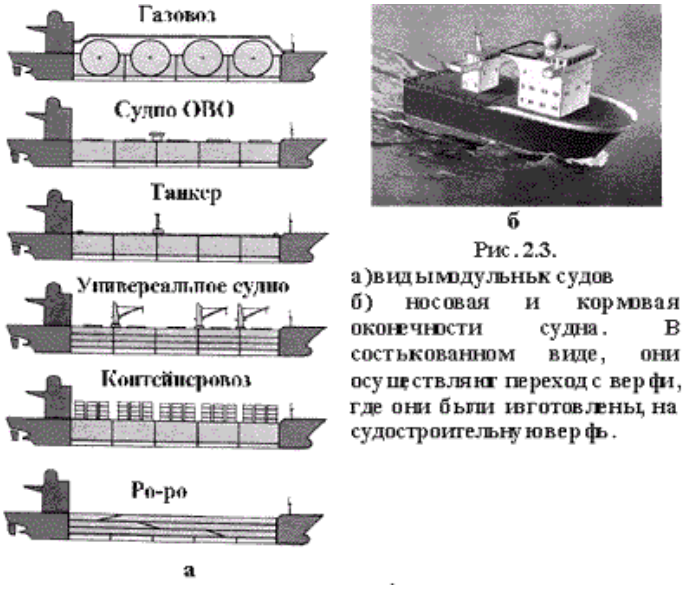


Рис. 2.3.
а) виды модульных судов
б) носовая и кормовая оконечности судна. В состыкованном виде, они осуществляют переход с верфи, где они были изготовлены, на судостроительную верфь.

3. Инверсия формы. Выпуклая – вогнутая, толстая – тонкая, плоская – объемная, шероховатая – гладкая, наружная – внутренняя поверхность, сплошная – разрывная и т. п.

Пример 2.13. Известно, что для лучшего обтекания водой или воздухом телу придают соответствующую форму, а поверхность выполняется максимально гладкой. Одной из фирм штата Минисота (США) разработана пленка, снижающая сопротивление воды. Тысячи мелких, почти незаметных для глаз желобков на ее поверхности напоминают в поперечном разрезе зубья пилы и гасят трение жидкости о стенку (корпус судна). Пленку толщиной 6 мм крепят к корпусу яхты, как обои к стенке. Пленку предполагается использовать также на самолетах и автомобилях для снижения сопротивления воздуху.

4. Параметрическая инверсия. Противоположные параметры. Проводник – диэлектрик, длинный – короткий, темный – светлый, твердый – мягкий.

Пример 2.14. Предложили труднодеформируемые и легко окисляющиеся металлы и сплавы ковать в вакууме, и при этом обрабатывающий инструмент и заготовку не нагревать, а охлаждать от 0°С до порога хладноломкости.

Пример 2.15. Изменение размера детали при токарной обработке обычно выполняют путем контроля за размером изделия. Если контролировать расстояние между щупом и резцом, то можно гарантировать абсолютно точное изготовление деталей. Этот принцип лег в основу новых прецизионных токарных станков, созданных в Швейцарии. При обработке на них изделий с припуском 20…30 микрон не требуется последующее шлифование.

5. Инверсные связи. Есть связь – нет связи. Положительная – отрицательная связь.

Пример 2.16. Соединять – разъединять (отключать). На этом принципе построены многие средства связи, например, телефонная связь. Когда идет разговор, то обеспечивается связь. Во все остальное время этой связи постоянно нет.

Пример 2.17. Отрицательная обратная связь используется в системах автоматического управления. Текущий параметр сравнивают с заданным или изменяемым, по определенной

программе, сводя разницу к нулю. Это и есть принцип обратной связи. Положительная обратная связь используется, например, в усилителях. Сигнал складывается с существующим сигналом и увеличивается (усиливается).

6. Инверсия пространства. Изменение положения в пространстве на 90° и 180°.

Пример 2.18. Ось ветроэлектродвигателей обычно расположена по горизонтали, а электрогенератор находится на башне рядом с ветровым колесом. Американские конструкторы разработали ветряк, колесо которого вращается вокруг вертикальной оси (рис. 2.4). Его генератор находится на земле – для передачи вращения при этом уже не нужны передаточные механизмы, опорная башня может быть проще и меньше. А главное, его работа не зависит от направления ветра и, значит, не нужны устройства, разворачивающие ветровое колесо, словно флюгер, против воздушного потока. В результате конструкция обходится в несколько раз дешевле традиционных. Изгиб лопастей напоминает кривую, которую образует гибкий трос при вращении вокруг вертикали. Такая форма позволяет избавиться от напряжений изгиба лопасти, работающей только на растяжение. Оптимальная скорость ветра для испытываемой модели – около 30 км/час, хотя ток она начинает давать уже при скорости, втрое меньшей. Двигатель предлагается использовать в опреснительных установках – для подачи в их теплообменник глубоководных холодных морских вод, конденсирующих водяные пары из воздуха7.

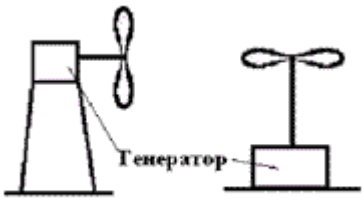


Рис . 2.4.

Пример 2.18. Опишем один фокус. Фокусник показывает зрителям листок картона, на котором нарисована стрелка, показывающая направо (см. рис.2.5). Он ставит картинку за стеклянным стаканом. Зрители смотрят на картинку через стакан и видят стрелку, показанную налево. Секрет фокуса. Когда в стакан наливается вода, получается линза, которая переворачивает изображение. Чтобы этот трюк получился, экспериментальным путем подберите расстояние между стаканом и картонкой. Фокус рассказал Эмиль Кио.

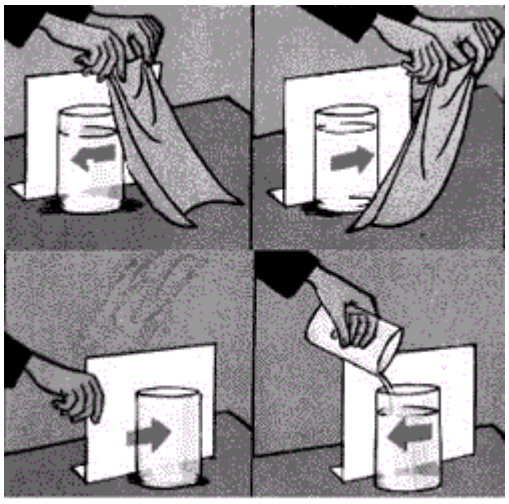


Рис. 2.5.

7. Инверсия времени. Быстро – медленно, непрерывно во времени – квантовано, прошлое – настоящее – будущее.

Пример 2.19. При резке труб нож сминает края. Предложено резку труб осуществлять на большой скорости.

Пример 2.20. Аналоговая техника все больше заменяется дискретной (цифровой). Первоначально это касалось компьютеров и измерительной техники, а в настоящее время большое распространение получили бытовые цифровые приборы.

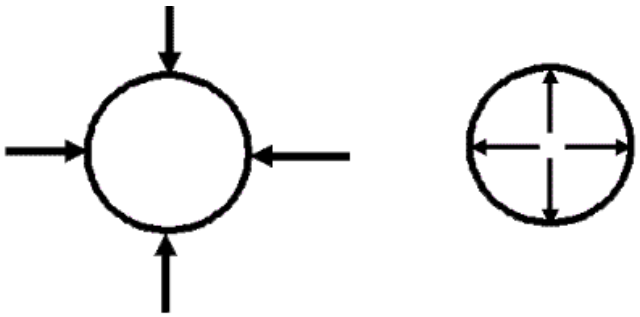
2.3.3. Эмпатия

Эмпатия – это отождествление себя с личностью другого. Иногда об этом действии говорят "войти в шкуру другого", то есть поставить себя на место другого. Таким приемом часто пользуются артисты, писатели, художники и т. п.

Подобным же образом можно использовать этот прием при разработке объекта.

Проектировщик отождествляет себя с разрабатываемым объектом, процессом, деталью. Применение приема заключается в том, чтобы человек, посмотрел с позиции детали (с "ее точки зрения"), что можно сделать для устранения недостатков или для выполнения новых функций.

ся



а) б)

Рис. 2.6

Пример 2.21. Проиллюстрируем прием на примере добывания ядра из грецкого ореха. Представим себя ядром грецкого ореха, находящегося внутри скорлупы. Там темно и хочется выбраться наружу, не правда ли? Вспомним, как традиционно колют грецкий орех. Обычно орех колют щипцами или молотком, создавая усилия снаружи, направленные к ядру. Понравится ли Вам (ядру) такой способ? В лучшем случае Вас травмируют. Мы действовали на орех снаружи (см. рис. 2.6 а). Значит, усилия необходимо создавать не снаружи, а изнутри (мы применили инверсию). У Вас самого для этого сил нет. Вы же ядро. Очевидно, нужно привлекать внешние силы (опять использовали инверсию). Причем, как должны быть направлены эти силы? Безусловно, усилия должны быть направлены от ядра на внутреннюю поверхность скорлупы (см. рис. 2.6 б). И снова мы использовали прием инверсии. Чисто технически эту проблему можно решить разными способами. Просверлить отверстие и подать туда воздух под давлением (рис. 2.7). Можно, наоборот, поместить орех в вакуум. Возможно, скорлупу ореха обмазать клеем с большим количеством ферромагнитных частичек и поместить орех в сильное магнитное поле скорлупа разрывается. Наилучшее, на наш взгляд, следующее решение. Орех помещают в герметичный сосуд и создают избыточное давление воздуха. Воздух постепенно проникнет под скорлупу. Через некоторое время в сосуде резко сбрасывается давление. Внутри ореха давление больше чем снаружи - скорлупа раскалывается – сбрасывается (см. рис. 2.8)

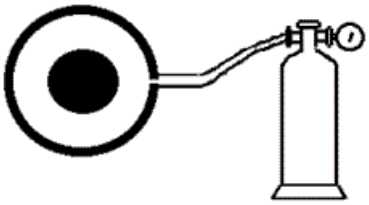


Рис . 2.7.

Рис . 2.8.

Пример 2.22. По аналогии с этим решением добываются семечки из шишек, производится очистка семечек, стручков сладкого перца (рис. 2.9), очищаются фильтры или пористые объекты.

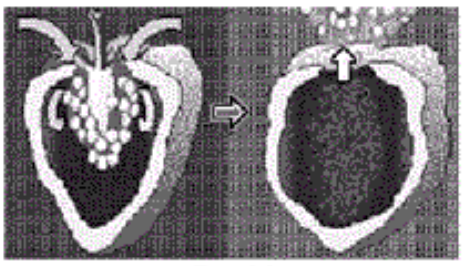


Рис .2.9.

Вернемся еще раз к понятию ведущей области техники, рассмотренному в приеме "аналогия".

Мы только что применили решение для разных областей промышленности: пищевой и кондитерской, лесной (добыча семян из шишек) и любой технической.

Пример 2.23. При выпуске пористого титана одна из последних операций – откачка жидкости из пор. Это осуществляют с помощью вакуума. Процесс идет очень медленно - вакуум создавать достаточно долго. Конечно, Вы уже догадались, что и здесь решение аналогично рассмотренным ранее. Избыточное давление создается значительно быстрее.

В данном случае для цветной металлургии ведущей областью оказалась пищевая. Рассмотрим еще один пример на эмпатию.

Пример 2.24. Этот прием использовал конструктор авиадвигателей Бережков – герой книги Александра Бека "Жизнь Бережкова". "Я придумал особую насечку жернова, насечку

Рис. 2.10.
Спираль Архимеда

по принципу архимедовой спирали (рис. 2.10). Терпеливо выбирая на камне рисунок замысловатой спирали, я вообразил себя зерном (выделил В. П.), попадал в ручеек спирали, с наслаждением чувствовал, как меня прихватывают, раздавливают, перетирают жернова, и, довольный, вываливался струйкой замечательной муки". Прообразом Бережкова был известный советский конструктор авиадвигателей А. А. Микулин.

Фантазия

Прием фантазия связан с желанием получить то, чего желаешь. Использование фантазии для стимулирования новых идей заключается в размышлении над некоторыми фантастическими решениями, в которых при необходимости используются нереальные вещи или сверхъестественные процессы. Часто бывает полезно рассматривать идеальные решения, даже если это сопряжено с некоторой долей фантазии. Разумеется, есть надежда, что размышления о желательном может натолкнуть нас на новую идею или точку зрения, которая, в конечном счете, приведет к новому, осуществимому решению.

Пример 2.25. Для забрасывания радиоактивных отходов за пределы Солнечной системы предлагается построить электромагнитную катапульту.

Пример 2.26. В США предложена идея добычи полезных ископаемых в космосе, заключающаяся в доставке металлов с астероидов на землю. Для этого надо подыскать астероид массой около 1 млрд. тонн и необходимого состава, отбуксировать его на околоземную орбиту, переплавить с помощью солнечной энергии в слитки от 1 до 10 тонн каждый и направить их по баллистической траектории на Землю в специальное место, а дальше - дело уже земной техники2.

Пример 2.27. Человек возвращается домой поздно вечером и в темноте начинает шарить руками по стене в поисках выключателя. В собственной квартире иной раз находишь его не сразу. А в незнакомом месте? Оказывается, проблема решается просто, если воспользоваться новинкой, предложенной швейцарскими инженерами. В темной комнате достаточно хлопнуть два раза в ладоши, чтобы сразу же зажегся свет. Правда, вспыхивает не люстра, а сигнальная лампочка, обозначающая расположение выключателя. Это устройство, питающееся от автономной батарейки с напряжением 1,5 вольта. Хотя оно сегодня получает применение в квартирах, но создано было как аварийное средство – для включения света в операционных, научных лабораториях и цехах при неожиданных повреждениях электрической сети. Появилось много игрушек, которые начинают действовать от хлопка, например, петь и танцевать.

Рис. 2.11.

Пример 2.28. Конструкторы западногерманской фирмы "Грое", специализирующейся на выпуске бытовой и медицинской сантехники, создали оригинальное устройство, позволяющее пускать воду в ванных, не прикасаясь к кранам. Собственно, и кранов в привычном представлении здесь нет. Их заменяет ультрафиолетовый датчик. Достаточно поднести ладони к его "глазку", и вода начинает течь (рис. 2.11). Подобное устройство нашло широкое применение в быту и, в операционных комнатах клиник и больниц4 и общественных туалетах.

Пример 2.29. В Японии построили корабль, который управляется не руками, а голосом. Бортовой компьютер с блоком акустической автоматики воспринимает целую дюжину команд типа, "полный вперед" или "дать реверс". Машина повторяет слова на табло, подтверждая, что приказ понят правильно. В ту же секунду приборам и механизмам дается управляющий сигнал. Так можно сбавить обороты, сделать разворот, включить радарную систему, увеличить вентиляцию помещений. Кроме того, в компьютере есть блок памяти, который

разрешает ей "откликаться" только на голос капитана или штурмана, и только на английском языке5.

Пример 2.30. Со времени появления первого автомобиля руль считался необходимой его деталью. А действительно ли он до такой уж степени незаменим? – задумались специалисты французской фирмы "Рено". Задумались и решили заменить его исполнительным механизмом, приводимым в действие устными приказами. Экспериментальная машина, выпущенная этой фирмой, повинуется таким командам, как "запустить двигатель", "задний ход", "левый поворот", "включить стеклоочиститель", "поднять стекло правой дверцы", "включить фары". Установленный на этом автомобиле микропроцессор обеспечивает выполнение 22 команд, выражаемых 100 словами. Конструкторы пошли даже дальше. Электронная система выполняет функцию сторожа – она "отзывается" лишь на голос хозяина. Дело в том, что при программировании на пленку записываются команды владельца. И, получая "указания", электронное устройство, прежде чем подчиниться, сравнивает голос водителя с тем, что записан на пленке. Однако это вовсе не исключает коллективного пользования автомобилем, поскольку устройство позволяет запрограммировать команды восьми разных людей. Устройство не "откликнется", если хозяин будет пьян. Вся эта электронная система в основном представляет чисто демонстрационный интерес, хотя и может оказаться полезной для больных и инвалидов. Видимо, это обстоятельство побудило одну из японских фирм сконструировать робот для ухода за лежачими больными, который тоже послушно повинуется голосу. В отличие от голосовой системы управления автомобилем синтезатор речи может отвоевать себе место в ряду электронных устройств дорогих машин. Американская фирма "Аристотель" разработала синтезатор, предупреждающий водителя через радиоприемник о десяти неполадках. Он может сообщить о давлении масла в двигателе, пониженном напряжении аккумулятора, напомнить о необходимости пристегнуть ремни безопасности или даже окликнуть рассеянного, забывшего вынуть ключ зажигания.

Создан специальный компьютер для автомобилей, который помогает управлять автомобилем. Когда водитель садится в автомобиль, то компьютер те только показывает по карте, где вы находитесь, но и говорит вам точное место нахождения. Вы должны ввести в компьютер точное место, куда хотите прибыть. Это может быть указание точки на карте или устное сообщение. Компьютер будет подсказывать голосом, куда следует ехать и указывать на карте весь ваш путь, по которому вы следуете.

Существует и автомобиль, которым не нужно управлять. Вам следует только назвать конечный пункт назначения, и машина Вас доставит сама. В машине встроены датчики, которые дают информацию о происходящем не дороге. Кроме того, имеется связь со спутником. Машина движется дороге, учитывая общее движение. Она прокладывает самый оптимальный маршрут, но и едет по наименее загруженным трассам. Машина обладает значительно лучшей "реакцией", чем человек. Поэтому в такой машине езда значительно безопасней.

Пример 2.31. Известны и управляемые от голоса, автоматизированные телефонные станции7.

Пример 2.32. Кто из нас не любит мультфильмы? Однако создание их – весьма сложный и трудоемкий процесс, требующий немало месяцев работы квалифицированных художников. Чтобы облегчить их труд, сотрудники Технического института Вены (Австрия) сконструировали компьютер, который "сам" рисует картинки и окрашивает их в различные цвета. И, если раньше даже опытному художнику требовался целый день для создания сцены, занимающей на экране совсем немного, то компьютер сделает её за несколько секунд.

В современной индустрии кино широко используются компьютерные анимации. С помощью их делают сложнейшие трюки без каскадеров. Не нужно строить сложнейшие декорации. Это тоже можно осуществить на компьютере. В знаменитом фильме "Титаник", многие сцены были выполнены с использованием компьютерной технологии.

Пример 2.33. Рукотворное облако. Создавать искусственную облачность над крупными городами предложил Эндрю Детуилер из университета штата Нью-Йорк. В холодное время года, считает он, так можно уменьшить излучение тепла земной поверхностью в космос, а значит, можно сократить расход энергии. Двух не больших реактивных самолетов, распыляющих кристаллы йодистого серебра, вполне достаточно, чтобы создать скопление перистых облаков над несколькими крупными городами. Образование искусственной облачности над г. Олбани, где живет автор проекта, позволит увеличить температуру воздуха на пять градусов.

Пример 2.34. Индивидуальные стельки изготовляют из полимерных материалов. Для этого разогревают заготовки до пластического состояния и формируют стельку стопой пациента. Далее стельку нужно поместить в обувь и еще раз подогнать под ногу пациента. Для достижения соответствия системы стопа-стелька-обувь, предложили заготовку предварительно помещать внутрь обуви. Разогрев производят внутри обуви, причем формирование стельки стопой осуществляют в процессе ходьбы в данной обуви.

Пример 2.35. Фирма IBM выпустила компьютер, который можно диагностировать и ремонтировать на расстоянии. Такой компьютер содержит радио приемник и радиопередатчик. Если компьютер испортился, хозяин компьютера связывается с фирмой IBM. Они тестируют компьютер, связываясь с ним по радио. У изготовителя имеется эталонная модель такого компьютера. Данные неисправного и эталонного компьютеров сравниваются. По радио неисправному компьютеру выдаются команды, что нужно сделать для устранения неисправности. Все операции выполняются автоматически без участия человека.

Пример 2.36. С появлением современных компьютеров многие фантастические идеи превратилась в реальность. С появлением Internet эти возможности качественно изменились. Теперь не только можно моментально связаться с любой точкой мира, найти любую информацию, но и осуществлять многие виды работ и учебу виртуально, осуществить любые покупки, деловые контакты и контракты, проводить биржевые и другие деловые операции, проводить аукционы. Эти возможности с каждым днем расширяются.

3. ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА: ПОНЯТИЕ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ, СВОЙСТВА

Общее определение ТС

Итак, технику создает человек, тем самым она субъективно определена (задана) человеком. Но все развитие общества – объективный исторический процесс. А так как субъективные действия людей не всегда согласуются с объективными законами развития, то жизнеспособными и полезными оказываются только те результаты человеческих действий, которые выражают объективно существующие закономерности.

Ясно, что знание законов развития технических систем позволит сэкономить большое количество сил, энергии и времени при создании новых технических систем.

Смысл системного подхода при исследовании процессов развития в технике заключается в рассмотрении любого технического объекта как системы взаимосвязанных элементов, образующих единое целое. Линия развития представляет собой совокупность нескольких узловых точек – технических систем, резко отличающихся друг от друга (если их сравнивать только между собой); между узловыми точками лежит множество промежуточных технических решений – технических систем с небольшими изменениями по сравнению с предшествующим шагом развития. Системы как бы "перетекают" одна в другую, медленно эволюционируя, отодвигаясь все дальше от исходной системы, преображаясь иногда до неузнаваемости. Мелкие изменения накапливаются и становятся причиной крупных качественных преобразований. Чтобы познать эти закономерности, необходимо определить, что такое техническая система, из каких элементов она состоит, как возникают и функционируют связи между частями, каковы последствия от действия внешних и внутренних факторов, и т. д.

Несмотря на огромное разнообразие, технические системы обладают рядом общих свойств, признаков и структурных особенностей, что позволяет считать их единой группой объектов.

Основные признаки технических систем:

- системы состоят из частей, элементов, то есть имеют структуру;
- системы созданы для каких-то целей, то есть выполняют полезные функции;
- элементы (части) системы имеют связи друг с другом, соединены определенным образом, организованы в пространстве и времени;
- каждая система в целом обладает каким-то особым качеством, неравным простой сумме свойств составляющих ее элементов, иначе пропадает смысл в создании системы (цельной, функционирующей, организованной).

Поясним это простым примером. Допустим, необходимо составить фоторобот преступника. Перед свидетелем поставлена четкая цель: составить систему (фотопортрет) из отдельных частей (элементов), система предназначается для выполнения весьма полезной функции. Естественно, что части будущей системы не соединяются как попало, они должны дополнять друг друга. Поэтому идет длительный процесс подбора элементов таким образом, чтобы каждый элемент, входящий в систему, дополнял предыдущий, а вместе они увеличивали бы полезную функцию системы, то есть усиливали бы похожесть портрета на оригинал. И вдруг, в какой-то момент, происходит чудо – качественный скачок! – совпадение фоторобота с обликом преступника. Здесь элементы организованы в пространстве строго определенным образом (невозможно переставить их), взаимосвязаны, вместе дают новое качество. Даже если свидетель абсолютно точно идентифицирует по отдельности глаза, нос и т. д. с фотомоделями, то эта сумма "кусочков лица" (каждый из которых правильный!) ничего не дает – это будет простая сумма свойств элементов. Только функционально точно соединенные элементы дают главное качество системы (и оправдывают ее существование). Точно так же набор букв (например, А, Л, К, Е), соединившись только определенным образом дает новое качество (например, ЕЛКА).

ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА – это совокупность упорядоченно взаимодействующих элементов, обладающая свойствами, не сводящимися к свойствам отдельных элементов, и предназначенная для выполнения определенных полезных функций.

Таким образом, техническая система имеет 4 главных (фундаментальных) признака:

- *функциональность,*
- *целостность (структура),*
- *организация,*
- *системное качество.*

Отсутствие хотя бы одного признака не позволяет считать объект технической системой. Поясним эти признаки подробнее.

Функциональность

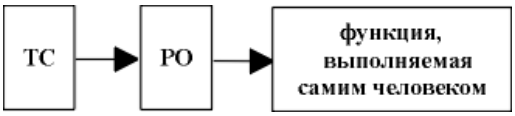
Цель – функция. В основе любого трудового процесса, в том числе изобретательского, лежит понятие цели. Бесцельного изобретения не существует. В технических системах цель задается человеком и они предназначены для выполнения полезной функции. Уже инженер древнего Рима Витрувий утверждал: "Машина есть деревянное приспособление, которое оказывает большую помощь при поднятии тяжести". ***Цель – воображаемый итог, к которому стремятся, удовлетворяя потребность.*** Таким образом, синтез ТС – это целенаправленный процесс. Любое сегодняшнее состояние может иметь в будущем множество последствий, абсолютное большинство которых лежат в русле энтропийных процессов. Человек выбирает цель и тем самым резко повышает вероятность нужных ему событий. Целенаправленность – эволюционно приобретенный (или заданный?...) навык борьбы с энтропийными процессами.

Потребность – функция. Появление цели – это результат осознания потребности. Человек отличается от других живых существ тем, что ему свойственны повышенные притязания – намного выше возможности естественных органов. Потребность (постановка задачи) – это то, что нужно иметь (сделать), а функция – реализация потребности в ТС.

Потребность может быть удовлетворена несколькими функциями; например, потребность в обмене продуктами труда – натуральный обмен, по эквивалентам, денежная система. Так же и выбранная функция может быть воплощена в нескольких реальных объектах; например, деньги – медь, золото, бумага, зубы акулы и т. д. И, наконец, любой реальный объект может быть получен (синтезирован) несколькими путями или его работа может быть основана на разных физических принципах; например, бумагу для денег можно получить различными способами, рисунок нанести краской, в виде голограммы и т. д. Таким образом, технические системы, в принципе, имеют множественные пути развития. Человек все же каким-то образом выбирает одну дорогу воплощения потребности. Критерий здесь единственный – минимум МГЭ (массы, габаритов, энергоемкости); иначе нельзя – человечество всегда было ограничено в наличных ресурсах. Хотя, дорога эта зачастую извилиста, имеет множество тупиковых ответвлений и даже петель...

Носитель функции. Возникновение потребностей, осознание цели и формулирование функции – это процессы, происходящие внутри человека. Но реально действующая функция – это воздействие на предмет труда (изделие) или служение человеку. То есть, не хватает промежуточного звена – рабочего органа. Это и есть носитель функции в чистом виде. ***РО – единственная функционально полезная человеку часть технической системы***. Все остальные части вспомогательны. ТС и возникали на первых этапах как рабочие органы (взамен органов тела и в дополнение им). И только потом, для увеличения полезной функции к рабочему органу "пристраивались" другие части, подсистемы, вспомогательные системы. Этот процесс можно изобразить так:

Представим себе (пока умозрительно), что возможен и обратный ход – как продолжение данного.



Первая половинка процесса – развертывание техники, вторая – свертывание. То есть человеку, в общем то, нужна функция, а не ее носитель...

Для облегчения перехода от функции к ее носителю – рабочему органу будущей ТС – необходима точность в описании функции. Чем конкретнее описана функция, чем больше дополнительных условий, тем уже диапазон средств для ее реализации, тем определеннее ТС и ее структура. Мощным ограничителем вариантности служат выявленные закономерности развития рабочих органов в составе ТС.

Определение функции. Функционирование это изменение свойств, характеристик и качеств системы в пространстве и времени. ***Функция*** – это способность ТС проявлять свое свойство (качество, полезность) при определенных условиях и преобразовывать предмет труда (изделие) в требуемую форму или величину. *Для определения функции необходимо ответить на вопрос: что делает эта ТС? (для существующих ТС), или: что должна делать ТС? (для синтезируемых ТС).*

Иерархия функций. *Каждая ТС может выполнять несколько функций, из которых только одна рабочая, ради которой она и существует, остальные – вспомогательные, сопутствующие, облегчающие выполнение главной.* Определение главной полезной функции (ГПФ) иногда вызывает затруднение. Это объясняется множественностью требований, предъявляемых к данной системе со стороны выше и ниже лежащих систем, а также сосед-

них, внешних и прочих систем. Отсюда кажущаяся бесконечность определений ГПФ (принципиальная неохватность всех свойств и связей).

Пример: иерархия функций кирпича.

ГПФ-1 отдельного кирпича: держать свою форму, не разваливаться, иметь определенный вес, структуру, твердость. Требование со стороны соседних систем (других кирпичей и раствора в будущей стене): иметь прямоугольные грани, схватываться с раствором.

ГПФ-2 стены: нести себя, быть вертикальной, не деформироваться при изменении температуры, влажности, нагрузки, ограждать что-то, нести нагрузку от чего-то. Кирпич должен соответствовать части требований ГПФ 2.

ГПФ-3 дома: должен создавать определенные условия для внутренней среды, защиту от атмосферных воздействий, иметь определенный внешний вид. Кирпич должен выполнять часть и этих требований.

ГПФ-4 города: определенный архитектурный облик, климатические и национальные особенности и т. д.

Кроме того, требование и к самому кирпичу постоянно увеличивается: он не должен впитывать грунтовую влагу, должен иметь хорошие теплоизоляционные свойства, звукопоглощающие свойства, быть радиопрозрачным и т. п.

Так вот, ***ГПФ данной системы – это выполнение требований первой вышестоящей системы.*** Все остальные требования, по мере удаления иерархического уровня, от которого они исходят, оказывают все меньшее влияние на данную систему. Эти над и подсистемные требования могут быть выполнены и другими веществами и системами, не обязательно данной системой. Например, свойство прочности кирпича может быть достигнуто различными добавками в исходную массу, а свойство эстетичности приклеиванием декоративной плитки на готовую стенку; для ГПФ кирпича (выполнять "требования" стены) это безразлично.

То есть, *ГПФ элемента определяется системой, в которую он включается.* Тот же кирпич может быть включен во множество других систем, где его ГПФ будет совершенно непохожей (а то и противоположной) приведенной выше.

Пример. Определить ГПФ калорифера.

Для чего калорифер? – нагревать воздух в доме.

Для чего надо нагревать воздух? – чтобы его температура не упала ниже допустимой величины.

Почему нежелательно падение температуры? – чтобы обеспечить комфортные условия для человека.

Для чего нужны комфортные условия человеку? – чтобы уменьшить риск заболеть, и т.д.

Это путь вверх по иерархии целей – в надсистему. Называемая на каждом этаже функция (цель) может быть выполнена и другой ТС. Калорифер входит в систему: "дом–воздух–человек–калорифер" и выполняет ее "требования".

Можно спуститься вниз по иерархии:

что нагревает воздух? – тепловое поле;

что производит тепловое поле? – нагревательная спираль;

что действует на спираль для получения тепла? – электрический ток;

что подводит электрический ток к спирали? – провода, и т. д.

Итак, "требование" НС для калорифера – нагревать воздух. А что делает калорифер (его рабочий орган – спираль)? – производит тепло, тепловое поле. Вот это и есть ГПФ калорифера – производство тепла, как "ответ" на "требование" надсистемы. Здесь тепловое поле – изделие "выпускаемое" технической системой "калорифер". ГПФ надсистемы – обеспечение комфортных условий для человека.

Структура

Определение структуры. Совокупность (целостность) элементов и свойств неотъемлемый признак системы. Соединение элементов в единое целое нужно для получения (образования, синтеза) полезной функции, т. е. для достижения поставленной цели.

Если определение функции (цели) системы в какой-то мере зависит от человека, то структура – наиболее объективный признак системы, она зависит только от вида и материального состава используемых в ТС элементов, а также от общих законов мира, диктующих определенные способы соединения, виды связи и режимы функционирования элементов в структуре. В этом смысле структура это способ взаимного соединения элементов в системе. Составление структуры – это программирование системы, задание поведения ТС с целью получения в результате полезной функции. Требуемая функция и выбранный физический принцип ее осуществления однозначно задают структуру.

Структура *– это совокупность элементов и связей между ними, которые определяются физическим принципом осуществления требуемой полезной функции.*

Структура остается неизменной в процессе функционирования, то есть при изменении состояния, поведения, совершения операций и любых других действий.

Главное в структуре: элементы, связи, неизменность во времени.

Элемент структуры. Элемент, система – относительные понятия, любая система может стать элементом системы более высокого ранга, также и любой элемент можно представить как систему элементов более низкого ранга. Например, болт (винт + гайка) – элемент двигателя, который в свою очередь является структурной единицей (элементом) в системе автомобиля и т. д. Винт состоит из зон (геометрических тел), таких как головка, цилиндр, резьба, фаска; материал болта – сталь (система), состоящая из элементов железа, углерода, легирующих добавок, которые в свою очередь состоят из молекулярных образований (зерен, кристаллов), еще ниже – атомы, элементарные частицы.

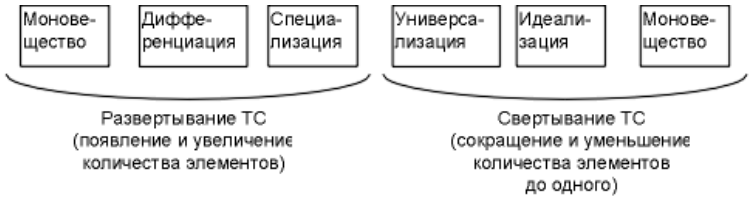
Элемент *– относительно целая часть системы, обладающая некоторыми свойствами неисчезающими при отделении от системы.* Однако в системе свойства элемента не равны свойствам отдельно взятого элемента.

Сумма свойств элемента в системе может быть больше или меньше суммы его свойств вне системы. Иначе говоря, часть свойств элемента, включаемого в систему, гасится или к элементу добавляются новые свойства. В подавляющем большинстве случаев часть свойств элемента нейтрализуется в системе, как бы исчезает; в зависимости от величины этой части говорят о степени потери индивидуальности элемента включенного в систему.

Система обладает частью свойств элементов ее составляющих, но ни один элемент бывшей системы не обладает свойством всей системы (системным эффектом, качеством). Когда песок перестает быть песком? – на ближайшем верхнем или нижнем "этаже": песок – пыль – молекулы – атомы –...; песок – камень – скала...; здесь "песчаные" свойства частично сохраняются при движении вверх и сразу исчезают при движении вниз по "этажам".

Элемент *– минимальная единица системы, способная к выполнению некоторой элементарной функции*. Все технические системы начинались с одного элемента, предназначенного для выполнения одной элементарной функции. С увеличением ГПФ начинается увеличение (усиление) каких-то свойств элемента. Затем идет дифференциация элемента, то есть разделение элемента на зоны с разными свойствами. Из моноструктуры элемента (камень, палка) начинают выделяться другие элементы. Например, при превращении каменного резца в нож выделились рабочая зона и зона ручки, а затем усиление специфических свойств каждой зоны потребовало применение разных материалов (составные инструменты). Из рабочего органа выделилась и развилась трансмиссия. Затем к РО и Тр добавляются Двигатель, Орган управления, Источник энергии. Система разрастается за счет усложнения своих элементов, добавляются вспомогательные подсистемы... Система становится высокоспециализированной. Но наступает момент развития, когда система начинает принимать на себя

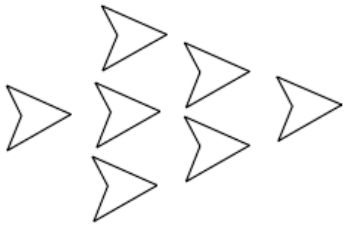
функции соседних систем, не увеличивая количество своих элементов. Система становится все более универсальной при неизменном, а затем и сокращающемся количестве элементов.



Типы структур. Выделим несколько наиболее характерных для техники структур:

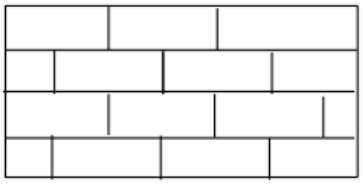
1). Корпускулярная.

Состоит из одинаковых элементов, слабосвязанных между собой; исчезновение части элементов почти не отражается на функции системы. Примеры: эскадра кораблей, песчаный фильтр.



2). "Кирпичная".

Состоит из одинаковых жестко связанных между собой элементов. Примеры: стена, арка, мост.

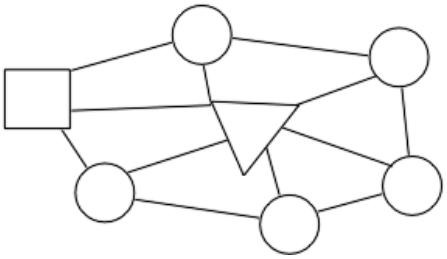


3). Цепная.

Состоит из однотипных шарнирносвязанных элементов. Примеры: гусеница, поезд.

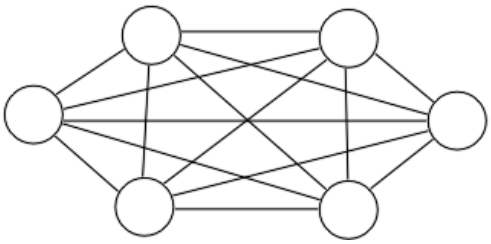
4). Сетевая.

Состоит из разнотипных элементов, связанных между собой непосредственно, или транзитом через другие, или через центральный (узловой) элемент (звездная структура). Примеры: телефонная сеть, телевидение, библиотека, система теплоснабжения.



5). Многосвязная.

Включает множество перекрестных связей в сетевой модели.



6). Иерархическая.

Состоит из разнородных элементов, каждый из которых является составным элементом системы более высокого ранга и имеет связи по "горизонтали" (с элементами одного уровня) и по "вертикали" (с элементами разных уровней). Примеры: станок, автомобиль, винтовка.

По типу развития во времени структуры бывают:

Развертывающиеся. С течением времени при увеличении ГПФ растет количество элементов.

Свертывающиеся. С течением времени при росте или неизменном значении ГПФ количество элементов уменьшается.

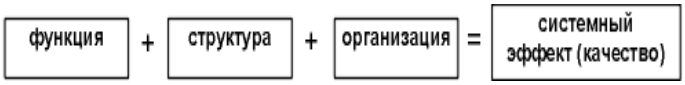
Редуцирующие. В какой-то момент времени начинается уменьшение количества элементов при одновременном уменьшении ГПФ.

Деградирующие. Уменьшение ГПФ при уменьшении связей, мощности, эффективности.

Принципы построения структуры.

Главный ориентир в процессе синтеза системы – получение будущего системного свойства (эффекта, качества). Важное место в этом процессе занимает этап подбора (построения) структуры.

"Формула" системы:



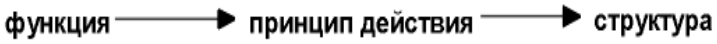
Для одной и той же системы можно подобрать несколько различных структур в зависимости от выбранного физического принципа воплощения ГПФ. Выбор физического принципа должен основываться на минимизации М, Г, Э (массы, габаритов, энергоемкости) при сохранении эффективности.

Формирование структуры – основа синтеза системы.

Некоторые принципы формирования структуры:

- принцип функциональности,
- принцип причинности,
- принцип полноты частей,
- принцип дополнительности.

Принцип функциональности отражает примат функции над структурой. Структура обуславливается предыдущим выбором:



Выбор принципа действия однозначно определяет структуру, поэтому их надо рассматривать вместе. Принцип действия (структура) – это отражение цели-функции. По выбранному принципу действия следует составить функциональную схему (возможно в вепольной форме).

Функциональная схема строится по *принципу причинности*, так как любая ТС подчиняется этому принципу. Функционирование ТС это цепочка действий-событий.

Каждое событие в ТС имеет одну (или несколько) причин и само является причиной последующих событий. Все начинается с причины, поэтому важный момент – обеспечение "запуска" (включения) причины. Для этого необходимо наличие следующих условий:

- обеспечить внешние условия, не препятствующие проявлению действия;
- обеспечить внутренние условия, при которых осуществляется событие (действие);
- обеспечить извне повод, толчок, "искру" для "запуска" действия.

Главный смысл в выборе принципа действия – лучшее осуществление принципа причинности.

Надежный способ выстраивания цепочки действий – от конечного события к начальному; конечное событие – это действие, полученное на рабочем органе, то есть осуществление функции ТС.

Главное требование к структуре – минимальные потери энергии и однозначность действия (исключение ошибки), то есть хорошая энергетическая проводимость и надежность причинно-следственной цепочки.

При решении изобретательских задач, после формулировки ФП (физического противоречия) возникают затруднения при переходе к физическому принципу. Возможно здесь поможет принцип причинности. ФП – это заказ, конечное действие, от него требуется выстроить цепочку причин-следствий до физэффекта.

Принцип полноты частей (закон полноты частей системы) может быть взят за основу при первом построении функциональной схемы. Возможна следующая последовательность шагов:

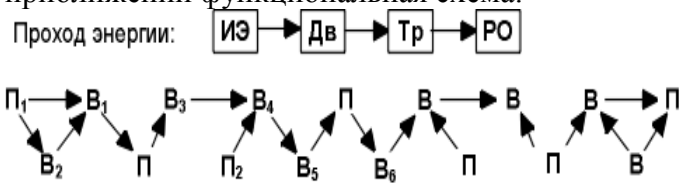
Формулируется ГПФ.

Определяется физический принцип действия рабочего органа на изделие.

Отбирается или синтезируется РО.

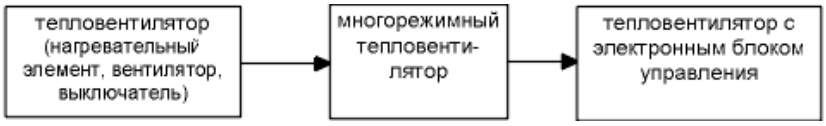
К рабочему органу "пристраиваются" трансмиссия, двигатель, источник энергии, орган управления.

Строится в первом приближении функциональная схема:



Выявляются недостатки и возможные сбои в схеме. Разрабатываются более подробные схемы, с учетом иерархии подсистем. Подсистемы недостаточно хорошо выполняющие функции достраиваются новыми элементами.

Например:



Это обычный путь развертывания ТС, увеличение ГПФ за счет добавления новых полезнофункциональных подсистем.

Некоторое увеличение ГПФ возможно за счет уменьшения вредных связей и эффектов в подсистемах (без их усложнения).

Наиболее радикальный путь – идеализация ТС.

Принцип дополнительности заключается в особом способе соединения элементов при включении их в систему. Элементы должны быть не только согласованы по форме и свойствам (для того, чтобы иметь принципиальную возможность взаимного соединения), но и

дополнять друг друга, взаимно усиливаться, складывать полезные свойства и взаимно нейтрализовать вредные. Это основной механизм возникновения системного эффекта (качества).

Форма – это внешнее проявление структуры ТС, а структура – внутреннее содержание формы. Эти два понятия тесно взаимосвязаны. В технической системе может преобладать одно из них и диктовать условия воплощения другой (например, форма крыла самолета обуславливает его структуру). Логика построения структуры в основном определяется внутренними принципами и функциями системы. Форма в большинстве случаев зависит от требований надсистемы.

Основные требования к форме:

- функциональные (форма резьбы и т.п.),
- эргономические (рукоять инструмента, сиденье водителя и т. п.),
- технологические (простота и удобство изготовления, обработки, транспортировки),
- эксплуатационные (срок службы, прочность, стойкость, удобство ремонта),
- эстетические (дизайн, красота, "приятность", "теплота"...).

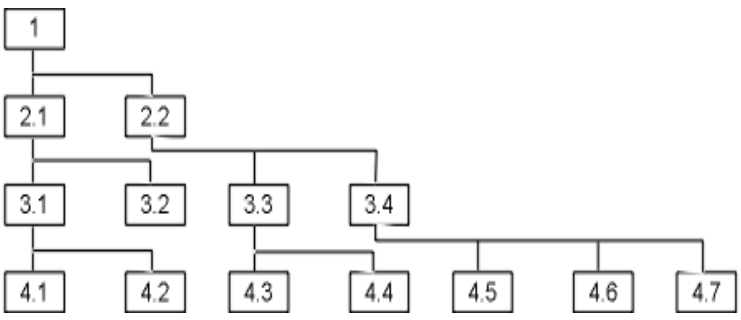
Иерархическая структура систем.

Иерархический принцип организации структуры возможен только в многоуровневых системах (это большой класс современных технических систем) и заключается в упорядочении взаимодействий между уровнями в порядке от высшего к нижнему. Каждый уровень выступает как управляющий по отношению ко всем нижележащим и как управляемый, подчиненный, по отношению к вышележащему. Каждый уровень специализируется также на выполнении определенной функции (ГПФ уровня). Абсолютно жестких иерархий не бывает, часть систем нижних уровней обладает меньшей или большей автономией по отношению к вышележащим уровням. В пределах уровня отношения элементов равны между собой, взаимно дополняют друг друга, им присущи черты самоорганизации (закладываются при формировании структуры).

Возникновение и развитие иерархических структур не случайно, так как это единственный путь увеличения эффективности, надежности и устойчивости в системах средней и высокой сложности.

В простых системах иерархия не требуется, так как взаимодействие осуществляется по непосредственным связям между элементами. В сложных системах непосредственные взаимодействия между всеми элементами невозможны (требуется слишком много связей), поэтому непосредственные контакты сохраняются лишь между элементами одного уровня, а связи между уровнями резко сокращаются.

Типичный вид иерархической системы:



В табл. 1 приведены названия иерархических уровней в технике (Альтшуллер Г.С. в кн.: Дерзкие формулы творчества. Петрозаводск, "Карелия", 1987, с. 17-18).

Таблица 1

Уровень (ранг ТС)	Название системы	Пример	Аналог в природе
1	Техносфера	Техника + люди + ресурсы + система потребления	Биосфера
2	Техника	Вся техника (все отрасли)	Фауна
3	Отрасль техники	Транспорт (все виды)	Тип
4	Объединение	Аэрофлот, автотранспорт, ж\д транспорт	Класс
5	Предприятие	Завод, метро, аэропорт	Организм
6	Агрегат	Локомотив, вагоны, рельсовый путь	Органы тела: сердце, легкие и т.д.
7	Машина	Локомотив, автомобиль, самолет	Клетка
8	Неоднородный механизм (совокупность узлов, позволяющая осуществлять перевод энергии и вещества из одного вида в другой)	Электростатический генератор, двигатель внутреннего сгорания	Молекулы ДНК, РНК, АФТ
9	Однородный механизм (совокупность узлов, позволяющая энергию и вещества не меняя их вида)	Винтовой домкрат, тележка, парусное оснащение, часы, трансформатор, бинокль	Молекула гемоглобина способная транспортировать кислород
10	Узел	Ось и два колеса (появляется новое свойство – способность качения)	Сложные молекулы, полимеры
11	Пара деталей	Винт и гайка, ось и колесо	Молекула, образованная разными радикалами, например: C2H5-C=O | O-H
12	Неоднородная деталь (при разделении образует неодинаковые части)	Винт, гвоздь	Несимметричная углеродная цепь: -C-C-C-C-C-C- | C
13	Однородная деталь (при разделении образует	Проволока, ось, балка	Углеродная цепь: -C-C-C-C-C-C-

	одинаковые части)		
14	Неоднородное вещество	Сталь	Смеси, растворы (морская вода, воздух)
15	Однородное вещество	Химически чистое железо	Простое вещество (кислород, азот)

Основные свойства иерархических систем.

1) Двойственность качеств элементов в системе – элемент одновременно обладает индивидуальными и системными качествами.

Входя в систему элемент теряет свое исходное качество. Системное качество как бы забивает проявление собственных качеств элементов. Но полностью это не происходит никогда. Химические соединения имеют системные физико-химические свойства, но также и сохраняют свойства входящих в них элементов. На этом основаны все методы анализа состава соединений (спектральный, ЯМ, рентгеновский и т. д.). Чем сложнее иерархическая структура (организация) системы, тем выше ее индивидуальные качества, тем четче они выступают в надсистеме, тем менее она связана с другими элементами (системами) надсистемы. На более низких уровнях происходит упрощение элементов (системам не нужны "сложные" вещи, нужна простая полезная функция). В результате этого вещи утрачивают свою самобытность, конкретную индивидуальность, становятся безразличными к своей вещественной индивидуальной форме.

Утрата индивидуальности – это цена, "заплаченная" элементами за приобретенную ими способность выражать отдельные стороны системных связей в иерархии. (Как в обществе: человек на производстве не субъект, не неповторимая индивидуальность, не творец своих обстоятельств, он функция, объект, вещь).

Это свойство иерархических систем является причиной распространенного вида психинерции изобретателя: он видит одно (главное, системное) свойство элемента и не видит множества его прежних индивидуальных свойств.

2) Диктат верхних уровней над нижними – основной порядок иерархии (аналог в обществе: единоначалие, авторитарное руководство).

Самый нижний уровень иерархии – рабочий орган или его рабочая часть, зона, поверхность (в каждой подсистеме свой рабочий орган). Поэтому все управляющие воздействия (сигналы) и энергия обязательно доходят до рабочего органа, заставляя его функционировать строго определенным образом. В этом смысле РО самый подчиненный элемент системы. Напомним, что его роль при синтезе ТС прямо противоположна: он диктует структуру для выполнения ГПФ.

Часто диктат верхних уровней простирается еще ниже рабочего органа; что находится ниже РО? – изделие. Технические системы ("для своего удобства") диктуют какие должны быть изделия. Это "стремление" техники изменить окружающую среду "под себя" ошибочно, оно свойственно лишь современной, во многом неуклюжей и грубой, техники. Особенно четко видно несоответствие (несогласованность) технических систем ("правильных", "стандартных") с природными объектами ("неправильными"), с ремесленно-художественными изделиями человека.

Примеры. Главная полезная функция железнодорожного транспорта – объем перевозок. Поэтому во многих странах ведутся исследования по выведению квадратных помидоров (Болгария), арбузов (Япония), картофеля, моркови, свеклы, огурцов и ананасов ("Знание - сила", 1983, № 12, с. 32). Кубические овощи и фруктов легче упаковывать и перевозить.

В США выпускается яичная "колбаса". Яйца разбиваются, центрифугированием отделяют белок от желтка, формируют при замораживании "колбасу" (в центре желток), если

нужна яичница – отрезай ломтик. С точки зрения повышения ГПФ (транспортировки яиц) задача решена.

А.с. 1 132 905: (БИ, 1985, № 1). Способ подготовки картофеля, овощей и плодов к тепловой обработке (рис. 8): картофель режут, сдвигают и срезают кожуру снизу; затем поворачивают на 180 град., выравнивают и срезают снизу, и т.д. до тех пор, пока не очистят всю картофелину.

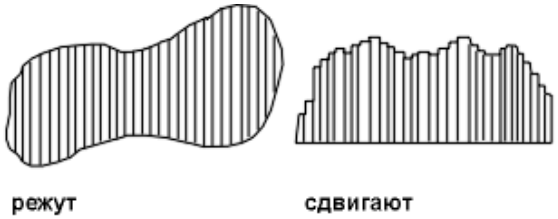


Рис. 8. Способ подготовки картофеля, овощей и плодов к тепловой обработке (а.с. 1 132 905).

Из французского юмора ("Изобретатель и рационализатор", 1984, № 8, 3 с. обложки): "Хочу предложить вашей фирме свое последнее изобретение. Это автомат для бритья. Клиент опускает несколько монет, просовывает голову в отверстие и две бритвы автоматически начинают брить его.

– Но ведь у каждого человека индивидуальное строение лица...– В первый раз – да!"

3). Нечувствительность верхних этажей к изменениям на нижних и наоборот, чувствительность нижних к изменениям на верхних.

Изменения на уровнях веществ и подсистем низшего ранга не отражаются на системном свойстве (качестве) ТС–НС высших рангов.

Пример. Принцип телевидения был воплощен уже в первых механических системах. Новое системное свойство (передача изображения на расстояние) принципиально не изменилось при переходе на ламповые, транзисторные, микромодульные элементы. Увеличивалась ГПФ, но системное свойство принципиально не менялось. Главное для надсистемы - выполнение подсистемами своих функций, а на каких материалах и физических принципах – безразлично. Это положение имеет важное следствие для изобретательства. Допустим, возникла задача обеспечения эффективного теплоотвода от работающего трансформатора в ламповом телевизоре (потребляемая мощность 400 Вт). Изобретатель может долго и различными путями искать способ теплоотвода, придумывать новые подсистемы, увеличивать установочную мощность трансформатора для снижения температуры нагрева и т. д. Однако, если подняться на этаж выше (блок питания), то задача может быть решена совершенно иным способом (например, импульсный режим питания), а при изменении на верхнем этаже (например, замена ламповой схемы на транзисторную) может вообще исключить эту задачу – в ней просто отпадет необходимость (мощность снизится, допустим, до 100 Вт).

4). Отфильтровывание (выделение) полезных функций на уровнях иерархии. Правильно организованная иерархическая структура выделяет на каждом этаже полезную функцию, эти функции складываются (взаимоусиливаются) на следующем этаже; при этом вредные функции на каждом этаже подавляются или, по крайней мере, к ним не добавляются новые.

Основной вклад в ГПФ образуется на нижних этажах, начиная с рабочего органа. На последующих уровнях происходит более или менее существенное дополнение (усиление) полезной функции. С увеличением количества этажей рост ГПФ замедляется, поэтому системы с большим количеством иерархических уровней неэффективны (расходы по МГЭ начинают превышать выигрыш в ГПФ). Самый верхний уровень иерархии выполняет обычно только согласовательные функции, таких уровней не должно быть больше одного.

Чем выше уровень иерархии, тем мягче структура, менее жесткие связи между элементами, легче переставлять их и заменять. На нижних уровнях более жесткая иерархия и связи; структура строго определена требованием выполнения ГПФ. Нельзя, например, поставить в

тепловой трубе фитиль снаружи корпуса, параметры работы фитиля и его структура жестко заданы; на верхних же этажах, где функция – перераспределение теплоты, рециркуляция, регулирование и пр., возможны самые радикальные перестановки.

Организация технической системы.

Задача ТРТС – раскрытие закономерности синтеза, функционирования и развития технических систем. Организация – важнейший элемент во всех трех периодах существования системы. Организация возникает одновременно со структурой. *В сущности, организация это алгоритм совместного функционирования элементов системы в пространстве и времени.*

Французский биолог 18 в. Бонне писал: "Все части, составляющие тело, настолько непосредственно многоразлично и многообразно связаны друг с другом в области своих функций, что они неотделимы друг от друга, что родство их предельно тесно и что они должны были появиться одновременно. Артерии предполагают наличие вен; функции как тех, так и других предполагают наличие нервов; эти предполагают в свою очередь наличие мозга, а последний – наличие сердца; каждое отдельное условие – целый ряд условий" (Гнеденко Б. В. и др. За советом в природу. М.: Знание, 1977, с. 45).

Организация возникает, когда между элементами возникают объективно закономерные, согласованные, устойчивые во времени связи (отношения); при этом одни свойства (качества) элемента выдвигаются на первый план (работают, реализуются, усиливаются), а другие ограничиваются, гасятся, маскируются. Полезные свойства трансформируются в процессе работы в функции – действия, поведение.

Главное условие возникновения организации – связи между элементами и/или их свойствами должны превышать по мощности (силе) связи с несистемными элементами.

С возникновением организации снижается энтропия в возникшей системе по сравнению с внешней средой. Внешняя среда для ТС – это чаще всего другие технические системы. Так что энтропия – это ненужная для данной ГПФ (потребности) организация ("чужая" организация).

Степень организованности отражает степень предсказуемости поведения системы при осуществлении ГПФ. Абсолютная предсказуемость невозможна, или возможна только для неработающих ("мертвых") систем. Полная непредсказуемость – когда системы нет, дезорганизация. Сложность организации характеризуется числом и разнообразием элементов, числом и разнообразием связей, числом уровней иерархии.

Сложность организации возрастает при развертывании ТС и уменьшается при свертывании организация, как бы, "загоняется" внутрь вещества. При развертывании на полезнофункциональных подсистемах, отрабатываются принципы организации (условия взаимодействия, связи и функции), затем организация переходит на микроуровень (функция подсистемы выполняется веществом).

Связь – это отношение между элементами системы.

Связь – реальный физический (вещественный или полевой) канал для передачи Э (энергии), В (вещества), И (информации); причем информации нематериальной не бывает, это всегда Э или В.

Главное условие работы связи – "разность потенциалов" между элементами, то есть градиент поля или вещества (отклонение от термодинамического равновесия – принцип Онзагера). При градиенте возникает движущая сила, вызывающая поток Э или В:

- градиент температуры – поток теплоты (теплопроводность),
- градиент концентрации – поток вещества (диффузия),
- градиент скорости – поток импульса,
- градиент электрического поля – электрический ток, а также градиенты давления, магнитного поля, плотности и т. д.

Часто в изобретательских задачах требуется организовать поток при градиенте "не своего" поля. Например, поток вещества (нитиноловых пустотелых шариков) при градиенте температуры – в задаче о выравнивании температуры по глубине бассейна. Основные характеристики связи: физическое наполнение и мощность. Физическое наполнение – это вид вещества или поля, используемого в связи. Мощность – интенсивность потока В или Э. Мощность связи должна быть больше мощности внесистемных связей, выше пороговой – уровня шума внешней среды.

Связи в системе могут быть:

- функционально необходимые – для выполнения ГПФ,
- вспомогательные – увеличивающие надежность,
- вредные, лишние, избыточные.

По типу соединения связи бывают: линейные, кольцевые, звездные, транзитные, разветвленные и смешанные.

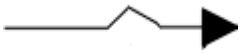
Основные виды связей в технических системах:

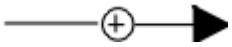
1. Элементарные

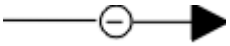
а) *односторонняя* (полупроводниковая),

б) *рефлексивная* (возникающая под действием внешней причины),

в) *селективная* (отсеивающая ненужные потоки),


г) *запаздывающая* (с задержкой по времени),


д) *положительная* (увеличивающая мощность при увеличении "разности потенциалов"),


е) *отрицательная* (уменьшающая мощность при увеличении "разности потенциалов"),

ж) *нейтральная* (безразличная к направлению),

з) *нулевая*,

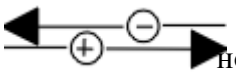
и) *проектируемая* (желаемая).

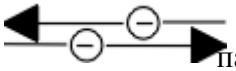
2. Комбинированные.

л) *двусторонняя* (полностью проводящая),

м) *контрсвязь* (пропорционально зависимая от состояния элементов, между которыми осуществляется связь; например, полюса магнита или потенциалы источника тока),

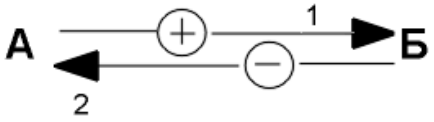
н) *положительная обратная* связь (при увеличении мощности одной связи увеличивается мощность другой), механизм взаимной стимуляции функций, ведет к нарастанию процессов;


о) *отрицательная обратная* связь (при увеличении мощности одной связи уменьшается мощность другой), стабилизирующий механизм, ведет к устойчивому равновесию или к колебаниям вокруг точки равновесия,


п) *двойная отрицательная* обратная связь, или обратная связь типа взаимного угнетения (при уменьшении мощности одной связи

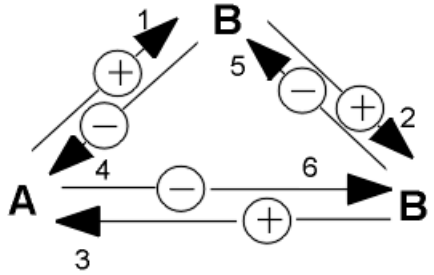
уменьшается также мощность другой), ведет к неустойчивому равновесию, кончающемуся усилением одной из сторон и подавлением другой.

При использовании комбинированных связей у системы появляются новые свойства. Рассмотрим, например, систему из двух элементов с отрицательной обратной связью:



При увеличении потенциала А мощность положительной связи 1 возрастает, что приводит к увеличению потенциала Б. Но отрицательная связь 2 подавляет потенциал А. Система быстро приходит в состояние устойчивого равновесия. При обрыве связи 1 потенциал А увеличивается без подавления со стороны Б. При обрыве связи 2 потенциал А увеличивается и одновременно увеличивается потенциал Б (положительная связь).

В системе из трех элементов появляется еще более сильное качество.



При увеличении потенциала А, увеличивается Б, но по связи 4 подавляется А; по связи 2 увеличивается В, но по связи 5 уменьшается Б, а по связи 6 уменьшается В и т. д. То есть, вывод любого элемента из состояния равновесия быстро взаимно подавляется.

При обрыве любой связи, взаимное подавление также происходит быстро по другим связям. То же при обрыве двух связей.

В системе создается устойчивое равновесие, при котором состояние элемента может быть лишь незначительно сдвинуто от равновесия.

Здесь приведен пример с одинаковой комбинированной связью (отрицательной). Другие, еще более необычные, эффекты возникают в системах с разнородными связями, с большим количеством элементов, с появлением перекрестных связей (начиная с диагональной в квадрате). Необходима разработка по "наложению" этих типов связей на вепанализ.

Увеличение степени организации системы прямо зависит от числа связей между элементами. Развитость связей – это раскрытие веполей (увеличение степени вепольности). Как увеличить количество связей в веполе? Двумя путями:

включение элементов системы в связи с надсистемами,

задействование более низких уровней организации подсистемы или вещества.

При увеличении числа связей на один элемент, увеличивается количество полезно работающих свойств элементов.

Управление. *Одно из важных свойств организации - возможность управления, то есть изменения или поддержания состояния элементов в процессе функционирования системы.* Управление идет по специальным связям и представляет собой последовательность команд во времени. Управление по отклонению величины является наиболее распространенным и достоверным способом.

Факторы разрушающие организацию. К таким факторам относятся три группы вредных воздействий:

- внешние (надсистема, природа, человек),
- внутренние (форсирование или случайное взаимоусиление вредных свойств),
- энтропийные (саморазрушение элементов из-за конечности срока жизни).

Внешние факторы разрушают связи, если их мощность превышает мощность внутрисистемных связей.

Внутренние факторы изначально есть в системе, но с течением времени из-за нарушений в структуре их количество увеличивается.

Примеры энтропийных факторов: износ частей (вынос из системы части вещества), перерождение связей (усталость пружин, ржавчина).

Значение эксперимента в процессе улучшения организации.

Эксперимент *– это научно поставленный опыт с целью определения "больного" места в ТС при попытке увеличения ГПФ. Смысл эксперимента: активное вмешательство в функционирование ТС, создание специальных условий, обстановки (изменение факторов внешней среды) и наблюдение за поведением (результатом) с помощью специальных методов и средств.*

Наиболее продуктивен натурный эксперимент, он подходит для подавляющего большинства ТС (кроме крупных и опасных АЭС и т. д.).

Модельный эксперимент приемлем и достоверен лишь для простых систем с хорошо прогнозируемым поведением.

Только натурный эксперимент может дать важнейший побочный продукт неожиданные результаты, часто приносящие новые знания.

Например, в испытательном полете одного из беспилотных спутников, при отработке вспомогательных двигателей для торможения, спутник неожиданно перешел на другую орбиту и его так и не удалось вернуть на Землю. "Помнится, специалисты были очень огорчены. А С. П. Королев увидел тогда в незапланированном переходе корабля с одной орбиты на другую первый опыт маневрирования в космосе.

– А спускаться на Землю, – сказал помощникам главный конструктор, – корабли когда надо и куда надо, у нас будут. Как миленькие будут! В следующий раз посадим обязательно.

С того времени "как миленькие" возвратились на Землю многие космические аппараты самого различного научного и народнохозяйственного назначения" (Покровский Б. Заре навстречу. Правда, 1980, 12 июня).

Системный эффект (качество)

Все элементы в системе и сама система в целом обладают рядом свойств:

1. *Структурно-вещественные*: свойства вещества, определяемые его составом, видом компонентов, физическими особенностями (вода, воздух, сталь, бетон).

2. *Структурно-полевые*: например, вес является неотъемлемым свойством любого элемента, магнитные свойства, цвет.

3. *Функциональные*: специализированные свойства, которые могут быть получены из разных вещественно-полевых сочетаний, лишь бы они обладали требуемой функцией; например, теплоизоляционные маты.

4. *Системные*: совокупные (интегральные) свойства; в отличие от свойств 1-3 они не равны свойствам элементов, входящих в систему; эти свойства "вдруг" возникают при образовании системы; такая неожиданная прибавка - главный выигрыш при синтезе новой ТС.

Правильнее различать два вида системных прибавок:

- **системный эффект** – непропорционально большое усиление (уменьшение) свойств, имеющихся у элементов,
- **системное качество** – появление нового свойства (надсвойства – вектора имеющихся свойств), которого не было ни у одного из элементов до включения их в систему.

Эту особенность в развитии объективной реальности заметили еще древние мыслители. Например, Аристотель утверждал, что целое всегда больше суммы входящих в него частей. Богданов А. А. сформулировал этот тезис для систем: система обнаруживает некий прирост качеств, по сравнению с исходными дает некое сверхкачество (1912 г.).

Чтобы точнее определить системный эффект (качество) данной ТС можно воспользоваться простым приемом: надо разделить систему на составные элементы и посмотреть, какое качество (какой эффект) исчезло. Например, отдельно ни одна из самолетных частей летать не может, как не может выполнить свою функцию и "усеченная" система самолет без крыла, оперения или управления. Это, кстати, убедительный способ доказательства, что все объекты в мире – системы: разделите уголь, сахар, иголку, – на каком этапе деления они перестают быть самими собой, теряют главные признаки? Все они отличаются друг от друга лишь продолжительностью процесса деления – иголка перестает быть иголкой при делении на две части, уголь и сахар – при делении до атома. По-видимому, так называемый диалектический закон перехода количественных изменений в качественные отражает лишь содержательную сторону более общего закона – закона образования системного эффекта (качества).

Пример появления системного эффекта.

Для доочистки сточных вод гидролизного завода испытывались два способа – озонирование и адсорбция; ни один из способов не давал нужного результата. Комбинированный способ дал поразительный эффект. Были достигнуты требуемые показатели при снижении в 2…5 раз расхода озона и активного угля по сравнению только с сорбцией или только с озонированием (Э.И. ВНИИИС Госстроя СССР, серия 8, 1987, вып. 8, с.11-15).

В физике (физических эффектах и явлениях) содержится множество примеров появления системных свойств. Например, электромагнитное поле обладает свойством распространения в пространстве на неограниченное расстояние и свойством самосохранения – этими свойствами не обладают электрическое и магнитное поля по отдельности.

Собственно говоря, все естественные науки занимаются ничем иным, как изучением системных законов соединения частей в целое и законов существования и развития этого целого. Накоплены огромные знания, раскрывающие конкретные механизмы появления сверхкачеств (системных эффектов) в живой и неживой природе – в химии, физике, биологии, геологии, астрономии и т. д. Но до сих пор нет обобщений – общесистемных законов.

Механизм образования системных свойств.

Вот простой "механический" пример появления системного свойства: допустим вам требуется быстро пересечь площадь, заполненную толпой людей; ясно, что вы потратите уйму сил и времени на преодоление "трения о толпу". Теперь представьте, что толпа по команде образовала какую-либо упорядоченную структуру (например, выстроилась рядами), тогда сопротивление бегущему между рядов практически исчезнет.

А.Богданов рассуждает следующим образом: "Наиболее типичный пример – интерференция волн: если волны совпадают, то две вибрации дают четверную силу, если не совпадают, то свет + свет дает теплоту. Средний случай: подъем одной волны совпадет наполовину с подъемом и наполовину с понижением – в результате простое сложение, сумма слагаемых: сила света двойная. От способа сочетания (связи, соединения) зависит увеличение-уменьшение суммы свойств системы" (Всеобщая организационная наука. (Тектология), т.2. Механизм расхождения и дезорганизации. Товарищество "Книгоиздательство писателей в Москве", М., типогр. Я.Г.Сазонова, 1917, с.11).

Еще один пример: скорость звука в жидкости, например в воде, составляет около 1500 м/сек, в газе (воздухе) 340 м/сек; а в газо-водяной смеси (5 % объемных пузырьков газа) скорость падает до 30-100 м/сек.

Любой элемент обладает многими свойствами. Одни из этих свойств при формировании связей подавляются, другие, напротив, приобретают отчетливое выражение; или: одни свойства складываются, другие нейтрализуются. Возможны три случая возникновения системного эффекта (качества):

- положительные свойства складываются, взаимоусиливаются, отрицательные остаются неизменными (цепь, пружина);

- положительные свойства складываются, а отрицательные взаимно уничтожаются (два солдата, прижавшись спинами, образуют круговую оборону, вредные "спинные" свойства исчезли);
- к сумме положительных свойств добавляются обращенные отрицательные свойства (вред, обращенный в пользу).

Законы развития технических систем

Процесс развития техники – это равнодействующая сознательной человеческой деятельности, а человек действует в соответствии с объективными законами мира (даже если и не догадывается об этом), то есть развитие техники объективно и закономерно. Следовательно эти законы можно познать и целенаправленно использовать. Это аксиома (постулат, основной принцип, главная идея), лежащая в основе создающейся **теории развития технических систем (ТРТС)**.

В общем смысле любая научная теория, как система знаний, должна объяснять возникновение и функционирование, а также предсказывать развитие каких-либо объектов (предметов, явлений, понятий) действительности. Причем, эта система знаний обязательно должна поддаваться экспериментальной, практической проверке. Все это уже сейчас присуще ТРТС и многократно подтверждено в изобретательской и конструкторской практике.

Основной принцип ТРТС конкретизирован в законах, которые в свою очередь раскрываются и детализируются в правилах их применения, в стандартах, принципах разрешения противоречий, вепольном анализе и АРИЗе.

Любая теория – это лишь отражение (в той или иной степени точности) многообразности, сложности и противоречивости реальных процессов развития. В этом смысле процесс познания бесконечен и постоянное выдвижение новых версий, гипотез и умозаключений – естественное состояние развивающейся теории. Однако логика развития реальных систем – главный ограничитель логико-теоретических построений; отсюда вытекает обязательность практической проверки любых суждений и предположений.

Системные законы принято делить на четыре группы:

- *законы структурообразования*, формулирующие условия возникновения структур;
- *законы функционирования*, объясняющие условия возникновения и развития связей и организации;
- *законы развития*, объясняющие движущие силы и механизмы преобразования систем через возникновение и разрешение противоречий;
- *законы взаимодействия* с другими системами, с подсистемами и внешней средой.

Закон развития ТС – это существенное, устойчивое, повторяющееся отношение между элементами внутри системы и с внешней средой в процессе прогрессивного развития, то есть перехода системы от одного состояния к другому с целью увеличения ее полезной функции.

Законы выявляются при анализе больших групп фактов (изобретения из патентного фонда, историко-технические исследования). Однако в технике законы действуют как стихийная сила и никогда нет уверенности, что в отобранную группу фактов (малый осколок действительности) попали устойчивые, не случайные и существенные системные отношения. Поэтому познание законов вынужденно идет методом последовательного приближения: отбор сильных изобретений (технических решений), выявление приемов разрешения технических противоречий, выделение устойчивых сочетаний приемов и физэффектов, а затем стандартных шагов в развитии технических систем. На всех этапах исследования невозможно исключить субъективные факторы (вкусовой подход, индивидуальность оценки, отсутствие количественных критериев).

Единственный всеобъемлющий качественный критерий прогрессивности изменений в развитии любой технической системы – ***идеальность.***

Повышение степени идеальности – ориентир в безбрежном море информации о техносфере.

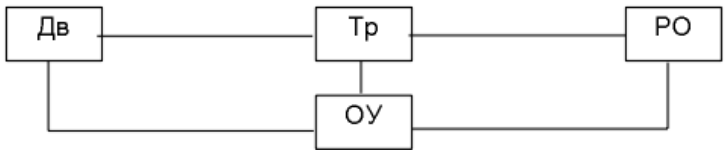
Главенствующая роль закона идеализации ТС видна во всех механизмах ТРИЗ и именно этот закон определяет наиболее общие тенденции развития техники. В сущности, все остальные законы являются конкретными воплощениями этого главного закона на разных стадиях развития ТС.

Закон полноты частей системы.

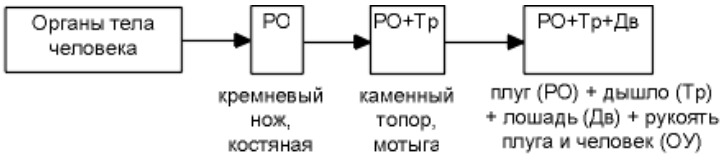
Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы.

Каждая ТС должна включать четыре части: двигатель, трансмиссию, рабочий орган и орган управления.

Для синтеза ТС необходимо наличие этих четырех частей и их минимальная пригодность к выполнению функций системы. Если хотя бы одна часть отсутствует, то это еще не ТС; если хотя бы одна не работоспособна, то ТС не "выживет".

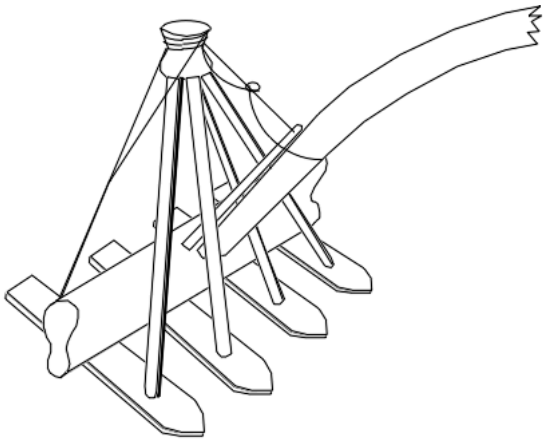


Все первые ТС развились из орудий труда: требовалось увеличение полезной функции рабочих процессов, а человек не мог обеспечить нужную мощность. Тогда сила человека заменилась двигателем, появилась трансмиссия (связь, по которой передается энергия от двигателя на рабочий орган) и орудие труда превращалось в рабочий орган машины. А человек выполнял только роль органа управления.



Например, мотыга и человек это не ТС. Возникновение ТС связано с изобретением плуга в неолите: плуг (рабочий орган) бороздит землю, дышло (трансмиссия) припрягается к скоту (двигателю), а рукоятью плуга управляет человек (орган управления). Сначала плугом только рыхлили. Претензии внешней среды (например, параметры почвы: твердость, влажность, глубина) заставляли искать наилучшую форму плуга. Затем увеличилась потребность: для уничтожения сорняков пласт надо не только рыхлить, но и переворачивать. Изобрели отвал (косо поставленная доска, в которую упирается поднятый лемехом пласт и валится набок). Развиваясь отвал приобретает плавную выгнутую форму (полуцилиндрическую или винтовую). В 18 в. появился цельнометаллический плуг, в 20 в. – трактор и т. д.

А вот как плуг превратился в сеялку. Римские крестьяне (III в. до н.э.) уже пользовались сеялкой – прообразом многорядной сеялки Джеймса Кука, изобретенной им в 1783 г. Четыре деревянных лемеха соединялись прочной перекладиной. Глиняный воронкообразный горшок для посевного материала крепился вверху на четырех полых бамбуковых палках (трубках). Пахарь время от времени пополнял бункер зерном из наплечного мешка. Приходилось постукивать по бамбуку, чтобы внутри семена не "зависали".



Римская сеялка (III в. до н.э.), Калькутский музей техники и ремесел.

Если подробно рассмотреть процесс превращения орудий труда в рабочие органы машин, то можно выделить основные части машин: например, в водяной мельнице – двигатель (водяное колесо), передачу (зацепление) и рабочий орган (жернова). Кроме того, становится заметной *одна из главных особенностей развития техники – вытеснение человека из сферы производства*. Человек вытесняется из ТС в орган управления, затем ОУ также превращается из инструмента в техническую систему и человек вытесняется за ее пределы (на "второй этаж" органа управления) и т. д.

В первом издании "Детской энциклопедии" (том 5 "Техника". Издательство академии педагогических наук РСФСР, М., 1960 г., с. 30) приводится такая характеристика технической системы: "Машина состоит из следующих основных частей:

а) *двигателя* – источника механической энергии;

б) *исполнительных (рабочих) органов*, непосредственно выполняющих полезную работу;

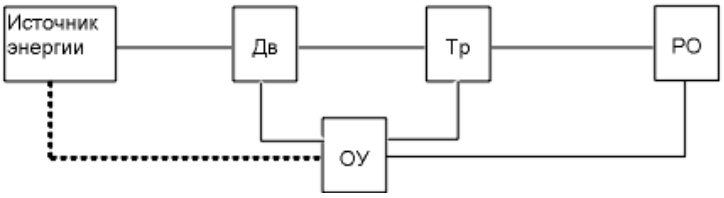
в) *передаточных механизмов (трансмиссий)*, преобразующих движение передаваемое от двигателя к рабочим органам;

г) *системы управления*;

д) *остова (станины, корпуса, рамы)*, представляющих собой основание, на котором расположены все части машины".

Критерий определения технических систем среди других технических объектов.

Итак, ТС появляется, как только технический объект приобретает способность выполнять ГПФ без человека, т. е. когда к рабочему органу "пристраивается", вместо человека, трансмиссия и двигатель. Причем двигатель не следует путать с источником энергии (они совпадают, но не всегда) энергия может поступать извне (в том числе от человека), в двигателе она преобразуется в нужный для ТС вид.



Знание закона позволяет безошибочно определить является ли данная совокупность элементов технической системой.

Например, лук – это ТС, т. к. здесь имеются в наличии РО (стрела), Тр (тетива), Дв (натянутая тетива и согнутая дуга), а человек – источник энергии и орган управления. За-

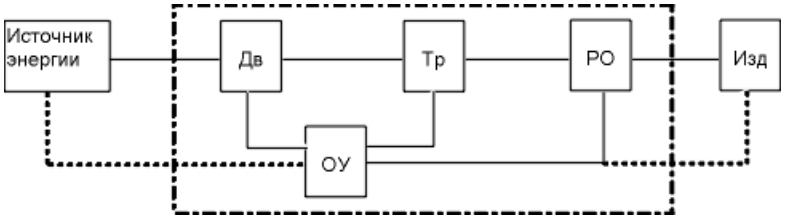
метьте, что один из элементов (тетива) выполняет двойную функцию (Тр и Дв) эта особенность совмещение функций) часто встречается на первом этапе развертывания ТС (превращения в сложную систему) и на этапе свертывания ТС (далеко отстоящем от начала этапе "упрощения" системы путем замены подсистем и самой ТС "умным" веществом).

О свертывании ТС речь впереди. А пока приведем примеры частичного совмещения функций элементов ТС:

в задаче об измерении высоты пещеры шарик (Дв), нитка (Тр и РО – измеритель высоты), человек (ОУ);

в задаче о контроле целостности зуба бура бурового инструмента – сила ломающая ампулу (ОУ, "включающий" запаховое вещество), запаховое вещество (РО), поток восходящих газов (Тр и Дв), нос человека (изделие, которое "обрабатывается" рабочим органом).

Если в схему включить изделие, то получим полную принципиальную схему работающей ТС:



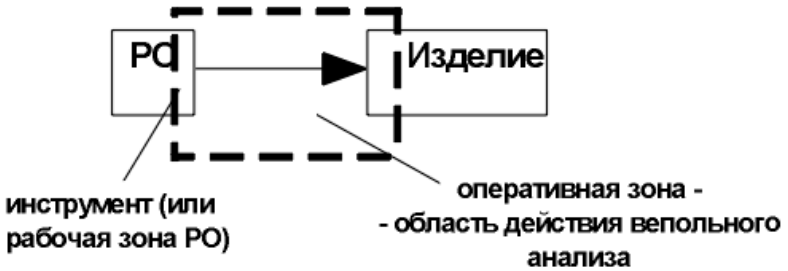
Пунктиром обведен состав минимальной работоспособной ТС, обеспечивающий ее жизнеспособность.

Следствие из закона 1: чтобы ТС была управляемой, необходимо, чтобы хотя бы одна ее часть была управляемой.

Быть управляемой *– значит менять свои свойства (параметры) так, как это надо тому, кто управляет.*

Например, воздушный шар (аэростат) для вертикального подъема – это управляемая ТС, т. к. с помощью клапана, выпускающего газ из шара, и мешков с песком (балласта) мы можем, хотя и плохо, управлять подъемом и опусканием шара. Но стоит предъявить к шару повышенные требования – попытаться увеличить полезную функцию за счет движения по горизонтали, как шар превратится в неуправляемую ТС. Аэростат останется неуправляемым воздушным поплавком до тех пор, пока в ТС не будет введен дополнительный управляемый элемент, например, двигатель с винтом.

Рассматриваемое определение ТС шире, чем понятие веполя. **Веполь** – модель минимальной ТС, в которой отражается "борьба" и взаимодействие полей и веществ (этого достаточно лишь для нахождения идеи ответа). Реальные же ТС должны двигаться, обрабатывать изделия или информацию, преобразовывать энергию и т. д., поэтому при переходе от модели к "натуральной" системе требуется введение всех частей системы.



4.3. Закон "энергетической проводимости" системы

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

***Следствие из закона 2**: чтобы часть системы была управляемой, необходимо обеспечить энергетическую проводимость между этой частью и органом управления.*

Любая ТС является проводником и преобразователем энергии. Если энергия не будет проходить сквозь всю систему, то есть "застрянет" где-то, то какая-то часть ТС не будет получать энергию, значит не будет и работать. Энергия, поступающая извне или вырабатывающаяся в двигателе, идет на обеспечение работы самой ТС (всех частей), на компенсацию потерь, на измерение (контроль) параметров работы частей системы и обрабатываемого изделия. Таким образом, надо всегда стремиться к тому, чтобы ТС была не только хорошим проводником энергии, но и обеспечивала бы минимальные потери энергии (потери при преобразовании, бесполезные отходы, унос с изделием).

Передача энергии от одной части ТС к другой может быть вещественной (вал, шестерня, удар чем-то и т.д.), полевой (магнитное поле, электрический ток и т. д.) и вещественно-полевой (например, поток заряженных частиц). Многие задачи сводятся к подбору поля и вида передачи, эффективных в данных условиях. При этом следует руководствоваться тремя правилами:

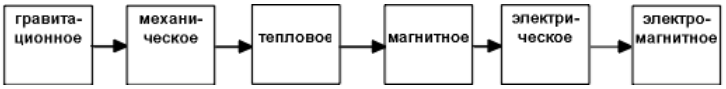
1. При синтезе ТС надо стремиться к использованию одного поля (одного вида энергии) на все процессы работы и управления в системе.

При развитии ТС (развертывании) любые новые подсистемы должны работать на энергии, проходящей сквозь систему или на бесплатной энергии (из внешней среды или в виде отходов от другой системы).

Например, разработанный в Японии способ использования ветровой энергии для обогрева парников ("Знание-сила", 1988, № 3, с. 91) предусматривает превращение этой энергии непосредственно в тепло, минуя промежуточную стадию получения электроэнергии (ветросиловая установка вращает колесо компрессора, который сжимает воздух и благодаря этому нагревает его до 170 град.). Такое прямое превращение энергии дало сенсационные результаты: оно оказалось в 6 раз (!) эффективнее, чем прежний метод с использованием электричества.

2. Если ТС состоит из веществ, менять которые нельзя, то используется поле, которое хорошо проводится веществами системы.

3. Если вещества частей системы можно менять, то плохо управляемое поле заменяют на хорошо управляемое по цепочке:



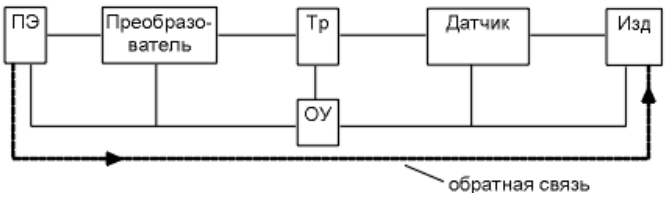
Одновременно заменяют вещества или вводят в них добавки, обеспечивающие хорошую проводимость энергии (вещества должны быть "прозрачными" для выбранного поля).

Поиск наиболее эффективных сочетаний полей и веществ, переход к легко управляемым полям и подбор восприимчивых к ним веществ идет в стихийном изобретательстве запутанными и переплетающимися путями. Но наиболее прогрессивные технические решения (*повышающие идеальность системы*) всегда лежат в конце приведенной выше цепочки.

Все изобретательские задачи в технике делятся на два типа: *задачи **на изменение ТС** (синтез, развитие) и задачи **на измерение ТС** (обнаружение, контроль параметров).*

В задачах первого типа направление движения энергии всегда от источника энергии (двигателя) через трансмиссию к рабочему органу и далее к изделию. В задачах второго типа, наоборот, требуется ловить информацию (то есть энергию или изменение энергии), исходящую от "изделия", то есть той части ТС или любого процесса в природе и технике, которую (или который) мы измеряем (обнаруживаем, контролируем). Таким образом, энергия движется в направлении от **Изделия** к **Датчику** (вместо рабочего органа), далее через **Трансмиссию** к **Преобразователю** (вместо двигателя) и, наконец, к **Приемнику** энергии

(ПЭ) (вместо ИЭ), в качестве которого обычно используется показывающий прибор (сигнализатор) или исполнительный орган.



В случае появления *обратной связи* орган управления вытесняется из данной ТС на следующий этаж управления.

Часто энергия, улавливаемая датчиком, подведена к изделию от этой же ТС, проходит сквозь изделие, "просвечивает" его, отражается, вызывает появление энергии другого вида или природы. Поэтому здесь система играет двойную роль – воздействует на изделие и контролирует (измеряет) его. Такой измерительный блок может состоять из двух систем или одной системы, выполняющей обе функции.

Последовательность вопросов на применение закона при решении изобретательских задач:

- есть ли в ТС сквозной проход энергии?,
- существует ли хорошая проводимость между частями ТС и ОУ?,
- какое поле лучше всего проводят вещества в ТС?,
- можно ли применить более управляемое поле?,
- какое поле лучше всего использовать для новой ПС – имеющееся или даровое?

Дополнительные вопросы для измерительных задач:

- какую энергию проще подвести к Изд.?,
- какую проще вывести и передать к ПЭ?

Закон согласования ритмики частей системы

Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является согласование (или сознательное рассогласование) частоты колебаний (периодичности работы) всех частей системы.

Хорошо работают, а значит и жизнеспособны только системы, в которых вид колебаний подобран так, чтобы части системы не мешали друг другу и наилучшим образом выполняли полезную функцию.

Различают два вида колебаний собственные и вынужденные, то есть часть систем может колебаться "как ей хочется" или "как ее заставит" колебаться внешняя сила. Частота собственных колебаний неотъемлемое свойство любой части системы, оно зависит только от характеристик самого объекта (например, от размеров, массы и упругости частей в механических системах, от емкостных и индукционных характеристик в электрических системах). Но самое интересное наступает, когда частота внешних силовых (полевых) воздействий совпадает с собственной частотой колебаний это хорошо всем знакомый резонанс.

Резонанс может быть и полезным, и вредным. Значит, для того, чтобы улучшить работу системы надо или согласовать колебания частей или, наоборот, рассогласовать их. Использование резонанса (или предупреждение его появления) чрезвычайно выгодный прием улучшение работы ТС достигается простым изменением элементов (размеров, массы, частоты), в систему ничего не надо вводить нового. Между тем этот закон часто нарушается есть множество технических решений, в которых ритмика не согласована или согласована во вредном сочетании. Поэтому большой класс задач связан с необходимостью наведения "законного" порядка в неправильно колеблющихся системах.

Из закона согласования ритмики вытекает ряд правил.

1. В технических системах действие поля должно быть согласовано (или рассогласовано) с собственной частотой изделия (или инструмента).

2. В ТС должны быть согласованы (или рассогласованы) частоты используемых полей.

3. Если два действия (например, измерение и изменение) несовместимы, то одно действие осуществляют в паузах другого. Любые паузы в одном действии должны быть заполнены другим полезным действием.

4. Если требуется измерять характеристики системы, изменение которых влияет на изменение собственной частоты колебаний, то действие внешнего поля согласовывают (или рассогласовывают) с собственной частотой системы и по наступлению резонанса судят об изменениях контролируемых характеристик.

Рассмотрим подробнее некоторые особенности применения правил в конкретных изобретательских ситуациях.

Использование резонанса – согласование частоты внешнего действия (поля) с собственной частотой системы или ее элемента.

С наибольшей амплитудой колеблются объекты при точном совпадении частот. При этом извне затрачивается минимум энергии на поддержание резонанса, а внутрь системы поступает максимум из подводимой энергии.

При наступлении резонанса разные части системы колеблются с разной амплитудой от максимальной до минимальной (нулевая амплитуда – в узлах колебаний). Поэтому разные участки испытывают различные напряжения. Это полезно, например, при снятии (перераспределении) вредных напряженных состояний.

Если нельзя или нецелесообразно воздействовать внешней силой непосредственно на объект, то вводят резонатор, соединенный с объектом.

Если частота собственных колебаний объекта меняется по неизвестному нам закону, то необходимо организовать обратную связь между объектом и генератором (источником внешнего поля).

Любые движущиеся объекты колеблются, поэтому можно организовать эти колебания определенным образом на выполнение полезных функций.

Главное свойство автоколебаний: колеблющаяся система сама управляет поступлением в нее энергии извне – возникает обратная связь; **другие свойства:** амплитуда колебаний не зависит от начальных условий, частота близка к собственной частоте колебаний). Частота автоколебаний в этом случае пропорциональна скорости (массе) потока и обратно пропорциональна размерам кольцевой резонирующей полости. Подбирая размеры и форму отверстий, удалось направить большую часть энергии потока на создание автоколебаний. Отпала необходимость в подводе внешней энергии для акустического воздействия.

Возникающая в режиме автоколебаний в колеблющейся системе обратная связь действует все же в узком диапазоне – стоит чуть изменить какой-либо параметр системы и автоколебания исчезнут. Для поддержания длительного самоподстраивающегося режима авторезонанса необходимо введение специальной линии обратной связи: на колеблющееся тело устанавливают датчик, сигнал от которого усиливается и направляется на источник колебаний (генератор), генератор устанавливает в каждый данный момент времени всегда резонансную частоту – система работает в режиме автоколебаний при любых изменениях условий работы.

Согласование (рассогласование) ритмики работы частей системы.

В процессе работы (взаимодействия) разные части системы, главным образом – инструмент и изделие, должны быть согласованы между собой по частоте для лучшего взаимодействия или рассогласованы для предотвращения вредного взаимодействия. Причем, выгодно согласование (рассогласование) не только собственных частот колебаний, но и всего лишь отдельных характеристик, влияющих на эту частоту – скорости, массы, размеров, формы, упругости и др. Иногда само понятие частоты даже и не фигурирует в решениях.

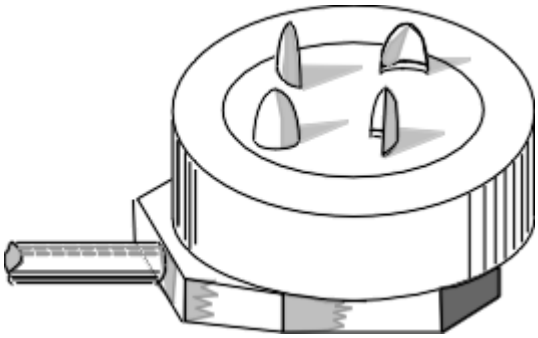


Рис. 11. *Колесо самолета по пат. Франции 2600619.*

Когда самолет садится, видны клубы дыма - это его колеса касаются земли, происходит удар и колеса раскручиваются, пробуксовывая. При этом колеса сильно изнашиваются. Явное несогласование ритмики колеса (инструмента) и посадочной полосы (изделия). По пат. Франции 2600619 (рис. 11) предложено на боковые поверхности колес установить лопатки - встречный поток раскрутит колеса перед посадкой.

Предотвращение или нейтрализация резонанса – рассогласование собственной частоты системы с частотой внешнего действия или организация противодействия.

Одна из наиболее трагических страниц в истории стихийных бедствий – землетрясение в Мехико 1985 года. Это землетрясение было чрезвычайно разрушительно. Как установили американские эксперты, возникшие во время землетрясения колебания случайно совпали с собственными колебаниями почвы под многими частями города, а также с собственными колебаниями многих зданий. Чрезвычайная длительность землетрясения способствовала развитию резонансных явлений, которые и привели к разрушению зданий (резонанс усилил вредное воздействие в 6 раз, что превысило предел устойчивости зданий, даже сейсмостойких). И это почти независимо от того, были ли разрушенные здания старой постройки или новые. Главной причиной разрушения зданий, в большинстве случаев, была частота их собственных колебаний. Отсюда практический вывод: при строительстве новых зданий в сейсмической зоне следует неуклонно следить за тем, чтобы собственные колебания зданий не совпадали с собственными колебаниями грунта, – таким путем удастся значительно смягчить резонансный эффект.

Существует несколько возможностей исключения вредного действия резонанса:

1. Уклонение от резонанса путем изменения частоты собственных колебаний.

2. Организация взаимонейтрализации двух (или более) вредных действий.

3. Введение второго внешнего действия в противофазе к вредному.

4. Самонейтрализация вредного действия путем его разделения на два, сдвига одного из них по фазе и их столкновение.

5. Самонейтрализация вредного действия путем введения дополнительных грузов со смещающимся центром тяжести.

6. Ликвидация источника внешнего действия.

Рассмотрим эти возможности на конкретных примерах.

Изменения частоты собственных колебаний можно достигнуть при изменении одного из параметров системы.

Наиболее эффективный способ нейтрализации двух вредных действий (внешних или внешнего и внутреннего) – это их замыкание друг на друга и взаимоуничтожение (иногда требуется их предварительное рассогласование по частоте или фазе). Однако одновременное наличие двух вредных действий в системах довольно редкое явление. Чаще требуется искусственное введение второго действия.

Однако введение в систему второго вредного действия для уничтожения первого (например, "антизвука") требует дополнительных устройств, подсистем и энергопитания. Намного дешевле и эффективнее *организовать противодействие на основе той же вредной*

силы – разделить ее на две, сдвинуть одну из них по фазе (лучше всего на 180 град) и взаимоуничтожить.

Для самонейтрализации вредного внешнего действия часто используется принцип введения в систему дополнительных грузов со смещающимся центром тяжести: шаров, маятников, подпружиненных грузов, эксцентриков и пр.

Явление самосинхронизации вращающихся тел: вред и польза.

Резонанс особенно опасен в системах с многими вращающимися частями. В таких системах резонанс может возникнуть самопроизвольно за счет явления синхронизации вращающихся тел (открытие № 333, 1987 г.): все системы с вращающимися телами стремятся к самоорганизации, стараются выбрать один ритм, работать синхронно. Например, на одной из ткацких фабрик столкнулись с необъяснимыми авариями – станки часто ломались, просто рассыпались на составные части. Анализ системы показал, что причина в самосинхронизации, двигатели ткацких станков подстраивались друг под друга, машины входили в резонанс и разрушали сами себя. Простой и единственный выход – разрушить резонанс, переставить двигатели, убрать лишние связи ("Техника молодежи", 1988, № 4, с.13).

Явление обнаружили в институте "Механобр" (ВНИИПИ механической обработки полезных ископаемых) еще в 1948г. Два независимых электродвигателя приводили в движение две независимые установки, укрепленные на одном общем фундаменте. Однажды провода, питающие электроэнергией один из моторов, оборвались. Но это заметили только несколько часов спустя: обесточенный двигатель продолжал исправно вращаться как бы сам собой, приводя в движение связанную с ним установку!

Согласование (рассогласование) частоты используемых полей.

А.с. 698663: способ вибромагнитной сепарации материала, при котором вращающееся магнитное поле реверсируют синхронно с вибрацией – это уменьшает силы сцепления между частицами материала и повышает эффективность разделения.

Вибротрамбование дорожного основания, при котором к передней по ходу кромке виброплиты прикладывают колебания с частотой, вдвое меньшей, чем к задней. Такой способ позволяет эффективно уплотнять основания из крупных минеральных фракций ("Техника и наука", 1983, № 1, с.17).

Действие в паузах.

Во многих странах по телевидению передают телевизионную газету. Сигналы, несущие текст, "спрятаны" между кадрами телепрограммы. С помощью приставки можно "пролистать" все 999 страниц телегазеты.

По а.с. 343722 поперечную раскатку металлического листа ведут в паузах продольной раскатки.

Известный авиаконструктор А. Фоккер в 1915 году решил проблему стрельбы из пулемета через винт самолета, согласовав скорости вала мотора и замкового механизма пулемета (пули пролетают "в паузах" между двумя соседними лопастями).

Использование колебаний и резонанса в задачах на измерение (обнаружение).

Собственная частота колебаний универсальная характеристика. Если любое тело заставить колебаться и при этом плавно изменять частоту, то настанет момент резонанса по этой частоте можно определить характеристики тела (массу, размеры, упругость и т. д.).

А если невозможно придать колебания объекту? Тогда о его состоянии судят *по изменению собственной частоты колебаний присоединенного объекта (или внешней среды). Чаще всего к объекту "присоединен" воздух.*

Сами собственные колебания (факт их наличия или отсутствия) могут служить сигналом для обнаружения (измерения). Если амплитуда этих колебаний недостаточна, их можно усилить. Самый простой способ усиления использование резонаторов.

Например, по а. с. 1175778 предложено самое простое и эффективное устройство для оповещения о приближающемся поезде: оно представляет собой корпус, стерженек, мембра-

ну и резонатор (рупор) корпус закрепляется на рельсе и устройство во много раз усиливает его гудение.

Но не только резонанс является эффективным средством измерения систем. *Практически любые изменения собственной частоты колебаний объекта могут служить надежными показателями его механического состояния и физических свойств, например:*

скорость затухания собственных колебаний,

изменение величины механических потерь в объекте при изменении его собственной частоты,

а. с. 1004814: способ определения теплостойкости материалов (реактопластов) при котором постепенно повышают температура образца, воздействуют на него колебаниями, и определяют момент его размягчения по резкому изменению механических потерь на участке от источника колебаний до датчика.

изменение амплитуды собственных колебаний,

а. с. 1024227: способ определения предельно допустимого износа сверла путем измерения амплитуды колебаний, генерируемых системой инструмент-станок (сравнивают с заранее определенными параметрами допустимого износа).

спектр звуковых колебаний для определения состояния множества движущихся объектов,

Если невозможно определить изменения собственной частоты системы, то используют присоединенные объекты проводят анализ изменения частоты собственных колебаний такого объекта и по нему судят об изменениях в системе.

Даже неприсоединенный, далеко расположенный, но резонирующий объем, способен помочь в задачах на измерение, обнаружение самих колебаний.

Летом 1932 года, на палубе ледокола "Таймыр" проводились запуски метеорологических шаров (зондов). Готовясь к одному из них, аэролог случайно коснулся лицом оболочки шара и... отпрянул, вскрикнув от острой боли в ушах. Пытаясь объяснить это, будущий академик В. В. Шулейкин пришел к выводу, что оболочка шара, надутого водородом, служила своеобразным резонатором, усиливавшим звуковые колебания частотой 6…12 Гц. Они-то и вызвали боль в ушах. Откуда же взялись колебания? Источником звука столь низкой частоты был, как оказалось, шторм, бушевавший за сотни миль от "Таймыра". Это открытие позволило создать со временем прибор для предсказания шторма ("Юный техник", 1988, №7).

Закон увеличения степени идеальности

Развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности.

Идеальная ТС это система, масса, габариты и энергоемкость которой стремятся к нулю, а ее способность выполнять работу при этом не уменьшается.

В пределе: идеальная система та, которой нет, а функция ее сохраняется и выполняется.

Поскольку для выполнения функции требуется только материальный объект, то за исчезнувшую (идеализированную) систему эту функцию должны выполнять другие системы (соседние ТС, над- или подсистемы). Т. е. часть систем преобразуется таким образом, чтобы выполнять еще и дополнительные функции – функции исчезнувших систем. Принимаемая к выполнению "чужая" функция может быть аналогична собственной, тогда происходит просто увеличение ГПФ данной системы; если же функции не совпадают – происходит увеличение количества функций системы.

Исчезновение систем и увеличение ГПФ или количества выполняемых функций – две стороны общего процесса идеализации.

Поэтому различают два вида идеализации систем (рис. 28):

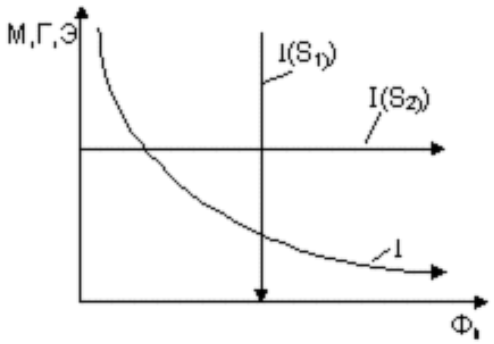


Рис. 28. Виды идеализации систем:

- 1-го вида, когда масса (М), габариты (Г), энергоемкость (Э) стремятся к нулю, а ГПФ или количество выполняемых функций ($Ф_n$) остается неизменным:

$$I(S_1) = \lim_{\substack{М,Г,Э \to 0 \\ n = const}} Ф_n(М,Г,Э)$$

- 2-го вида, когда ГПФ или количество функций ($Ф_n$) увеличивается, а масса, габариты, энергоемкость остаются неизменными,

$$I(S_2) = \lim_{\substack{М,Г,Э = const \\ n \to \infty}} Ф_n(М,Г,Э)$$

Здесь $Ф_n$ функция системы (ГПФ) или "сумма" нескольких функций.

Общий вид идеализации систем отражает оба процесса (уменьшение М, Г, Э и увеличение ГПФ или количества функций):

$$I(S) = \lim_{\substack{М,Г,Э = 0 \\ n \to \infty}} Ф_n(М,Г,Э)$$

То есть предельный случай идеализации техники заключается в ее уменьшении (и в конечном счете, исчезновении) при одновременном увеличении количества выполняемых ею функций; в идеале – техники не должно быть, а функции нужные человеку и обществу должны выполняться.

Идеализация реальных ТС может идти путем, отличающимся от приведенных зависимостей. Чаще всего наблюдается смешанный вид идеализации, когда выигрыш в М, Г, Э, полученный в процессе идеализации, тут же расходуется на дополнительное увеличение ГПФ или количества функций. Эти процессы можно условно изобразить кривыми, показанными на рис. 29.

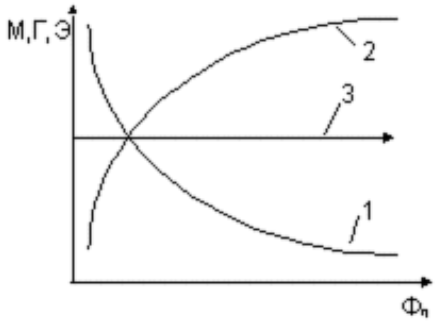


Рис. 29. Один из смешанных видов идеализации реальных систем:
1 – процесс идеализации общего вида, 2 – процесс увеличения полезно-функциональных подсистем (развертывания ТС – увеличения (М,Г,Э), 3 – равнодействующая линия развития I(S).

Подобные зависимости характерны, например, для авиации, водного транспорта, военной техники и др.

Процесс идеализации внешне аналогичен 2-му виду $I(S_2)$, когда увеличение ГПФ происходит при неизменных значениях М,Г,Э. На самом деле М,Г,Э подсистем уменьшаются, но сами эти подсистемы удваиваются, утраиваются, появляются новые и т.д. Таким образом, на уровне подсистем идет процесс идеализации 1-го вида, а на уровне всей ТС идеализация 2-го вида.

Если разнести во времени процессы 1,2 (рис. 29), то есть разделить смешанный процесс на два раздельных, то получим некий обобщенный (нормальный) процесс развития ТС, включающий фазу развертывания и фазу свертывания системы (рис. 30).

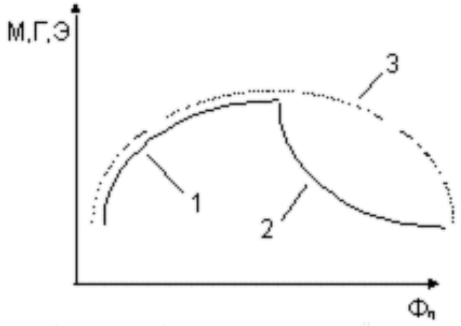


Рис. 30. Нормальный вид идеализации реальных систем:
1 – развертывание ТС, 2 – свертывание ТС, 3 – огибающая кривая.

Техническая система, возникнув, начинает "завоевывать" пространство (увеличивает свои М,Г,Э), а достигнув некоторого предела, уменьшается (свертывается).

Процесс развития ТС протекает во времени, поэтому горизонтальная ось ($Ф_п$ – ГПФ) это одновременно и ось времени – каждое изобретение увеличивает главную полезную функцию системы (рис. 31).

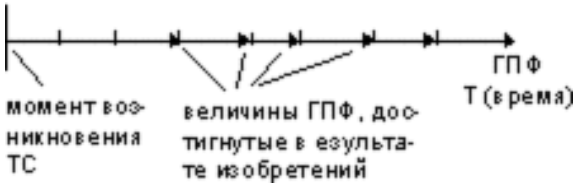


Рис. 31. Развитие ТС во времени.

Можно преобразовать эти графики в окончательный вид – волнообразную кривую развития ТС в пространстве и времени (рис. 32). Эта модель развития справедлива для всех уровней иерархии над- и подсистем, вещества.

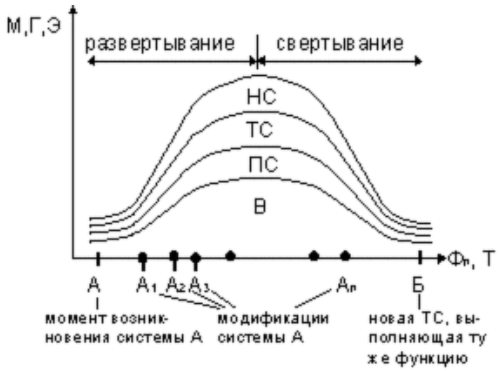


Рис. 32. Пространственно-временная модель развития ТС.

Таким образом, процесс развития (идеализации) технических систем можно описать выражением:

$$I(S) = \lim_{\substack{M,Г,Э = \max(M,Г,Э) \\ n \to \infty}} \Phi_n(M,Г,Э) \; + \; \lim_{\substack{M,Г,Э = 0 \\ n \to \infty}} \Phi_n(M,Г,Э)$$

развертывание | свертывание

Один из механизмов развертывания (перехода в НС) переход моно-би-поли хорошо вписывается в "волну" развития ТС (рис. 33). На любом этапе развития (развертывания) система может быть свернута в идеальное вещество – в новую моносистему, которая может стать началом новой волны развития.

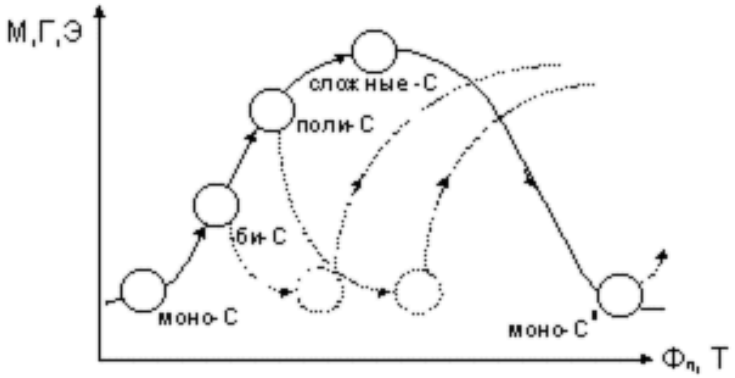


Рис. 33. Модель развития технических систем.

Как делаются шаги по линии развития ТС?, что движет систему от одного изобретения к другому?, каков механизм этого процесса?

Анализ истории развития многих ТС показывает, что все они развиваются через ряд последовательных событий:

1. Возникновение потребности.
2. Формулирование главной полезной функции – социального заказа на новую ТС.
3. Синтез новой ТС, начало ее функционирования (минимальная ГПФ).
4. Увеличение ГПФ – попытка "выжать" из системы больше, чем она может дать.
5. При увеличении ГПФ ухудшается какая-то часть (или свойство) ТС – возникает техническое противоречие, то есть появляется возможность сформулировать изобретательскую задачу.
6. Формулирование требуемых изменений ТС (ответ на вопросы: что надо сделать для увеличения ГПФ? и что не позволяет нам это сделать?), то есть переход к изобретательской задаче.
7. Решение изобретательской задачи с применением знаний из области науки и техники (и даже шире – из культуры вообще).
8. Изменение в ТС в соответствии с изобретением.
9. Увеличение ГПФ (см. шаг 4).

И т.д.

Рассмотрим подробнее отдельные этапы развития ТС.

Возникновение потребности и связанный с этим процесс увеличения ГПФ.

Все, что делается в мире техники, делается ради удовлетворения потребностей человека и общества. Если в ТС нет нужды, то она никогда не возникнет, а если потребность появляется, то с течением времени она становится все более острой и ничто не остановит человека в ее воплощении. Необходимость – мать изобретений.

В настоящее время удельный вес затрат мускульной силы в промышленности ничтожно мал – около 0,1% общего баланса механической энергии, расходуемой в производстве. То

есть без машин можно получить всего лишь 1/1000 часть общего объема сегодняшней продукции.

Потребность в экономии силы – одна из главных витальных человеческих потребностей (после потребностей в пище, воде, сне, продолжении рода, защиты от внешних опасностей). Именно эта потребность побуждает изобретательность и совершенствование в технике (Симонов П.В. Эмоциональный мозг. М.: Наука, 1981). Потребность выступает как необходимость – в этом начало противоречия организма (индивида) или общества с окружающей средой, нарушение необходимого равновесия с нею. Возникшее противоречие становится побудительной силой активной деятельности, направленной на удовлетворение потребности – дальнейшее развитие техники. Прогресс общества был бы невозможен без стимулирующей роли потребностей. Закон возвышения потребностей действовал до сих пор (и нет признаков каких-либо изменений в будущем) в человеческой истории объективно, независимо от сознания и воли людей. Необходимость удовлетворения постоянно растущих потребностей общества вступает в противоречие с существующими средствами их удовлетворения. Это противоречие разрешается силой творческих способностей человеческого разума.

Технический прогресс – это прежде всего передача трудовых функций человека технике. Поэтому на протяжении всей истории заметен процесс превращения (развертывания) инструментов в технические системы. Рано или поздно предпринимаются попытки усовершенствования инструментов таким образом, чтобы увеличить ГПФ или количество функций или выполнять часть функций без участия человека.

Например, для устранения перегрева режущей кромки токарного резца в него встроили цилиндрический ролик из пористого материала, пропитанного охлаждающей жидкостью (а.с. 1201063), по а.с. 1175611 в резец ввели тепловую трубу, а по а.с. 1175612 к тепловой трубе предложено добавить холодный спай полупроводниковых материалов.

В Англии выпускается отвертка с вакуумными присосками (захват и удержание винта), встроенным электромоторчиком (50-1200 об/мин), сменными лезвиями (для винтов диаметром 0,4-7 мм) и электронным управлением.

В а.с. 1214495 описана электронная авторучка. Вмонтированные в нее датчик силы и электронный блок регулируют порцию чернил, подаваемую в капиллярный канал наконечника.

Рост потребностей чаще всего опережает рост ГПФ в развивающейся технической системе, а невозможность удовлетворения потребностей старыми (имеющимися ТС) средствами заставляет изобретать новые системы или усовершенствовать старые введением новых подсистем.

Первый светофор, например, появился в Лондоне в 1868 году, когда интенсивность движения конных экипажей превысила все безопасные пределы. Появилась острая необходимость в изобретении новой ТС – регулятора движения. На чрезмерно оживленной площади перед английским парламентом установили столб с газовыми фонарями, которые управлялись вручную и через окрашенные стекла давали два сигнала – красный и зеленый. Однако введение новой ТС вызвало и нежелательный эффект – фонари искрили и шипели, пугая лошадей. Лишь в начале 20 века в США для регулирования автомобильного движения появился светофор с электрическими лампочками. Он был горизонтального типа, с тремя светофильтрами красным, желтым и зеленым. Конструкция оказалась удачной и вскоре был принят международный стандарт – на вертикальный светофор.

Первая в мире авиационная катастрофа произошла в 1908 году из-за поломки винта. Это было время, когда отказ любого элемента на самолете приводил к летному происшествию (опасной или катастрофической ситуации). Для повышения безопасности полетов требовались новые идеи по усилению устойчивости и управляемости аэроплана при полете в неспокойной атмосфере. В 1914 году на одном из конкурсов по безопасности полетов был продемонстрирован новый самолет, оборудованный стабилизатором скорости полета. Этот аэроплан блестяще прошел испытания, совершив перелет Версаль–Шартр и обратно (при

ветре 15 м/сек) со скоростью 75 км/час. Таким образом потребность в увеличении ГПФ была удовлетворена созданием новой подсистемы – стабилизатора.

Чем больше рывок в ГПФ, тем труднее он дается. Часто первые ТС с высоким значением ГПФ неуклюжи, их функционирование находится на грани возможного срыва – но на это шли, например, во время войны. От выигрыша изобретательской гонки во всех областях военной техники зависела победа.

В 1943 году над Москвой на огромной, по тем временам, высоте в 13 тыс. метров часто появлялся немецкий высотный разведчик ("Юнкерс-388"). Долгое время это сходило ему безнаказанно, так как зенитный огонь его не доставал, а самолетов, способных подняться на такую высоту, у нас еще не было. Срочно был создан специальный перехватчик с дополнительным воздушным нагнетателем ЯК-9ПД, максимально облегченный с целью достижения высоты 14 тыс. метров (броневую спинку сиденья пилота заменили фанерной, из вооружения оставили только пулемет). И вот самолеты встретились на высоте 13 км. Нужен бой! Но оба самолета не смогли вступить в него - они работали на пределе своих возможностей. У "Юнкерса", как оказалось, вообще не было вооружения. А наш ЯК не смог занять позицию для атаки. Оба самолета едва смогли сделать поворот даже при большом радиусе виража – покружившись, они разошлись, чтобы никогда больше не встретиться (Г.А.Меерович. Эффект больших систем. М.: Знание, 1985, с. 61). Встретились последующие модификации ТС с увеличенной ГПФ и новыми полезными подсистемами – там возникли новые претензии к ТС, новые потребности, приведшие к новому рывку увеличения ГПФ.

Первый холодильник изобрел продавец масла Т.Мур (пат. США, 1803), он развозил свой товар по всему Вашингтону и потребность в этом изобретении была для него очень острой. Это был большой ящик с двойными стенками, между которыми набивался лед. Полезная функция была достигнута. Но лед заготавливался с зимы, его необходимо было хранить, перетаскивать, колоть и т.д. В 1868 году был изобретен холодильный компрессор для получения искусственного льда для продовольственных складов, шоколадных фабрик и других потребителей. В конце 19 века появились первые домашние льдоделательные машины. Одна из них под названием "Эскимо" продавалась в России. Эти машины потребляли много топлива дров, угля, керосина. В 1911 году фирма "Дженерал электрик" наладила выпуск холодильников современного типа: холодильная машина помешалась в кухонном шкафу.

Изобрел этот холодильник преподаватель монастырского колледжа во Франции Т.Одиффрен. Компрессор с приводными ремнями производил много шума, происходила утечка газа (аммиак и сернистый ангидрид) и в кухне стоял неприятный запах. В 1926 году датский инженер А.Стиндруп сделал следующий шаг: компрессор с ремнями он спрятал под герметичным колпаком с изоляцией. Холодильник стал бесшумным, исчез запах. Первый домашний холодильник без компрессора – абсорбционный – был изобретен в Швеции Б.Платеном и К.Мунтерсом в 1922 году. С тех пор идет отчаянная конкурентная борьба двух типов холодильников. В 1951 году в Институте полупроводников РАН был создан первый в мире термоэлектрический холодильник. Однако компрессионные холодильники быстро совершенствуются: появились многофункциональные автоматические системы, которые сами готовят лед из воды, охлаждают напитки до определенной температуры, оттаивают масло до определенной мягкости, имеют встроенный блок прогнозирующий появление неисправностей и т.п.

Часы, как ТС с четкой и однозначной полезной функцией – отсчетом времени, прошли длительную эволюцию. В основе принципов действия этой системы всегда были те или иные периодические процессы: вращение Земли (солнечные часы), колебание маятника (механические и электромагнитные часы), камертоны (камертонные часы), пластинки кварца (кварцевые часы). Современные электронные наручные часы имеют очень высокое значение ГПФ – погрешность отсчета времени не превышает 10 с. в год. Эта степень полезности превысила потребность, поэтому развитие пошло по пути увеличения количества выполняемых функций – сегодня их более 15, включая такие как: датчик давления, пульса, температуры, сопро-

тивления кожи, звуковая и световая сигнализация, дневник, записная книжка, магнитофон, приемник, телевизор, игры, компьютер, способность подать кодированный сигнал "Скорой помощи". Есть часы и без источников питания, самоподзаряжающиеся, "добывающие" энергию из окружающей среды. Часы будут включены в общую систему измерения времени.

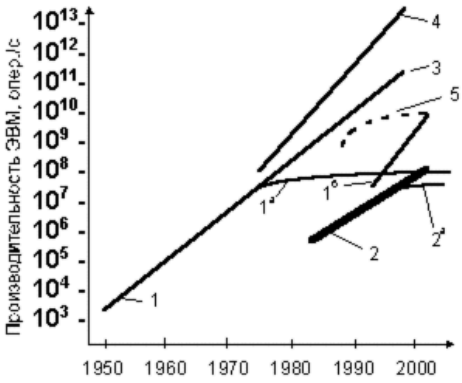


Рис. 34. Рост производительности ЭВМ различных классов:
1 – ЭВМ максимальной производительности, 1а – однопроцессорные скалярные, 1б – многопроцессорные скалярные, 2 – персональные ЭВМ, 2а – однопроцессорные скалярные, 3 – супер-ЭВМ, 4 – многопроцессорные специальные ЭВМ, 5 – криогенные однопроцессорные скалярные ЭВМ.

Изобретение систем с ГПФ, превышающей уровень сегодняшних потребностей – не редкость в истории техники (изобретения, опередившие время). А в современном высокоиндустриализированном обществе изобретения еще чаще обгоняют реальные потребности; тогда возникает необходимость поиска сферы применения (одна из задач маркетинга) или стимулирование потребностей (чрезмерная реклама, "воспитание" потребителя). Истинные потребности общества следует отличать от надуманных, искусственных и даже глупых. По мнению американского социолога У.Тоффлера около 80% всех произведенных с начала века в США товаров не отвечали истинным потребностям или вообще не были нужны обществу.

ГПФ системы растет постоянно и неуклонно; спад роста, заминки и короткие остановки происходят лишь при приближении ТС к моменту исчерпания ресурсов физического принципа заложенного в основу данной системы. Смена принципа функционирования дает новый ресурс развития.

А.А.Микулин, известный конструктор авиационных двигателей, рассказывает: "Да, дадим таблицу рекордов, начиная с 1904 года. И каждый увидит: неуклонный рост понимаете! неуклонный рост примерно до 1943 года. А потом каждый новый десяток километров в час начал даваться с трудом, и 700-950 км/час – замерла кривая, тупик! Я объясню – продолжал Микулин, подскакивая и сам себе улыбаясь, – объясню, почему это произошло. Самолет уперся в "звуковой барьер". Дальнейшее повышение скорости требовало повышения тяги, мощности в геометрической прогрессии. А повышение тяги – это увеличение габаритов мотора и всего самолета... Тут-то и вспомнили реактивные двигатели." (А.Аграновский. Из записных книжек. "Дружба народов", 1987, № 4, с. 188-189).

Рост производительности ЭВМ шел до сих пор почти по линейному закону (рис. 34). Однако, при производительности более 1012 опер/с рост ГПФ замедлится и ожидается переход к новому принципу работы – молекулярным формам носителя.

Рост максимальной чувствительности серийно выпускаемой цветной пленки за 10 лет ("Наука и жизнь", 1987, № 6, с.113):

Год начала выпуска	Светочувствительность, ед., ГОСТ-ИСО	
	негатив	диапозитив
1976	400	-
1978	-	400
1982	1000	-
1983	-	1000
1984	1600	1600
1986	3200	3200

Причем большинство типов пленок можно проявлять специальными способами, "форсируя" чувствительность еще в два раза. Возможно, что дальнейший рост натолкнется на неразрешимые, в рамках данного способа, противоречия.

Решение изобретательской задачи (разрешение технического противоречия) продвигает ТС вперед, компромисс оставляет систему на месте. С помощью изобретателя система "уходит" от действия вредных факторов (претензий внешней среды), препятствующих увеличению ГПФ. В системе появляются новые свойства, функции, изменяются (перестраиваются или заменяются) вещества и подсистемы ТС.

Развертывание вещества в технической системе.

Процесс развертывания ТС (первая половина волны развития) чаще всего начинается с вещества. Именно на уровне вещества наиболее сильно проявляется действие факторов, сдерживающих увеличение ГПФ.

Большое количество изобретений и усовершенствований, заключавшихся в создании новых подсистем для выполнения дополнительных полезных функций или увеличения существующей функции появились из-за отсутствия требующихся свойств у веществ (материалов) технической системы, или из-за неумения использовать скрытые (неявные) ресурсы вещества свойства, эффекты.

Можно выделить несколько стадий или переходных моментов, в эволюции вещества технических систем:

а) попытки улучшения (выделения) нужного свойства вещества,

б) разделение однородного вещества на функциональные зоны,

в) специализация зон по функциям, переход к неоднородному веществу,

г) составное вещество из специализированных веществ с высокими значениями полезной функции,

д) развертывание составных веществ в подсистемы,

е) свертывание составного вещества или подсистемы в идеальное вещество.

Для увеличения ГПФ требуется увеличить какое-то свойство вещества. Простейшее решение – увеличить М,Г,Э этого вещества (толщину, затраты энергии, вес, габариты). Эта попытка чаще всего наталкивается на противоречие - ухудшаются другие свойства или части ТС. Надо улучшить свойство вещества и нельзя этого делать. Поэтому начинается "очищение", выделение нужного свойства, "гашение" вредных побочных свойств. Так появляется множество вариантов (модификаций, марок) одного и того же вещества – для разных систем, объектов и условий работы. Например, только в нашей стране выпускается около 3 тыс. марок сталей (НТР: проблемы и решения, 1985, № 6, с.3). Такая сверхспециализация вещества (чуть ли не по новой марке стали для каждой новой технической системы) – вынужденная; раз нет возможности создать материал, перекрывающий весь диапазон требуемых свойств, то приходится идти на получение микроскопических выигрышей в ГПФ путем выделения того или иного свойства вещества.

Примером достижения высокого значения ГПФ может служить а.с. 1066047: прокатный валок преимущественно для многовалкового стана, *отличающийся* тем, что с целью повышения срока службы и качества проката, он выполнен из монокристалла лейкосапфира, кристаллографическая ось (0,0001) которого ориентирована вдоль оси вращения валка. Предложено использовать драгоценный камень 1 класса, разновидность корунда, с наиболее

выгодной ориентацией кристаллической решетки. Значит ли это, что достигнут предел роста ГПФ? Конечно, нет. Впереди – алмазные валки, на которых, впрочем, развитие также не остановится... Если не будет создано вещество тверже алмаза, то потребуется какая-то "хитрость" для увеличения ГПФ (новый способ обработки металла).

Процесс развития обычно приводит к разделению моно-вещества на зоны, слои, части, переходу к составному веществу. Причина проста: при очередной попытке увеличения ГПФ выясняется, что свойством, от которого зависит это увеличение, должно обладать не все вещество, а лишь его часть (рабочая зона). Усилить свойство в зоне легче, чем во всем веществе.

Примеры разделения моновещества на функциональные зоны.

Изобретение бездымного пороха и введение нарезных орудий в середине 19 века совершили переворот в артиллерийской технике: появилась реальная возможность резко повысить дальнобойность орудий. Но увеличение единичной мощности заряда поставило конструкторов в тупик. Даже замена чугуна и меди на сталь не дала желаемого результата: стальные трубы выдерживали давление максимум в 2000 атм. Причем, толщина стенок мало влияла на прочность стволов. Только исследования француза Г.Ламе внесли ясность: он показал, что в трубе, подвергающейся изнутри равномерному давлению, слои металла испытывают неодинаковое напряжение; внутренние слои несут основную нагрузку, а наружные практически не работают. Следовательно, изготавливать орудия с очень толстыми стенками нет смысла, если не заставить работать наружные слои. Эту задачу остроумно решил в 1861 году русский инженер А.В.Гадолин, он предложил усиливать ствол обручами - в горячем состоянии на ствол одевались цилиндры, которые после охлаждения стягивали внутренние слои.

Недавно были проведены исследования древнерусского меча (10 век), найденного в 1900 году. Оказалось, что он изготовлен из неоднородного металла: рубящие кромки имели слой повышенной твердости, а центральная часть клинка была железная с низкой твердостью. Различалась и микроструктура этих зон, то есть это были два материала, соединенные кузнечной сваркой ("Знание - сила", 1986, № 4, с. 7).

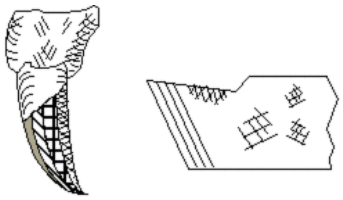


Рис. 35. Принцип самозаточки зубов и когтей лежит в основе слоистых резцов А.М.Игнатьева.

Знаменитые самозатачивающиеся резцы А.Н.Игнатьева (рис. 35), изобретенные им в 1926 году, также состоят из нескольких слоев. Биолог по образованию, он задался вопросом "почему клыки и когти животных все время острые?" Ведь они истираясь, должны затупиться. Однако, они не только остаются острыми, но и не меняют угол заострения клина. Оказалось, что всему причина - различная твердость внешней и внутренней стороны клина. Менее твердая внутренняя сторона зуба изнашивается быстрее более твердой наружной. Поэтому и образуется острый клин с найденным природой эффективным углом заострения.

Сам факт перехода от моновещества к слоистому оказывается полезен. Если же каждому слою придать определенные свойства, то можно получить значительный выигрыш в ГПФ. Например, в Институте физико-технических проблем Севера разработаны теплоизоляционные слоистые панели, вдесятеро более тонкие и легкие, чем однородные. Тот же принцип можно использовать для гашения других волновых процессов (акустических, оптических, радиофизических, упругих): каждая граница раздела двух сред с различными свойствами

служит источником отраженных и преломленных волн; взаимодействуя с падающей волной, они образуют сложную интерференционную картину и гасят друг друга (НТР: проблемы и решения, 1986, № 22, с. 3).

В Донецком политехническом институте разработаны технологические приемы получения деталей с переменными (по объему) свойствами ("Изобретатель и рационализатор", 1983, № 10, с.26). Авторы утверждают, что можно сделать детали, физико-механические свойства которых будут внутри и снаружи плавно или рывком меняться в полном соответствии с условиями работы этих участков. Например, цапфа вала должна обладать повышенной износостойкостью а сам вал обязан хорошо работать при знакопеременных нагрузках. Следовательно, в цапфах должно быть больше хрома или молибдена а в средней части вала - никеля. В идеале каждая деталь должна иметь как бы мозаичное строение, и в любой ее зоне химический состав, свойства должны находиться в соответствии с характером нагрузок.

После разделения вещества на функциональные зоны, начинается процесс их специализации – каждая зона выполняет только одну функцию. При специализации легче обеспечить рост полезной функции каждой зоны и в целом всего технического объекта.

Итальянская фирма "Пирелли" разработала автопокрышку с асимметричным рисунком протектора, обеспечивающим хорошее сцепление как при езде по снегу и льду, так и при движении по ровной сухой дороге. Такая покрышка сваривается как бы из двух разных половинок. Половина, находящаяся на стороне автомобиля, имеет протектор для езды по снегу и льду и изготовлена из резины, содержащей больше кремния (что обеспечивает лучшее сцепление с поверхностью дороги); наружная половина покрышки имеет протектор для езды на ровной сухой дороге и ее резина содержит больше газовой сажи, которая создает лучшие условия для движения с большой скоростью. Несмотря на асимметрию протектора и разный состав резины, такие покрышки изнашиваются равномерно, и фирма гарантирует до износа протектора пробег 64000 км ("Новое в жизни, науке, технике", серия "Техника", 1982, № 4, с.28).

Фары автомобиля установлены так, чтобы освещать путь впереди машины. Из соображений безопасности неплохо было бы иметь еще одну фару, которая светила бы несколько вверх и вбок, освещая дорожные знаки, стоящие на обочине. В патенте Великобритании 1486587 предложено совместить обе функции в одной фаре. Для этого на внутренней стороне стекла фары делается выступ в виде призмы. Призма рассчитана так, что при переключении на ближний свет часть пучка света от фары отклоняется вбок и вверх, освещая дорожные знаки на расстоянии 25 метров от автомобиля.

Еще более серьезная проблема – ослепление светом фар водителей встречных машин. В мире выдано около 400 патентов на способы предотвращения ослепления ("Изобретатель и рационализатор", 1981, № 6, с.18). Но ни одно из этих изобретений не утверждено комиссией безопасности движения ООН для обязательного повсеместного применения. Всевозможные очки снижают видимость. Фотодиоды, сбрасывающие яркость накала лампы при встречном потоке света или гасящие рефлектор заслонками, требуют полной реконструкции фар, сложны и не вполне надежны. При поляроидных стеклах и фильтрах необходимо четырехкратное увеличение силы света. Кроме того, такие стекла довольно дороги и дефицитны. Так что пока единственный способ борьбы с противоослеплением переключение на ближний свет: водители должны быть взаимно вежливы. Но увы... Проблема решена в а.с. 520487 предложена фара, которая как бы изгибает поток света и он не слепит водителя встречной машины (рис. 36).

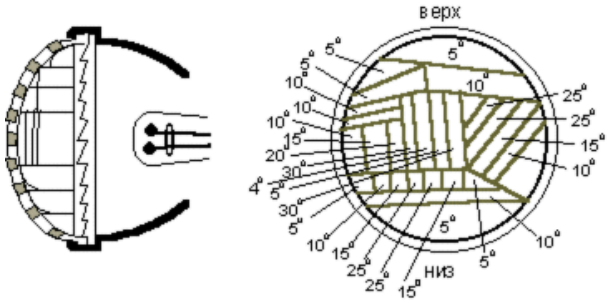


Рис. 36. Схема фары с "призматическим эшелоном" по а.с. 520487.

В заявке Франции 2595659 описан способ подчеркивания (выделения) эстетических свойств жидкостей, содержащихся в пластмассовых или стеклянных емкостях в коммерческих целях. В стенках флакона или бутылки формуются различные оптические элементы линзы и др. (рис. 37).

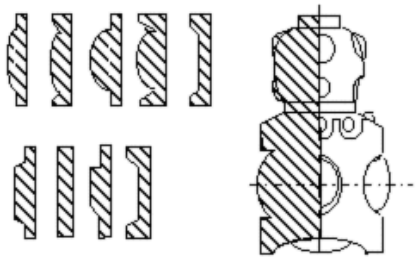


Рис. 37. Способ использования прозрачной жидкости путем фокусировки света через емкость (заявка Франции 2595659).

В США изобретено "голографическое окно" ("Изобретатель и рационализатор", 1987, № 11, с.48). Стеклу придана определенная голографическая структура, с помощью которой освещаются части комнаты, обычно затемненные. Такое остекление может направить солнечный свет вверх на потолок вместо пола, освещать темные углы. Отфильтровывание ИК-лучей удерживает в комнатах прохладу. Солнечный свет можно даже "перекачивать" в помещение без окон через вентиляционный канал с отражающими стенками и затем рассеивать через отверстие в потолке.

Специализация зон по выполняемым функциям приводит, в конечном итоге, к разделению неоднородного вещества на составные части, к замене отдельных частей на вещества с высоким значением полезной функции.

Например, одна из современных конструкций чайника включает в себя трехслойный корпус: медная основа (высокая теплопроводность), покрытая изнутри тонким слоем тефлона (к нему не пристает накипь), а снаружи электрохимическое блестящее защитное покрытие.

В Японии разработан новый напильник из дешевой незакаленной стали, насечка которого покрыта сверхтвердой керамикой (карбидом ванадия). Слой толщиной 3 мкм защищает напильник от коррозии, позволяет обрабатывать твердые сплавы и повышает в 5-6 раз его долговечность ("Техника молодежи", 1987, № 2, с. 48).

Во Франции созданы свинцовые аккумуляторы, вес которых в 4 раза легче обычных: в них оставлен лишь функциональный слой свинца, нанесенный на стеклянные и углеродные волокна ("Знание - сила", 1983, № 8, с. 40).

В больших городах стеклянные поверхности загрязняются столь сильно, что даже частое мытье не дает возможности держать их в чистом состоянии продолжительное время. Изобретен состав "Изольвер" (Франция), который после нанесения на чистую и сухую стеклянную поверхность предотвращает задержание на ней дождевой воды, прилипания загрязняющих частиц и образование инея. Состав химически нейтрален, не поддается действию

моющих средств. Одного литра состава хватает на 100-120 кв.м. поверхности ("За рубежом", 1987, № 28, с. 20).

Не всегда есть вещества, выполняющие нужную функцию самостоятельно, то есть "работающие" на собственной энергии или на энергии, имеющейся в системе. Тогда к веществу "пристраивается" обслуживающая его подсистема.

И водители и пешеходы знают, что в солнечный день бывает нелегко разглядеть сигнал светофора. Отражаясь от цветных стекол, солнечный свет создает ложный сигнал. Поэтому появились патенты на светофоры с черными шторками: как только фонарь (например, красный) выключается, его стекло закрывается автоматической шторкой, а шторка другого фонаря (например, желтого) открывается. По пат. Великобритании 1454386 стекло фонаря покрыто пленкой жидких кристаллов с электродами по бокам; когда лампа не горит, жидкие кристаллы не пропускают свет и выглядят как матовая черная поверхность; при включении лампы электрическое поле, создаваемое протекающим током, переориентирует молекулы кристаллов и шторка становится прозрачной.

Одна из фирм Англии выпускает отвертки длиной 280 мм, в которых для удобства работы обеспечивается подсветка. В ручки этих отверток вмонтирована миниатюрная лампочка, свет от которой направляется по четырем световодным волокнам к наконечнику металлического пера отвертки для создания узкого пучка. Питание лампочка получает от двух миниатюрных батареек (Новое в жизни, науке, технике. Серия "Техника", 1982, № 4, с.9).

Рано или поздно, подсистемы или составные вещества должны сворачиваться снова в вещество. Такое вещество, прошедшее один цикл развертывания-свертывания и приобретшее новое качество, обеспечивающее высокое значение ГПФ в конкретной технической системе можно назвать идеальным веществом 1-го порядка (ИВ).

Установлено, например, что УФ-свет угнетает растения. Особенно чувствительны к ультрафиолету парниковые растения. Зная об этом, специалисты во всем мире покрывают крыши теплиц еще и светофильтрующей пленкой. Ультрафиолет поглощается, преобразуется в тепло. Установлено также, что свет с длиной волны, лежащей в красно-оранжевой области, благотворно действует на все растения. Они лучше преобразуют его в химическую энергию в процессе жизнедеятельности. Но покрывать парники еще одной пленкой просто невозможно резко упадет светопропускание. Не удались и попытки придания стеклу двух противоположных свойств: не пропускать УФ – и не задерживать ИК-свет.

Задача недавно блестяще решена в ИОНХ им. М.С.Курнакова – там создана пленка, преобразующая УФ-свет в ИК-свет, то есть убирается вредный фактор и добавляется полезный. В качестве преобразователя применен люминофор на основе европия - микродозы люминофора подмешивают в полимер. "Полисветан" (так назвали пленку) дал неожиданно большую прибавку урожая: помидоры и огурцы - на 50 %, салат - на 20 %, арбузы - на 60 % ! (Новое в жизни, науке, технике. Серия "Техника", 1987, № 5, с. 62).

Свертывание систем – общий вид процесса.

После периода развертывания техническая система вступает в новый этап преобразований, который глубоко и всесторонне захватывает структуру, организацию и системные свойства ТС. Этот процесс полностью соответствует закону увеличения степени идеальности: техническая система уменьшает свои М,Г,Э при одновременном увеличении ГПФ.

Для технической системы, достигшей точки максимального развертывания, в принципе, возможны несколько путей свертывания (рис. 38):

1 – вытеснение части подсистем в НС,

2 – развитие подсистем в составе ТС,

3 – свертывание ТС в одну из ПС,

4 – свертывание ПС-ТС в идеальное вещество.

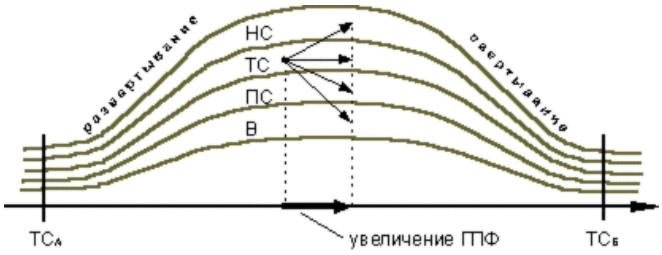


Рис. 38. Возможные пути идеализации технических систем.

В развитии реальных ТС чаще всего идут смешанные процессы свертывания: развивается и идеализируется то одна, то другая часть системы, тот или иной уровень иерархии. Если нанести на график точки развития какой-либо системы во времени и соединить их линиями, то рисунок будет напоминать изображение броуновского движения частиц. Кажущаяся хаотичность такого развития обуславливается внезапностью появления и обострения противоречия в какой-либо части системы, т.е. процесс соответствует закону неравномерности развития частей системы.

Все четыре пути ведут к одному и тому же – к новой системе Б, выполняющей ту же ГПФ, что и исходная система А. Новая система Б имеет очень малые М,Г,Э и высокое значение ГПФ.

Первый путь свертывания – вытеснение части подсистем за пределы ТС и их объединение в специализированные системы в составе НС.

Этот путь характеризуется следующими особенностями:

- *в ТС уменьшается количество элементов,*
- *уменьшается М,Г,Э данной ТС,*
- *увеличивается ГПФ данной ТС за счет действия двух факторов:*

1. *система "облегчается"* (ей не надо быть универсальной), упрощается структура и организация, улучшается функционирование;
2. *взамен функции вытесненной ПС поступает из НС та же функция (действия) более высокого качества*, т.к. бывшая подсистема становится в НС специализированной системой.

Количество элементов в ТС может уменьшаться до предельного уровня, когда остается рабочий орган. Для выполнения ГПФ системы должны быть объединены в НС.

Например, при развитии ТС "автомобиль – дорога" от автомобиля останется только кресло, все остальные части ТС будут совмещены с дорогой, выделены в специализированные узловые (центральные) системы - подачи энергии, контроле и управления и т.д.

"Обобществленная" система становится системой коллективного пользования (узловой, центральной), к которой постоянно или периодически обращаются все ТС. Функции таких ТС: коммутация, обслуживание, источник питания (преобразователь энергии), слежение и контроль, ремонт и т. п.

Вытесненные в НС и "обобществленные" подсистемы вначале выполняют те же функции, что и в ТС. Однако по мере роста числа взаимодействующих с ней ТС функции начинают меняться, количественные изменения неизбежно приводят к качественным изменениям. Со временем эти отличия нарастают, функции преобразуются, системы принимают на себя выполнение других функций.

Процессы объединения (интеграции) в период свертывания характерны и для надсистем. В первую очередь объединяются системы с близкими (родственными) ГПФ; например, информационные, энергетические, транспортные, сельскохозяйственные, медицинские и т.д. Такое объединение подготовлено предыдущими преобразованиями систем коллективного пользования – в процессе развития и присоединения других функций они сближаются и унифицируются. Это создает условия для интеграции двух или более НС в одну, при этом многие части и элементы исчезают.

И, наконец, выигрыш в ГПФ (количестве функций) образуется при вытеснении подсистем в НС и дальнейшей интеграции ПС за счет появления нового (системного) свойства или качества.

Первые телефонные аппараты имели коммутационные переключатели, источники питания, провода для связи с каждым абонентом. Но уже в 1878 г. возникла первая телефонная станция (Нью-Хойзен, США), которая имела наборное коммутационное поле со штеккерами для соединения между абонентами. Такие локальные сети быстро распространились по городам. Затем появились каналы связи между городами и странами - потребовались промежуточные усилители, автоматические коммутаторы и множество других устройств. Современные телефоны имеют память, автоответчик, множество различных функциональных приставок (прибор для распознавания номера позвонившего абонента, телефакс и т.д.). Процесс развертывания, присоединения новых функций в этой системе продолжается. Одновременно идет процесс свертывания подсистем, вытеснения их в НС. Надсистема, например, сеть искусственных спутников Земли (ИСЗ) вобрала в себя множество технических систем наземной телефонной сети; отпала необходимость в большей части телефонных станций, узлов, коммутаторов, усилителей, кабелей и т.д.

Телефонная сеть, как одна из информационных систем (радио, телевидение, компьютерные сети, почта и т.д.), должна будет слиться с другими подобными системами в единую информационную систему.

Еще два примера на развитие информационных систем в ближайшем будущем (Дементьев Г.П. и др. Физико-технические основы создания и применения космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1987).

В США разработан проект преобразования почтовой связи. С помощью одного ИСЗ можно охватить все почтовые отделения на 50 % территории США, Аляски и Гавайских островов. Пропускная способность системы может достигать 100 млрд. страниц текста в сутки (т.е. вместо бумажных писем - "электронные"). Почтовые отделения будут оснащаться антеннами диаметром 1 м, устанавливаемыми на крышах зданий. Впоследствии такое оборудование можно будет предоставлять в личное пользование, исключая тем самым из системы связи почтовые отделения.

Разработана также система (содержащая ИСЗ массой 7,26 т, оборудованный 500-лучевой антенной диаметром 60 м.), предназначенная для регистрации сигналов датчиков (акустических, инфракрасных, контактных, датчиков давления и т.д.), охраняющих какой-либо объект. В такой системе при срабатывании датчика должен возбудиться передатчик, излучающий кодированные сигналы мощностью 1 мВт. Эти сигналы принимаются ИСЗ и подвергаются обработке (с целью снижения вероятности появления ложной тревоги) и ретранслируются в соответствующий центр управления для принятия тех или иных мер. Один ИСЗ каждую секунду может ретранслировать сигналы свыше 3 млн. датчиков, установленных в различных населенных пунктах США (один Всеобщий Сторож). Общее количество датчиков может достигать десятков миллиардов. По оценкам специалистов система может быть введена в эксплуатацию в ближайшие годы. Примеры использования датчиков: охрана любых объектов личного и общественного пользования, контроль параметров в любой точке энергетических сетей, расхода жидкостей и газа в трубопроводах, влажности почвы в сельхозрайонах, прогнозирование наводнений, оползней и т.д., и т.п.

Второй путь свертывания – развитие (главным образом миниатюризация) всех подсистем в составе данной ТС, без вытеснения подсистем в НС.

Особенности этого направления идеализации:

уменьшение М,Г,Э за счет миниатюризации; резкое снижение габаритов (Г) и соответственно уменьшение М и Э;

увеличение ГПФ за счет повышения точности функционирования (уменьшается длина связей – снижается вероятность ошибок, уменьшается требуемая мощность, исчезает часть вредных факторов);

количество элементов системы остается *неизменным* вплоть до самого последнего момента – слияния подсистем в единую функциональную моно-систему.

Наиболее характерный пример мини- и микроминиатюризации в технике – это развитие радиоэлектроники в XX веке. Широко известна следующая иллюстрация этого процесса: "Если бы "ролс-ройс" 50-х годов усовершенствовался такими же темпами, как вычислительная техника, то этот роскошный автомобиль стоил бы сейчас два доллара, имел мотор емкостью в половину кубического сантиметра и потреблял бы тысячную часть кубического миллиметра бензина на километр пути".

Развитие элементной базы шло по пути резкого уменьшения М,Г,Э по цепочке: отдельные детали – сборки – микросборки – интегральные микросхемы (ИМС) – большие интегральные микросхемы (БИС) – сверхбольшие (СБИС). Причем на всем пути элементы принципиально не менялись: это был все тот же набор резистивных, емкостных, полупроводниковых и индуктивных элементов. Лишь в последнее время, в связи с разработкой идей выращивания электронных блоков в виде монокристаллов и сборки на основе биочипов, появились признаки перехода к принципиально новым элементам.

Развитие стиральной машины:

бочка с активатором (электродвигатель, насадка), шланг, крышка;

затем началось присоединение полезно-функциональных подсистем – подогрев, перекачка, модификации активатора, программное управление, отжим-сушка и т.д.;

миниатюризация – машина "Малютка" и др.;

предельный случай: совет из раздела "Умелые руки" – электродрель с насадкой и любой таз с бельем (стиральной машины нет, а функция ее выполняется);

замена механического активатора на ультразвуковой (идея давно используется для отмывки деталей в машиностроении); испытания дали отличные результаты: нужна любая емкость с бельем, порошком, водой в нее опускается небольшая коробочка (УЗ-активатор);

после механических и физических активаторов должен быть переход к "химической стирке" (активатор на микро-уровне).

Свертывание типографии: выбранная книга печатается в присутствии заказчика прямо в книжном магазине. Текст и иллюстрации считываются с оптического диска и за несколько минут распечатываются на лазерном принтере (около 10 тысяч печатных листов в минуту), а затем переплетаются на автоматической переплетной линии. ("Наука и жизнь", 1987, № 6, с.104).

Нанотехнология Эрика Дрекслера: технократическая утопия или закономерный этап развития техники?

Статья Б.Понкратова (с некоторыми сокращениями) "Что будем делать в третьем тысячелетии, или последняя технократическая утопия. ("Техника - молодежи", 1989, № 12, с. 18-22)

Весной 1977 г. студент Массачусетского технологического института Эрик К.Дрекслер высказал идею о необходимости перевода технических систем с макро- на микроуровень, путем создания молекулярных машин – искусственных подобий биологических молекул, работающих в живых клетках.

С конца 70-х годов Э.К.Дрекслер с небольшой группой энтузиастов начал работы по нанотехнологии в Стэнфордском университете.

Вначале были эксперименты с биоподобными структурами: аминокислотами, ферментами (катализаторами биохимических реакций), природными белками и тканями.

Однако вскоре приходит понимание того, что биоподобные структуры (и все, что они могут создать) - это органика, а значит, их возможности ограничены. Они теряют стабильность или разлагаются при повышенных температурах и давлениях, не могут с большой точностью обрабатывать твердый материал, действовать в агрессивных средах и т.п. Да и не все требуемые виды наномеханизмов можно сконструировать из биомолекул. Значит, неизбежно потребуется использовать неорганические вещества и кристаллические структуры.

Кроме того, конструирование биомашин из биологических компонентов потребует изобретения огромного количества новых принципов, способов, устройств и веществ, которые бы обеспечили получение "на выходе" нужных функций.

Поэтому нет смысла отказываться от грандиозной суммы идей и приемов, наработанных в процессе развития техники. Это все то, до чего "не додумалась" природа, начиная с колеса и кончая компьютером. Поэтому Дрекслер в своих работах подробно обосновал способы построения на атомном уровне подшипника и зубчатой передачи, рассмотрел проблемы трения скольжения и т.д.

В то же время без биоподобных структур очень трудно манипулировать отдельными атомами и молекулами. Поэтому наномашины должны соединить в себе свойства живых и технических систем.

Основным типом машин, по мысли Дрекслера, станет так называемый ассемблер, т.е. сборщик. Из любых нужных атомов и молекул он должен уметь строить наносистемы любого назначения – двигатели, "станки", вычислительные устройства, средства связи и т.д. Это будет универсальный молекулярный робот со сменными программами на "перфолентах" типа цепочек РНК или ДНК. Процесс смены программы мог бы напоминать заражение клетки вирусом.

Дрекслер считает, что сборщику для выполнения его задач достаточно иметь порядка 10 тыс. подвижных и неподвижных узлов, каждый из которых построен в среднем из сотни атомов (всего около миллиона атомов - размер, примерно, в одну тридцатую средней бактерии).

Внешне сборщик можно представить как ящик с "рукой"-манипулятором длиной в сотню атомов. Сам манипулятор прост, но может оперировать сменными инструментами любой сложности. Инструментами служат молекулы, имеющие активные реакционные центры, т.е. участки, способные образовывать прочные химические связи с другими молекулами. Внутри сборщика размещены устройства, двигающие манипулятор, заменяющие молекулярные инструменты в его захвате и содержащие программу всех действий.

Как и рибосомы в клетке, сборщики будут работать в емкостях со специальной жидкостью, богатой исходными материалами, молекулами-заготовками, а также "топливом" - молекулами с большим запасом химической энергии.

Видимо, "рука" будет просто ожидать, пока нужная молекула, пройдя через избирательную насадку, в своем хаотическом движении не ударится о захват. По этому принципу работают активные участки всех ферментов. В их структуре есть изгибы, которые по форме и размеру точно соответствуют нужной молекуле - и никакой другой. У быстрых ферментов скорость обработки составляет миллион частиц в секунду при достаточной их концентрации в среде.

Рабочий цикл сборщика, таким образом, может повторяться примерно миллион раз в секунду. Эту оценку можно подтвердить другим, независимым рассуждением: "рука" сборщика примерно в 50 млн. раз короче руки человека, и, значит, если сохранять эквивалент инерционных нагрузок, она сможет двигаться примерно во столько же раз быстрее.

Для практической наноинженерии очень опасны хаотические тепловые колебания атомов и молекул. Они могут помешать манипулятору робота обрабатывать и устанавливать детали с нужной точностью. Правда, в определенных случаях они полезны, например, когда манипулятор "ожидает" случайного наскока молекулы для ее захвата. Но для прецизионных операций тепловые колебания вредны. По этой причине Дрекслер спроектировал очень "толстый" манипулятор (конус 30 нанометров в диаметре и 100 в длину), сложенный из атомов углерода по типу алмазной решетки. Это придаст ему такую жесткость, что его тепловые перемещения не превысят половину диаметра атома.

Управлять сборщиками вручную из-за огромной скорости их работы, конечно, невозможно. Это должны делать нанокомпьютеры, программируемые на каком-нибудь обычном языке управления промышленными роботами.

Для связи с этими крошечными машинами можно использовать нанокомпьютерный интерфейс или передавать команды по радио. Подходящим средством управления наномашинами мог бы стать свет. Можно будет задействовать весь ассортимент известных фотохимических и фотофизических эффектов. Например, свет может изменять форму определенных молекул. Перемещения атомов при этом происходят за триллионные доли секунды. Наконец, свет может стать и источником энергии для наноустройств.

Что касается нанокомпьютеров, то Дрекслер и здесь предлагает использовать механические принципы. Он разработал концепцию вычислительного устройства, в котором двоичный код реализуется двумя фиксированными положениями прочных линейных карбиновых молекул из 7-8 звеньев длиной 1 нм. Эти микроскопические стерженьки скользят в твердой матрице по каналам, пересекающимся под прямыми углами, так что один стерженек может перекрывать (или не перекрывать) путь другому. Трех параллельных каналов, пересеченных четвертым, достаточно, чтобы образовать универсальную логическую ячейку. Набор таких ячеек позволяет реализовать любой процесс вычислений или обработки информации.

Запоминающее устройство емкостью в миллиард байт займет в таком исполнении объем бактерии - один кубический микрон. Длительность вычислительного цикла, то есть время перемещения стерженька из одного положения в другое, при его ничтожных размерах, составит всего 50 пикосекунд. Поэтому быстродействие такой механической системы будет выше, чем у лучших современных микрокомпьютеров.

Возможно ли массовое производство наномашин Дрекслера? Пока это кажется безнадежно нерентабельным. Но это будет только до тех пор, пока в один прекрасный (а может быть, и страшный) день не будет создано самовоспроизводящееся наноустройство.

Всем видам таких устройств Дрекслер дал общее название "репликатор", то есть копировщик. Прислушайтесь внимательно к этому слову. Может быть, когда-нибудь оно обозначит новую эру в жизни человечества. Она начнется, если будет построен один-единственный копировщик. Этого окажется достаточно для такого гигантского переворота во всех областях человеческой деятельности, какого, может быть еще не знала история.

Не слишком ли сильно сказано? Давайте посмотрим.

Итак, построен один копировщик. Допустим, что он в тысячу раз сложнее сборщика, то есть число атомов в нем равно примерно миллиарду. Тогда, работая все с той же более чем умеренной производительностью - миллион атомов в секунду, копировщик соберет собственную копию за тысячу секунд, то есть за четверть часа. Опять-таки эта оценка подтверждается независимым соображением: примерно за то же время в благоприятных условиях делится клетка микроба. Новая копия немедленно приступит к самовоспроизведению, и через 10 часов в растворе со строительными и "энергетическими" молекулами будет плавать уже около 70 млрд. копировщиков, а менее чем за сутки их масса превысит тонну. Эта тонна сверхсложнейших устройств получена в течение суток без всяких затрат человеческого труда. А вторую тонну можно получить уже не за сутки, а... правильно всего за 15 минут – только подавай раствор. Вопрос о цене пожалуй что и отпадает. Немного осмелев и нарастив за неделю – другую нужную массу копировщиков, можно заставить их прямо из самих себя сложить... ну, допустим, мост через Берингов пролив.

Но дело, конечно, не в количественных рекордах. В наступившей "новой эре" исчезнет необходимость и в любом квалифицированном человеческом труде.

Вот, например, Дрекслер подробно описывает, как с помощью копировщиков построить, то есть, простите, вырастить, ракетный двигатель.

Процесс идет в баке, на дно которого помещают подложку – основание. Крышка бака герметически закрывается, и насосы наполняют его вязкой жидкостью, содержащей в виде взвеси копировщики, перепрограммированные на новые функции сборщиков.

В центре подложки находится "зародыш" нанокомпьютер, хранящий в памяти все чертежи будущего двигателя, а на поверхности имеющий участок, к которым могут "прилипать" сборщики из бурлящей вокруг взвеси. Каждый из них получает информацию о назначенном

ему пространственном положении относительно зародыша и приказ захватить своими манипуляторами несколько других сборщиков из взвеси. Они также подключаются к компьютеру "зародыша" и получают аналогичные приказы. За несколько часов в жидкости вырастает некое подобие кристаллической структуры, с мельчайшими подробностями очерчивающей форму будущего двигателя.

Снова включаются насосы, заменяя в баке взвесь сборщиков раствором строительных материалов. Компьютер зародыша отдает команду, и часть составляющих каркас строителей отпускает своих соседей, складывает манипуляторы и также вымывается, оставляя ходы и каналы, которые будут заполнены нужными атомами и молекулами.

Специальные усики оставшихся сборщиков интенсивно гребут, создавая в каналах непрерывный ток жидкости, содержащей "топливо" и исходные материалы и выносящей из рабочей зоны отходы и тепло. Система связи, замкнутая на компьютер зародыша, передает команды каждому строителю.

Там, где требуется наибольшая прочность, сборщики складывают атомы углерода в алмазную решетку. Где критичны тепловая и коррозионная устойчивость, на основе окиси алюминия создаются структуры кристаллической решетки сапфира. В тех местах, где напряжения невелики, сборщики экономят вес конструкции, меньше заполняя поры. И по всему объему будущего двигателя атом за атомом выкладываются клапаны, компрессоры, датчики и т.д. На всю работу потребуется менее суток времени и минимум человеческого внимания.

А ведь в результате, в отличие от обычных двигателей, получилось изделие, которое не имеет не единого шва и выигрывает в массе примерно в 10 раз по сравнению с современными конструкциями. По своей структуре оно, пожалуй, больше похоже на драгоценный камень.

Но это все еще самые простые возможности нанотехнологии. Из теории известно, что ракетные двигатели работали бы оптимально, если бы могли менять свою форму в зависимости от режима. Только с использованием нанотехнологии это станет реальностью. Конструкция, более прочная, чем сталь, более легкая, чем дерево, сможет, подобно мускулам (используя тот же принцип скользящих волокон), расширяться, сжиматься и изгибаться, меняя силу и направление тяги.

Космический корабль сможет полностью преобразиться примерно за час. Нанотехника, встроенная в космический скафандр и обеспечивающая круговорот веществ, позволит человеку находиться в нем неограниченное время, к тому же превратив оболочку скафандра в "умножитель силы". В освоении космоса наступит новая эра.

Но то ли еще начнется на Земле? Сборщики сделают практически все практически из ничего, используя любое "подножное сырье", воду и воздух, где есть главные нужные элементы – углерод, кислород, азот, водород, алюминий и кремний; остальные, как и для живых организмов, потребуются в микроколичествах. Исчезнут вспомогательные производства и вся так называемая "группа А", а предметы потребления будут производиться "прямо на дому".

Нанотехника восстановит озонный слой, очистит от загрязнений почву, реки, атмосферу, океаны, демонтирует заводы, плотины, рудники, запечатает радиоактивные отходы в вечные самовосстанавливающиеся контейнеры. Города и дороги будут расти как трава. В пустынях поднимутся леса фотосинтетических элементов, которые дадут нужное количество электроэнергии, пищевых веществ и универсального биологического топлива - АТФ (аденозинтрифосфатной кислоты). Следы промышленной деятельности почти исчезнут с лица Земли, сократятся сельскохозяйственные угодья, большую часть планеты покроют сады и естественные экосистемы...

Произойдет новая научная революция. Сопоставимые с размерами сборщиков приборы, научное оборудование и натурные модели будут проектироваться и реализовываться в "металле" за считанные секунды. На них одновременно и с огромной быстротой пойдут мил-

лионы параллельных экспериментов любой сложности, результаты которых обобщит искусственный интеллект и выдаст в нужной форме.

Принципиально иным станет образование. Дети получат карманные наноконструкторы, создающие движущиеся модели животных, машин и космических процессов, которыми они смогут управлять. Игровые и учебные наномашины откроют доступ к мировому знанию, разовьют по индивидуальной программе умственные способности.

Неузнаваемо изменится медицина. Последовательно проверяя и если надо "исправляя" молекулы, клетку за клеткой, орган за органом, наномашины вернут здоровье любому больному, а затем просто не допустят никаких заболеваний и патологий, в том числе генетических. Человек будет жить сотни, может быть, тысячи лет.

Труд в современном смысле, то есть " в поте лица", который с незапамятных времен был главным содержанием жизни, перестанет существовать. Потеряют смысл и нынешние понятия стоимости, цены, денег. Как считает Дрекслер, в таком полностью обновленном обществе осуществится настоящая Утопия но не из тех, где дается рецепт коллективного счастья в типовых общежитиях. Наоборот, каждый человек получит максимальное разнообразие вариантов существования, возможность, не мешая другим, свободно избирать и менять образ жизни, экспериментировать, ошибаться и начинать сначала.

Однако, Дрекслер не наивен. Он понимает, что реальная картина нанотехнологического бытия может оказаться не совсем радужной, старается предусмотреть возможные осложнения и наметить выходы...

Концепция Э.Дрекслера – яркий пример разработки идей идеализации техники в "стихийном изобретательстве", образец нахождения и формулирования Достойной цели, остроумного решения научной задачи.

Третий путь – свертывание технической системы в одну из подсистем (главным образом – в рабочий орган).

Свертывание – это последовательное совмещение элементов системы:

- *подсистема принимает на себя выполнение функции какого-либо вещества* ТС (и это вещество исключается из ТС);
- *совмещение двух подсистем в одной* (и одна ПС исчезает);
- *совмещение нескольких ПС в одной*;
- *свертывание ТС в одну из подсистем.*

Подсистемы часто уже обладают свойствами аналогичными свойствам веществ, используемых в данной ТС в другой ее части; остается только вытеснить это вещество, "поручив" выполнение его функции подсистеме. Если же какая-либо подсистема не обладает нужным свойством, ее следует изменить в требуемом направлении.

Несколько примеров:

- в Австралии разработаны солнечные фотоэлектропреобразователи, выполненные в виде черепицы из прозрачного пластика с вмонтированными фотоэлементами; крепление на крыше аналогично креплению керамической, цементной или стальной черепицы;
- в Японии начат выпуск электрических батарей толщиной не более 0,1 мм на твердом электролите; предлагается размещать батареи в самом корпусе устройства или прибора (изготовлять корпус из батарей);
- в Японии выпускаются домашние телевизионные антенны в виде настенного календаря; часть рисунков напечатана металлизированными красками или выполнена из тонкой алюминиевой фольги;
- у нас в стране разработана бытовая электроплита, не имеющая нагревательных конфорок, их роль выполняют днища любой металлической посуды; правда, для этого потребовалось ввести тиристорный преобразователь частоты (с 50 Гц до 20 кГц), ток повышенной частоты подается на первичную обмотку трансформатора, а в качестве вторичной обмотки используется дно посуды, достигнут высочайший КПД – 80 % (традиционный способ – не выше 20%).

При совмещении подсистем какая-то одна из них становится "главной" и принимает на себя выполнение дополнительной функции (от второй ПС). Если одна из ПС является рабочим органом, то именно эта подсистема остается и продолжает совершенствоваться.

Другие ПС как бы "стягиваются" к РО, размещаются в его пограничном слое, сливаются с РО:

- одна из автомобильных фирм разработала приборную панель автомобиля ближайшего будущего - панель монтируется на колонке рулевого колеса, кнопки находятся на таком расстоянии, которое позволяет доставать их пальцами;
- в Японии создан токарный станок с электронным блоком регулирования скорости (исчезли передаточный механизм, зубчатые колеса, валы и муфты), в котором электродвигатель постоянного тока совмещен со шпинделем станка;
- забортный двигатель с электроприводом (Япония, заявка 59-34558); винт с электродвигателем обособлен, максимально сближены и вынесены на консоли за борт;
- встроенный гребной винт (ФРГ, заявка 3312063). Мощный судовой винт должен обладать большим диаметром и малым числом оборотов, в то время как обычный электродвигатель обладает большим числом оборотов и малым диаметром ротора. Поэтому используются громоздкие редукторы и валы, испытывающие значительные знакопеременные нагрузки. Предложено совместить двигатель с рабочим органом - винтом. Ротор двигателя - винт, ступица которого выполнена из постоянных кобальт-самариевых магнитов, статор в виде кольца, охватывающего концы лопастей винта. Достигнуто резкое снижение М, Г, Э, уменьшен шум, несложно поворачивать для изменения направления движения судна. Создается образец с диаметром винта 2,5 м и мощностью 750 кВт.

В измерительных системах РО – это датчик. Поэтому свертывание измерительных ТС идет в направлении слияния всех частей с датчиком. Например, интегральные датчики представляют собой кремниевый кристалл, в котором объединены собственно чувствительный элемент и электронная схема формирования сигнала. Такие датчики обладают меньшими М, Г, Э и большей ГПФ.

Идеализируются (свертываются) даже... тюрьмы. В США ввиду переполненности тюрем в 35 штатах довольно широкое распространение получило содержание лиц, не совершивших тяжких преступлений, под домашним арестом, а для контроля их нахождения дома используются электронные средства. Средства контроля двух типов – активные и пассивные, соответственно за совершившими более или менее серьезные правонарушения. Активные средства представляют собой постоянно работающий передатчик, который вмонтирован в неснимающийся браслет, надеваемый на щиколотку ноги правонарушителя, а в его квартире устанавливаются радиоприемники, которые в произвольное время включаются и передают сигналы по телефонным каналам на ЭВМ в полицейском участке. Масса радиопередатчика 70 грамм. Для его извлечения из браслета требуется специальный инструмент, а при попытке разрезать или снять браслет радиопередатчик начинает излучать специальные сигналы. Прибор пассивного контроля включает ручной или ножной браслет и аппаратуру автоматического запроса.

Еще один сильный пример свертывания двух разнородных подсистем – лампы (излучатель света) и абажура (отражатель света). В США запатентована новая высокоэкономичная электрическая лампа (пат. США 4017758, 1978, кл. 313-112). На внутреннюю поверхность колбы нанесен тончайший слой серебра, заключенный между двумя слоями двуокиси титана, которые не задерживают видимый свет, но отражают инфракрасные лучи. Это прозрачное зеркало имеет такую кривизну (колба в форме эллипсоида), что ИК-лучи фокусируются на нити накала и разогревают ее – требуется в 2 раза меньше энергии при том же световом потоке.

Абажур (вспомогательная подсистема) оказался внутри лампы, поближе к рабочему органу. Здесь, в пределах, ограниченных колбой лампы, нет освещаемого (обрабатываемого) пространства, поэтому РО – нить накала, изделие – свет. Поглощенная подсистема располо-

жилась на пограничном слое внутренней поверхности колбы. Высокая эффективность этого изобретения была оценена даже в Минэлектротехпроме СССР. Зам. министра, например, так "бичевал" собственные просчеты ("Изобретатель и рационализатор", 1980, № 8): "Можно привести пример с электрической лампочкой, созданной недавно в США и потребляющей при том же световом потоке в 2 раза меньше энергии. Мы прозевали создание такой лампочки. Но по материалам патентных фондов еще 3-4 года назад можно было определить направление интенсивных поисков зарубежных исследователей и предвидеть достигнутый результат. Если бы это было сделано вовремя, создание принципиально нового источника света мы смогли бы внести в план исследовательских работ и иметь сейчас подобную лампочку".

Некомпетентность этого заявления очевидна: если патентные материалы "подсказывали" это решение еще несколько лет назад, то почему его изобрели не у нас?

Изобретение сделано в полном соответствии с одним из законов отечественной теории изобретательства. Оно должно было появиться намного раньше зарубежных разработок.

Более того, если бы специалисты заглянули в отечественный фонд изобретений (кл. H01K), то обнаружили бы, что первый шаг в этом направлении сделан именно в СССР: – пат. СССР 3284, 1925 г., П.В.Бехтерев. "Электрическая лампа накаливания с рефлектором внутри". Вот краткое изложение рассуждений автора изобретения. В существующих лампах свет распределяется нерационально, т.е. излучаемая световая энергия используется плохо. Этот дефект в значительной мере исправляется применением надлежащих абажуров за счет явления отражения света от внутренней поверхности абажура. Однако эмалированные железные абажуры отражают свет слабо, а зеркальные, вследствие легко возникающего потускнения и прочих причин, не могут считаться вполне практичными. Внутри же лампы нет ни пыли, ни мух, ни окислительных газов. Автор предлагает помещать внутрь колбы рефлекторы разных типов: параболический (как прожектор - сноп света), выпуклый, вогнутый, декоративный, и даже – голофановый; последний представляет собой в поперечном сечении призмы голофана – в виде сложенных рядом и изогнутых треугольных призм из прозрачного стекла, причем, поверхность, обращенная к нити накала гладкая, а наружная – ребристая, этим достигается полное внутреннее отражение.

То есть, прогрессивная идея совмещения отражателя с лампой и придания отражателю определенной геометрической формы высказана давно, еще в начале периода массового применения электрической лампы.

Пат. США 2859336 (1958) – лампа с теплоотражающим экраном, фокусирующим излучение на вольфрамовой нити; однако при температуре 2600-30000К вольфрам начинал испаряться и оседать на колбу, колба затемнялась.

Пат. ФРГ 2790151 (1975) – для снижения температуры вольфрамовой спирали внутрь ее помещают материал, излучающий видимый свет при нагревании.

А.с. СССР 202326 – с той же целью на стержень из нитрида алюминия нанесен вольфрамовый порошок.

В этих изобретениях попытались использовать "вредную" энергию ИК-лучей на дополнительный разогрев спирали и сразу же натолкнулись на ограничение по предельной температуре вольфрама (до его испарения). Выгоднее не поднимать температуру, а снизить количество энергии, потребной для разогрева спирали. Для этого необходимо увеличить процент начального излучения в ИК-области и соответственно снизить в видимой.

Пат. Франции 2253273 (1973) – тело накала расположено внутри прозрачного в видимой области света баллона с экраном, отражающим ИК-излучение на это тело накала. В этой лампе тело накала излучает вначале 5-10 % видимого излучения и 90-95 % ИК-излучения, поэтому температура быстро возрастает и мощность видимого излучения увеличивается.

В пат. США 4017758 – колба в виде эллипсоида и нить накала расположены в одном фокусе эллипсоида, т.е. значительная часть тепловой энергии рассеивается.

В пат. США 4160929 (1978) предложена сферическая колба (меньшая, чем у эллипсоида, площадь поверхности и один фокус), в центре которой помещено малогабаритное тело

накала. Тело накала должно быть малогабаритным, т.к. центр сферы – точка. Такое тело накала ограничивает мощность лампы.

А.с. 1023451 (1983) - электрическая лампа накаливания, содержащая колбу из оптически прозрачного материала в форме эллипсоида вращения с нанесенным на ее внутреннюю поверхность, отражающим инфракрасное и пропускающим видимое излучение, и установленное в ней тело накала в виде спирали и отражатель, имеющий форму, подобную форме колбы и обращенный вогнутой стороной к телу накала, отличающийся тем, что с целью повышения КПД излучения, указанный эллипсоид образован вращением эллипса относительно меньшей оси симметрии, а тело накала выполнено тороидальным и установлено так, что оно охватывает кольцевую линию фокусов (рис. 39).

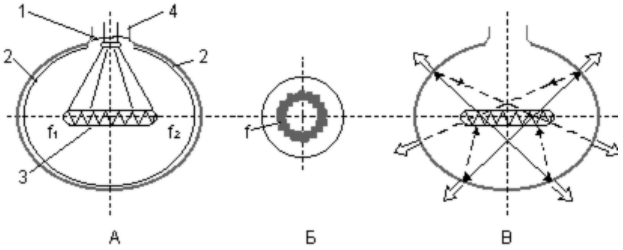


Рис. 39. Электрическая лампа накаливания по а.с. 1023451:
1 – отражатель, 2 – внутреннее покрытие, 3 – тело накала,
4 – колба.

При вращении эллипса множество фокусов f_1 и f_2 (рис. 39 а) образуют кольцевую линию f (рис. 39 б). Спираль охватывает f.

При включении тело накала излучает видимые и невидимые (тепловые) лучи. Тепловые лучи изображены сплошной линией (рис. 39 в), отраженные – одной пунктирной. Видимые лучи, которые выходят за пределы колбы, изображены двойной линией.

Отраженные тепловые лучи возвращаются к телу накала в другом фокусе в виде дополнительного источника нагрева. Такое же распространение лучей повторяется в любом осевом сечении по длине спирали.

А.с. 1083253 (1984) – электрическая лампа накаливания, в которой с целью повышения световой отдачи и снижения требований к точности ее изготовления, в другом фокусе колбы установлен элемент, имеющий коэффициент поглощения ИК-излучения не менее 0,9 и температуру плавления не менее 20000К (рис. 40).

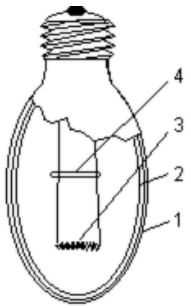


Рис. 40. Электрическая лампа накаливания по а.с. 1083253:
1 – колба, 2 – покрытие, 3 – тело накала, 4 – элемент для поглощения в ИК-области.

В качестве материала для элемента 4 может быть использован прессованный силицид бора, карбид или нитрид кремния с температурой плавления около 30000К. При разогреве он излучает дополнительный свет без подвода дополнительной энергии.

Здесь второе тело накала – диэлектрик. Может быть вообще для вольфрамовой нити оставить лишь роль излучателя ИК-энергии? Т.е. разделить функции между двумя веществами и тем самым исключить проблему испарения вольфрама.

А.с. 1100658 (1984) – лампа накаливания, в которой тело накала окружено сеткой, поглощающей ИК-излучение и испускающей видимое, причем соотношение объемов сетки и баллона 1:4-1:30, а тела накала и сетки 1:3-1:10; размеры отверстий в сетке 35-80 мкм; сетка выполнена из окислов металлов и обладает в ИК-области чернотой 0,4-1,0.

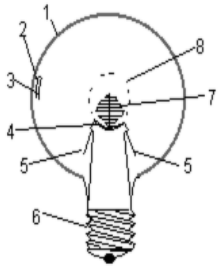


Рис. 41. Электрическая лампа накаливания по а.с. 1100658:
1 – баллон, 2 – шероховатая структура, 3,4 – отражающие ИК-экраны, 5 – тоководы, 6 – цоколь, 7 – тело накала, 8 – окисная сетка.

Лампа накаливания (рис. 41) работает следующим образом. Тело накала, разогретое до 2600-30000К излучает 4-9 % видимого и более 90 % ИК-излучения. Окружающий газ, например, ксенон, передает тепло на сетку 2.

Окисная сетка состоит из окислов циркония, тория или гафния с церием, которые поглощают ИК и излучают видимый свет. При отверстиях в сетке менее 35 мкм увеличивается УФ-, а при размерах более 80 мкм увеличивается ИК-излучение. Шероховатый слой на внутренней поверхности колбы – для рассеивания света.

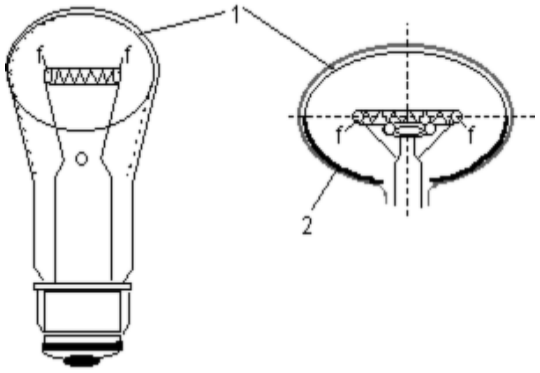


Рис. 42.Электрическая лампа накаливания по а.с. 1309120:
1 – покрытие, отражающее ИК-излучение, 2 – зеркальное покрытие.

А.с. 1309120 (1987) - лампа накаливания, в которой для повышения КПД внутренняя отражающая поверхность колбы образована вращением двух соединенных между собой противоположно направленных отрезков парабол, имеющих общую ось и общий фокус, расположенный на пересечении оси парабол и кольцевой линии фокусов, причем на остальную часть отражающей поверхности нанесено зеркальное покрытие (рис. 42).

Четвертый путь свертывания ТС – замена ТС идеальным веществом.

Свертывание ТС в вещество (системы нет, а функция ее выполняется веществом) или, что то же самое идеализация вещества до уровня технической системы (вещество, усложняясь, принимает на себя выполнение все большего количества функций, вплоть до выполнения функции целой ТС) может идти в несколько этапов:

• *замена одним веществом функций двух или нескольких веществ;*

• *замена нескольких ПС одним универсальным веществом;*

• *замена ТС идеальным веществом (ИВ).*

Об этих этапах достаточно полно рассказано в предыдущих разделах.

Здесь же только отметим, что к основным свойствам ИВ следует отнести:

• *высокое значение выполняемой ГПФ;*

• *самоорганизация;*

• *самостоятельность отклика на изменения во внешней среде (не требуется внешнее управляющее воздействие).*

Прогностическое развитие ТС (направленная "идеализация вещества") возможно, например, при помощи *оператора идеализации*: из подсистемы последовательно исключаются вещества с передачей их функций какому-либо одному веществу, а затем в это вещество свертывается вся подсистема.

Рабочий орган, как наиболее интенсивно развивающаяся часть системы, сильнее других "притягивает" к себе ближайшие вещества и подсистемы.

Например, в системе "Винтовка" рабочий орган – пуля. Ближайшая ПС – ствол. Одна из функций ствола выполняется нарезкой – сообщение вращения. Передадим функцию нарезки рабочему органу – самой пуле. Пример решения: использовать пулю-турбинку, с лопастями из материала с эффектом памяти формы, которые раскрываются от тепла пороховых газов и раскручивают пулю при вылете из ствола, в полете пуля охлаждается и лопасти складываются. Другая функция ствола – отвод избыточного тепла. Пример решения: пуля выполняется из КПМ, пропитанного испаряющимся при определенной температуре веществом, причем поры могут быть открыты только с тыльной стороны.

Закон неравномерности развития систем

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

Неравномерность развития частей системы является причиной возникновения технических и физических противоречий, и, следовательно, изобретательских задач. Например, противоречие характерное для сегодняшней электроники: дальнейшее уменьшение размеров электронных устройств сдерживается главным образом размерами элементов (или блоков) питания.

К началу века окончательно определились пороки ламп с угольной нитью. Угольная нить быстро разрушалась, ограничивала температуру накала и яркость свечения. Для увеличения ГПФ требовалась нить из какого-то тугоплавкого металла. А.Лодыгину удалось сделать нить из вольфрама и продемонстрировать такую электролампу на Всемирной выставке в Париже в 1900 г. Однако металлургам не удалось тогда создать технологию производства тонких вольфрамовых нитей. В Германии была запатентована и осуществлена технология получения нитей из другого тугоплавкого металла – тантала. Было организовано серийное производство. Но по качеству (прочности, долговечности) с вольфрамом не мог соперничать не один металл. Поэтому в конце концов (через несколько десятилетий) технология производства нитей из вольфрама была разработана и вся электроламповая промышленность перешла на лампы с вольфрамовой нитью.

Изменение в одной части ТС приводят к цепной реакции технических решений – рано или поздно происходят изменения во всех частях ТС.

Закон справедлив на всей линии развития технической системы.

В период развертывания ТС, из-за неравномерности развития, возникающие противоречия разрешаются путем создания новых полезно-функциональных ПС система постепенно обрастает множеством подсистем и увеличивает ГПФ.

В период свертывания ТС возникшие противоречия разрешаются путем исчезновения ПС, ТС – их функции передаются соседним системам или их заменяет идеальное вещество

("умное", запрограммированное на выполнение функции, которую выполняла до этого целая ПС или ТС).

Механизм возникновения неравномерности:

- возникает потребность в увеличении ГПФ,
- для увеличения ГПФ требуется усилить (выделить) какое-то свойство элемента системы – это начало специализации элемента, дифференциации свойств в системе (как в начале техники лежал процесс выделения из моно-структуры рабочего органа, трансмиссии и т. д.),
- при усилении одних свойств элемента нарушается взаимодействие (согласованность) с другими элементами, возникает противоречие,
- противоречие разрешается появлением новых П, В, ПС или ИВ, этим достигается новый уровень согласованности между элементами системы – краткий миг гармонии в "жизни" системы (точка равновесия).

Равновесие – термодинамическое понятие. Поэтому часть принципов термодинамики (и современной синергетики) вполне подходит для объяснения процессов неравномерного развития техники.

Например, *принцип (теорема) Онсагера*: движущая сила любого процесса – это появление неоднородности в системе. Л. Онсагер (американский физик) сформулировал теорему в 1931 году для термодинамических систем, в которых имеются градиенты температуры, концентраций компонентов, химических потенциалов и т. д. (тогда возникают необратимые процессы теплопроводности, диффузии, химической реакции). Технические системы, в этом смысле, следует отнести к неравновесным термодинамическим системам – в процессе совершенствования в ТС всегда имеются неравномерно развитые части.

Совершенствование ТС – это следствие творческой деятельности человека. *Смысл творчества – повышение степени организованности и управляемости окружающего мира (с точки зрения человека и общества)*. Развитие материи – это два встречно-направленных великих процесса: процесса развития и самосовершенствования живого вещества и процесса деградации – энтропии неживого вещества.

Из второго начала термодинамики следует, что при увеличении степени организованности материи в одном месте, тут же возрастает степень дезорганизованности (энтропии) в другом месте. Любое прогрессивное изменение вызывает где-то и регрессивное. Творчество (созидание) является причиной деградации в другой части. Усиление системности, преобладание системообразующих факторов сопровождается распадом или ухудшением функционирования других систем... Великая задача жизни (цивилизации) – повышать организацию внутри за счет деградации вне сферы жизни.

Движущей силой развития техники, в конечном счете, является развивающаяся жизнь, движение живой материи. Собственно, техника есть только средство (скорее всего, временное!) для достижения целей (каких?!) развития живого...

Закон перехода в надсистему

Развитие системы, достигшей своего предела, может быть продолжено на уровне надсистемы.

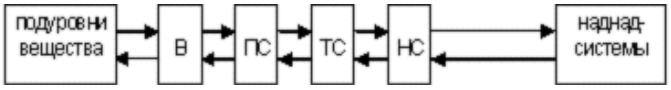
Один из путей такого перехода: *технические системы объединяются с образованием би- и поли-систем.*

Объединение систем в надсистему выгодно для ТС:

- часть функций передается в НС (например, ремонт телевизоров в одной мастерской),
- часть подсистем выводятся из ТС, объединившись в одну, становятся частью НС (коллективная антенна вместо десятков индивидуальных).

У объединенных в НС систем появляются новые функции и свойства (высококачественное кабельное телевидение от одной квартальной или поселковой антенны, плюс возможность организации видеосвязи по тем же кабелям).

Возникшие би- и поли-системы также не останавливаются "на достигнутом" – их развитие идет как "вверх" (образование еще больших наднадсистем), так и "вниз" (свертывание нескольких систем в одну систему или, даже, в идеальное вещество). Такой двухсторонний, встречный процесс можно изобразить следующим образом:



Развитие техники в чем-то напоминает развитие жизни на Земле: объединение живых организмов во все большие надсистемы по цепочке: "клетка – организм – популяция – экосистема – биосфера", совмещение функций (лист растения совмещает в себе функцию преобразователя солнечной энергии в химическую, функцию насоса, поддерживающего давление в капиллярах, функцию регулятора температуры, функцию кладовой питательных веществ; печень выполняет более 20 функций), а также свертывание систем с полезной функцией в идеальное вещество (например, система передачи наследственной информации сначала была "отработана" на клеточно-организменном уровне, а затем "свернулась" в генетический аппарат). Но есть и принципиальные отличия. Американский биолог К.Саган приводит (Драконы Эдема, М.: Знание, 1986, с.28) такой пример: "Каждый из "Викингов" – космических аппаратов, опустившихся на Марс в 1976 году, имел в своих компьютерах заранее запрограммированные инструкции объемом в несколько миллионов битов. Таким образом, "Викинг" обладал несколько большей "генетической информацией", чем бактерия, хотя и значительно меньшей, чем водоросли."

Это действительно так: по сложности, точности и эффективности работы с бактерией можно сравнить, например, космического робота "Викинг", а с "нормальной" клеткой живого организма сравнивать надо, пожалуй, завод по сборке этих "Викингов". Таким образом, наиболее близкими прототипами современной техники могут быть лишь очень древние организмы, да некоторые самые простые "подсистемы" ныне существующих животных. О прямой аналогии биологических и технических законов говорить нельзя, есть лишь некоторые общие черты, характерные для развития любых систем.

К таким наиболее общим закономерностям развития относится ***закон перехода в надсистему***. Рассмотрим основные особенности его проявления в развитии техники (рис. 22).

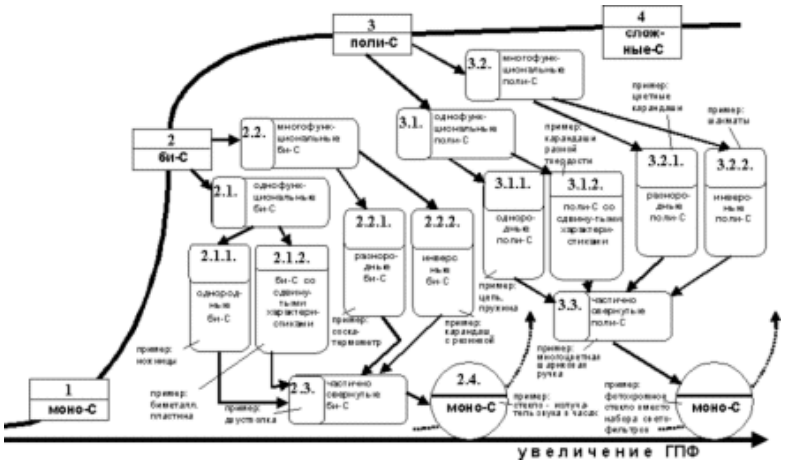


Рис. 22. Один из механизмов перехода в надсистему – переход "моно-би-поли".

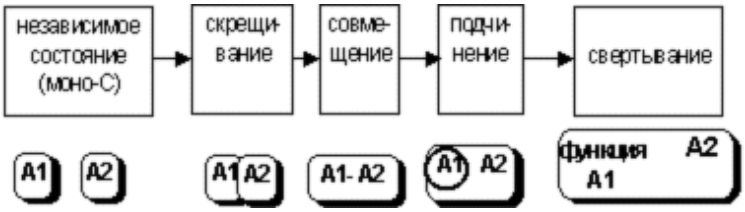
Исходная единичная система (**моно-система**) удваивается с образованием **би-системы** (би-С) или, при объединении нескольких систем, **поли-системы** (поли-С). Объединяться могут не только одинаковые (*однородные*) системы, но и системы *со сдвинутыми* (чуть отличающимися) характеристиками, а также *разнородные* (с разными функциями) и *инверсные* (с противоположными функциями) системы. Во всех случаях объединение и слияние систем идет по одним и тем же этапам.

Переход моно-би-поле может осуществляться в любом периоде развития и справедлив для любого уровня иерархии ТС (над-, под-системы, вещество).

При образовании би- и поли-систем происходят качественные изменения по трем параметрам: *свойства*, *связи*, *внутренняя среда*. В этом и состоит главный смысл применения перехода моно-би-поли – количественные изменения (объединение систем) оправданы только в случае появления новых качеств.

Образование и развитие би-систем.

Последовательность образования и развития би-С может быть следующая:



При образовании би-системы возникает новое свойство (сверхсвойство, неожиданная прибавка), появляющаяся только в данной объединенной системе, – важнейший признак правильно совершенного перехода моно-би-поли.

Например, нож (моно-С) имеет одни свойства, а у ножниц (нож + нож = би-С) появляется новое свойство, которого нет у двух отдельно взятых ножей.

Если металлическую пластинку с одним коэффициентом линейного расширения соединить *параллельно* с пластинкой, имеющей другой коэффициент линейного расширения, получится биметаллическая пластинка (би-С со сдвинутыми характеристиками) с новым свойством – изгибаться при нагревании. Если *последовательно* соединить пластинки с противоположными коэффициентами расширения (отрицательным и положительным), получится инверсная би-С, обладающая новым свойством – нулевым коэффициентом расширения.

С появлением скоростных бронированных самолетов (результат блестяще разрешенного С.В.Илюшиным противоречия - броня как несущая нагрузку конструкция) развилась также и противоположная система - стали применяться бронебойные пули калибра 7,62 и 12,7

мм. Возникло новое сильное противоречие: для защиты от этих пуль нужна была броня толщиной 15 и 35 мм и весом 120 и 280 кг каждого квадратного метра соответственно. Самолет с таким "панцирем" не мог обладать нужной скоростью. Это противоречие разрешили переходом к би-системе: броню сделали из двух тонких листов с воздушным промежутком; пуля, ударив в первый лист, начинала кувыркаться, а то и ломалась о несимметричные контуры сделанной ею же пробоины, за первым листом шел второй, который пуля пробить уже не могла ("Техника и наука", 1986, № 1, с. 47).

В 1921 г. Л.С.Термен, создавая свой электромузыкальный инструмент (термен-вокс), столкнулся с ТП: инструмент должен генерировать звуки в слышимом диапазоне частот, но тогда он будет гудеть и во время пауз, и до начала игры; не щелкать же то и дело выключателем. Он нашел остроумный выход - создал би-С со сдвинутыми характеристиками: в установке было два генератора высокой частоты (например, 100 и 102 кГц – не воспринимаемые человеком частоты) и детектор, выделяющий разницу между этими частотами (2 кГц в слышимом диапазоне), причем, выделялась эта разница только в момент игры.

Для увеличения скорости перемещения захвата робота нужна эффективная система торможения, чтобы захват не ударился в конце цикла движения о стойку. Существует простая система торможения: захват при торможении давит на поршень, который вытесняет масло из камеры через узкую щель. Кинетическая энергия при этом гасится, но через некоторое время масло разогревается, вязкость его падает и оно продавливается через щель без особого сопротивления. По пат. США 3791494 предложено выполнить щель в виде самоуправляемой би-системы со сдвинутыми характеристиками: щель образована двумя элементами с разными коэффициентами термического расширения, которые при нагреве масла сами уменьшают площадь щели и общее сопротивление остается постоянным.

Еще один пример появления нового свойства при параллельном соединении однородных систем со сдвинутыми (чуть отличающимися) характеристиками двух электродвигателей для привода сверлильного станка.

Обычные автоматические сверлильные станки нуждаются в регулировке подачи при изменении диаметра сверла, скорости его вращения или материала. Фирма "Десуттер" (Великобритания) разработала сверлильный станок, который сам выбирает требуемую подачу в зависимости от этих параметров и не требует переналадки при смене типа обрабатываемых деталей (рис. 23).

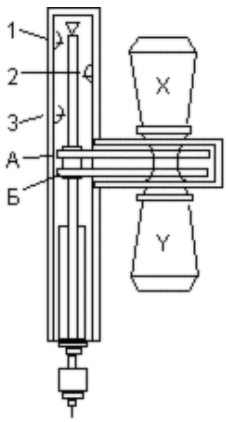


Рис. 23. Схема автоматического сверлильного станка.
1,2,3 - микропереключатели; А,Б - шкивы; X,Y - электродвигатели.

Станок состоит из ходового винта, двух шкивов, каждый из которых связан ременной передачей с отдельным электродвигателем и набора управляющих микропереключателей. Шкив "А" закреплен на винте жестко и, вращаясь, приводит его во вращение. Шкив "Б" смонтирован на резьбе ходового винта и представляет собой гайку, перемещающую винт возвратно-поступательно. Электромоторы "Х" и "У", связанные ремнями соответственно со

шкивами "А" и "Б", вращаются в одном направлении, но скорость вращения мотора "У" на 20 процентов меньше. Величиной перемещения ходового винта управляют микропереключатели 1, 2, и 3.

В начале работы включается мотор "Х", обеспечивающий подвод сверла к детали за счет вращения ходового винта в неподвижном шкиве-гайке "Б". Когда срабатывает микропереключатель 2, включается электромотор "У". Благодаря разнице скоростей вращения шкивов "А" и "Б" скорость подачи сверла снижается до одной пятой первоначальной скорости подвода.

Когда сверло касается детали, скорость вращения электромотора "Х" уменьшается, а скорость электромотора "У" остается прежней. Уменьшенная разница скоростей снижает величину подачи сверла до такой, при которой мотор "Х" обладает еще достаточным усилием, чтобы поддерживать эту скорость. Соответствие крутящего момента и скорости подачи обеспечивает оптимальные условия сверления.

Если в процессе работы сверло забивается стружкой и скорость его вращения уменьшается более чем на 20 процентов, шкив "Б" начинает вращаться быстрее ходового винта, который при этом автоматически отводится, очищая сверло. Общее управление станком производит микропроцессор.

Сверлильные головки с саморегулирующей подачей оказались особенно выгодными при сверлении отверстий в деталях, имеющих внутренние пустоты или состоящих из слоев различных материалов. При обработке таких деталей было достигнуто пятикратное уменьшение времени сверления.("Изобретатель и рационализатор" 1984, №3, с. 28).

Образование разнородных би-систем более эффектно, чем однородных. В однородных би-системах осуществляется всегда одна функция, в разнородных – две. Примеры: соска-термометр, "стереофены" (сушилка для волос в парикмахерских со встроенными стереонаушниками).

Однако, не всякое соединение разнородных систем в одну систему дает новое свойство.

Примеры:

А.с. 71918: цилиндрический пенал с приспособлением для умножения в виде таблицы Пифагора.

А.с. 74300: стакан для карандашей с календарем.

А.с. 577142: карандаш комбинированный с циркулем; то же: пат. ФРГ 1111983.

Настольная лампа с часами, и т.д.

В этих изобретениях нет ничего изобретательского, лишь небольшой материальный выигрыш (экономия материалов) на уровне рационализаторского предложения.

Вот еще пример простого механического комбинирования - соединение инверсных элементов в би-систему без появления нового качества:

а.с. 1227511 комбинированный механический карандаш с укрепленным вверху на шарнире стаканом со стирающим приспособлением (на шарнире для удобства пользования).

Еще в конце Х1Х века в США был аннулирован патент, выданный на карандаш с ластиком на конце. Суд признал запатентованное изобретение простой агрегацией известных ранее элементов (карандаша и ластика), поскольку отсутствовало их взаимодействие и в своем сочетании они давали суммарный, а не качественно новый эффект. ("Изобретатель и рационализатор", 1979, № 8, с. 39).

Как появляется новое свойство в би-С? *Объединять системы надо таким образом, чтобы "стыковка" свойств элементов происходила в двух направлениях: часть свойств складывалась, взаимоусиливалась (это будущее новое системное свойство), другая часть свойств гасилась, вычиталась, взаимонейтрализовалась.* В итоге, системное свойство выступает на первый план, становится преобладающим, играющим главную роль в "жизни" новой системы. Системное свойство может появиться из сочетания (содействия) ранее незаметных или нейтральных свойств элементов, тогда его появление становится еще более неожиданным.

Поясним это на простейшем примере. Представьте, что вам понадобилось перегородить мелкий ручеек с помощью валяющихся рядом кирпичей. Лежащие перед вами кирпичи - это "куча", пока еще не система. Вот вы поставили один кирпич на длинную грань поперек ручейка, ручеек начал обтекать кирпич с двух сторон - эти короткие грани кирпича и есть те самые вредные ("плохие", ненужные вам сейчас) свойства. Чтобы "уничтожить" эти свойства, вы приставляете с двух сторон еще по кирпичу и "вредные" грани исчезли! Только что у трех кирпичей было шесть коротких граней и вдруг стало только две, а четыре остальных взаимно нейтрализовались, при этом полезное свойство (перегораживать поток) усилилось, т.к. нужные для нас свойства сложились вместе.

Такое "сложение-вычитание" полезных и вредных свойств характерно не только для однородных би- и поли-систем. В наибольшей степени этот системный эффект проявляется при образовании инверсных систем. Возьмем, например, всем известный железобетон. Это типичная би-С на уровне вещества: стальная арматура хорошо работает на растяжение, бетон - на сжатие, т.е. положительные свойства дополняют друг друга, отрицательные же свойства взаимно компенсируются - бетон защищает сталь от коррозии, а сталь не дает рассыпаться бетону.

На некоторых производствах встречается такая ситуация: по одним трубам подают щелочную жидкость и из нее откладывается на стенках осадок (труба "зарастает"), по другим трубам подают кислую жидкость, которая постепенно разъедает стенки труб. Объединение труб в би-систему так и напрашивается. По а.с. 235752 предложено подавать по каждой трубе поочередно то кислоту, то щелочь, кислота разъедает осадок, а щелочная жидкость создает защитный слой.

В а.с. 950241: теплицу предложено сделать из двух отсеков, один со светопрозрачным потолком, предназначенный для растений, выделяющих кислород, а другой - затемненный - для растений, выделяющих углекислый газ, новое свойство - из отсека в отсек газы перетекают сами, без вентиляторов, кроме того, при определенном соотношении растений в отсеках теплицу можно сделать абсолютно герметичной (например, для космических станций). Теплицу можно объединить и с жилым домом: углекислый газ и тепло будут поступать в теплицу, а обогащенный кислородом воздух - в помещения.

А.с. 728941: предложен валик для нанесения лакокрасочных покрытий, ворсинки которого сделаны из двух разнородных материалов, сообщающих частицам краски противоположные заряды статического электричества, частицы лучше слипаются в ровный слой, образуется более качественное покрытие.

Еще два примера на образование инверсных би-систем.

А.с. 1260570: крепежное устройство с индикацией затяжки по а.с. 496384, отличающийся тем, что с целью упрощения измерения усилий затяжки и контроля за их изменением во времени, оно снабжено дополнительным индицирующим элементом в виде пластины-датчика из оптически-активного материала, расположенным под поляроидной пленкой и связанным с основным элементом через прокладку из упругопластичного материала, при этом дополнительный элемент выполнен с интерференционной картиной, противоположной по знаку интерференционной картине на основном элементе, соответствующей заданному моменту затяжки.

А.с. 615927: способ наблюдения и защиты при сварке и резке преимущественно для ручных видов обработки, при котором отражатели устанавливают навстречу один другому вертикальными поверхностями, а их фокусные центры смещают, отличающийся тем, что с целью повышения безопасности при работе сварщика, один из отражателей размещают на шлеме сварщика, а другой на электрододержателе и фокусный центр второго отражателя совмещают с направлением взгляда сварщика на место сварки.

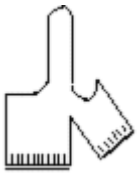


Рис. 24. Чертежное *перо по а.с. 1266755.*

В частично свернутых би-системах часть подсистем заменяется одной. Например, в катамаране - один парус на две лодки; в двустволке - один приклад на два ствола; двойное чертежное перо с одним хвостовиком (рис. 24) и т.д. В полностью свернутых би-системах одна из подсистем (или вещество) выполняет функцию всей системы.

Возьмем, например, простую оптическую систему линзу (моно-С) и "проведем" ее по всей схеме развития би-систем.

Шаг 2.1.1 - очки (новое свойство - объемное зрение, чего нет у монокля), 2.1.2 – бифокальные очки (очки для "близко-далеко"), линзы состоят из двух половинок с разным фокусным расстоянием), здесь две моно-С соединены параллельно. При последовательном соединении линз со сдвинутыми характеристиками образуется совершенно новая ТС: например, окуляр плюс объектив дают простейший телескоп или микроскоп. 2.2.1 – линзы плюс призмы (бинокль); или линзы плюс зеркало (зеркальный телескоп). 2.2.2 - линза плюс диафрагма (объектив фотоаппарата). Переход 2.1.1 - 2.3 – линза с изменяемой геометрией (жидкое оптически активное вещество в гибкой оболочке), переход 2.2.2 - 2.3 – очки "хамелеон", 2.4 – объектив фотоаппарата: линза с изменяемой геометрией и с нанесенным на поверхность черным электрохромным (или жидкокристаллическим) слоем, который становится прозрачным при подаче на него электрического потенциала; полноценный искусственный хрусталик.

Примером сильно свернутой оптической системы может служить изобретение по а.с. 1211599. Для точного определения угла поворота какого-либо объекта предложено укреплять на нем прозрачную пластинку с голографической записью всех возможных углов (в градусах и минутах). Через пластинку-голограмму пропускают луч света (от лазера), который преломляясь, в пластинке, высвечивает на экране угол поворота прямо в цифровой информации без измерителей угла, без считывающих и преобразующих устройств, без электронных индикаторов и пр.

Еще один хороший пример свертывания разнородных систем - лампы (излучатель света) и зеркала (отражатель света). В США разработана новая экономичная лампа. На внутреннюю поверхность колбы нанесен тончайший слой серебра, заключенный между двумя слоями двуокиси титана, которые не задерживают видимый свет, но отражают инфракрасные лучи. Это прозрачное зеркало имеет такую кривизну, что ИК-лучи фокусируются на нити накала и разогревают ее - в результате требуется в два раза меньше энергии при том же световом потоке ("Наука и жизнь", 1978, № 2).

Би-системы возникают не обязательно из двух систем, иногда выгодно (проще) превратить в би-С одну моно-систему разделив ее на две одинаковые и соединив их определенным образом. Выигрыш тот же - новые свойства и качества, исключение вредных свойств, решение изобретательской задачи.

Например, идея нового дуршлага ("Изобретатель и рационализатор", 1989, № 1, с. 27), отверстия которого образованы перпендикулярно составленными щелями двух пластин (рис. 25). Теперь не потребуется возится с прочисткой каждой дырочки - одна из пластин легко вынимается.

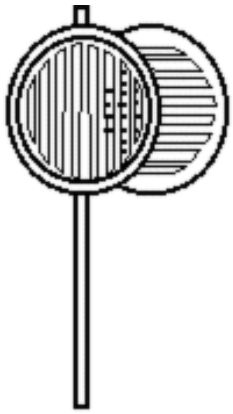


Рис. 25. *"Би-системный" дуршлаг.*

Разделение моно-С часто происходит под действием внешних факторов и это та же динамизация (вводится шарнир).

Так, идея трактора с новым принципом поворота была найдена Ф.А.Блиновым, когда он работал механиком на колесном пароходе "Геркулес". Паровой "Геркулес" вез товары из Астрахани в Нижний Новгород на ярмарку. В пути лопнул главный вал, на который работали два цилиндра паровой машины. Положение создалось критическое: хозяину груза грозило разорение. Блинов нашел остроумное решение. Он предложил место излома зачистить и поставить подшипник. В результате каждый из двух цилиндров машины стал самостоятельно работать на свое гребное колесо. Ход от этого не убавился а маневренность значительно улучшилась. Такой принцип поворота и был положен в основу трактора на гусеничном ходу ("Привилегия 2245 крестьянину Федору Блинову на особого устройства вагон с бесконечными рельсами для перевозки грузов по шоссейным и проселочным дорогам" - "Техника - молодежи", 1989, № 2, с. 63).

Новые свойства в би-системах возникают и при "движении" системы по цепочке шагов 2.1.1 – 2.1.2 – 2.2.1 – 2.2.2., т.е. в сторону увеличения различия между элементами.

Например, переход от цилиндрической (однородной) пружины к пружине из элементов со сдвинутыми характеристиками по а.с. 1190110: пружина сжатия-растяжения содержащая витки, отличающийся тем, что с целью увеличения прогиба винта витки имеют диаметры двух разных размеров, чередующихся между собой, для выравнивания несущей способности витки меньшего диаметра с внутренней стороны срезаны продольной плоскостью и площадь среза уменьшается до диаметра витка пружины. Кроме увеличения ГПФ получено новое свойство: при полном сжатии пружина занимает вдвое меньше места, чем цилиндрическая с тем же числом витков. А чтобы меньшие витки не были жестче больших, на первых изнутри снята лыска (рис. 26).

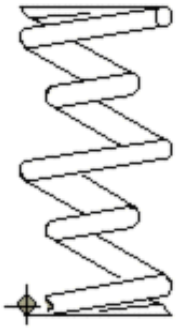


Рис. 26. Пружина по а.с. 1190110.

Эстонский изобретатель оптических приборов Бернхард Шмидт начал в 1930 году работу над усовершенствованием телескопа-рефлектора с параболическим зеркалом. Постепенно он приходит к мысли, что для борьбы с параболической аберрацией - комой ("волосы") – надо отказаться от параболического зеркала и перейти к сферическому (его и изготавливать проще). Но в сферических зеркалах не менее худший недостаток – сферическая аберрация, из-за которой в свое время и перешли к параболическим зеркалам. Это противоречие ему удалось разрешить переходом от моно-С к би-С из инверсных элементов: он вносит в оптическую систему рефлектора аберрацию равную по величине, но противоположную по знаку сферической аберрации главного зеркала. Осуществляется это просто: в диафрагму вставляется коррекционная пластинка, получившая в последствие его имя. Следующие усовершенствования этой системы сделал в 1941 г. Максутов.

Образование и развитие поли-систем.

Развитие поли-систем идет по аналогичной схеме. Единственное отличие состоит в том, что **при образовании поли-С возникает внутренняя среда** (или создаются условия для ее возникновения) с особыми свойствами, эти свойства можно использовать для получения дополнительных качеств. Например, перевозка стекла на стройплощадку в пакетах (простейшая поли-С) сопряжена с массой недостатков: стекла слипаются друг с другом, высокий процент боя, низкая производительность остекления здания и т. д. Предложено смазывать листы стекла маслом (использовали внутреннюю среду) – в итоге резко снизился бой, стекло легко отделяется, дополнительное удобство – масло смывают после окраски оконных рам.

Примеры образования простых поли-систем (шаг 3.1.1):

а.с. 996216 способ распиливания каменного материала (например, щебня), при котором его формируют в единый блок на связующем веществе и распиливают на отдельные плиты, а затем связующее вещество расплавляют и удаляют,

а.с. 1006151: способ обработки поршневых колец в одном пакете за один проход инструмента,

а.с. 1313659: способ обработки оптических деталей (стекло, керамика, кристаллы) путем склеивания тонких деталей в блок,

а.с. 1005718: способ уборки зерновых культур, при котором скашивание и обмолот ведут в фазе полной спелости, а для уменьшения потерь и осыпания зерна на корню, растения до скашивания опрыскивают жидким клеем.

Переход к поли-С со сдвинутыми характеристиками:

а.с. 843808: предложено высевать каждую траву или кормовую культуру отдельными полосами вдоль поля, а скашивать поперек, тогда в бункере комбайна при проходе поперек поля окажется смесь трав и отпадает необходимость в части кормосмесительных машин на скотных фермах.

В а.с. 1058538 этот способ еще больше улучшен: предложено травы высевать полосами по 0.7-2.2 м, а скашивать поле по диагонали - комбайн захватывает по меньшей мере три разных травы и в бункере образуется более равномерная смесь.

Примеры на частично свернутые поли-системы:

- удаление пыли с помощью пылесоса достаточно эффективный способ уборки квартиры, но как бороться с пылью в цехах с особо высокими требованиями к чистоте (например, по сборке микросхем)?, здесь содержание пыли должно быть сведено почти к нулю, поэтому нужна непрерывная уборка, но держать постоянно включенными десятки пылесосов крайне нерационально; пылесос сделан один - на весь цех с разводкой труб по всей площади цеха;
- та же идея осуществлена во Франции для жилых домов, в квартиры проложены трубы и вмонтированы в стены приемные розетки, к которым можно подключать шланг с насадкой; это пример решения старой (так и неразрешенной в пылесосах) задачи на уровне надсистемы - отпадает неприятная процедура очистки фильтра после уборки ("Юный техник", 1989, №7, с.35).

• мы давно уже подводим часы по сигналам точного времени, передаваемым по радио, затем в одном корпусе разместили и часы и радиоприемник, но "подкрутка" часов осталась за человеком; созданы ручные часы, в которых одна микросхема выполняет функции часов и приемника; система свернется полностью, если миллионы часов будут сами корректировать время по сигналам радиостанций от одних и тех же эталонных атомных часов;

• а также котельная (одна "печка" вместо нескольких тысяч), телефонные станции, телевизионные центры и т.д.

Для отвода тепла из электронной аппаратуры в корпусе прибора делали отверстия с заслонками (типичная поли-С). Если прибор перегревался, заслонки открывали, а чтобы в выключенном приборе не скапливалась пыль заслонки закрывали. По а.с. 1066053 предложена полностью свернутая поли-С: одна большая волнистая "дырка" на корпусе, выполненном из материала с эффектом памяти формы, волнистые зубцы сами отгибаются при нагревании и закрываются при охлаждении.

Продолжим линию развития оптики.

В последнее время широко развивается область оптики, использующая так называемые плоские элементы. Например, в Институте автоматики и электрометрии СО РАН разработаны плоские линзы - киноформы. Один такой оптический элемент заменяет громоздкий объектив из многих стекол ("Социалистическая индустрия", 31.10.85). На поверхность плоской стеклянной пластины наносятся рельефные линии высотой в несколько длин световой волны.

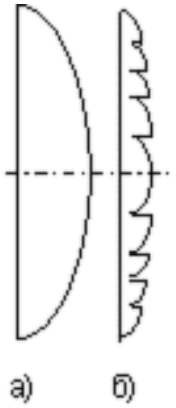


Рис. 27. Фокусирующие элементы.
а - обычная линза; б - плоский элемент.

Свойства двух элементов (рис. 27 а, б) будут одинаковы, если изменение толщины второго элемента от ступеньки к ступеньке составит целое число длин волн фокусированного излучения. Кроме сильного свертывания оптических систем, плоские элементы позволяют получить новые качества. Так, в Институте общей физики РАН под руководством А.М.Прохорова разработаны новые плоские элементы, позволяющие преобразовывать падающее на них излучение с произвольным волновым фронтом в излучение с заданным волновым фронтом или концентрировать энергию излучения на какую-либо заданную кривую с заданным распределением интенсивности ("Квантовая электроника", 1984, т.11, №1, с.155). Т.е. на плоский элемент свет может падать под любым углом, а фокусироваться он будет в заданной точке или линии, причем линия может быть любой конфигурации (круг, эллипс, синусоида...) и интенсивность концентрации энергии по длине этой линии может быть также задана.

Как пользоваться переходом к поли-системе? Необходимо выбранный технический объект "умножить на самого себя". Что при этом изменилось? Появилась ли внутренняя среда? Как можно использовать ее свойства? Опишите новые качества поли-систем от однород-

ной до инверсной. Какой должна быть частично свернутая поли-С? Можно ли полностью свернуть эту систему?

Возьмем, например, телевизор. Коллективная антенна это лишь первый шаг к свертыванию. Разумнее было бы иметь один телевизионный блок на дом, квартал, а то и на город (один блок питания, один радиоканал, один блок обработки изображения и т.д.), а в квартирах оставить лишь кинескоп и орган управления (переключатель каналов, регуляторы). Можно пойти и дальше: передавать изображение из телецентра по световолоконному кабелю, а дома повесить на стену только экран с органом управления (абонентская радиосеть давно существует, почему бы не быть такой же и телесети?). Идет объединение телевизора с другими системами: телевизор плюс видеомагнитофон, плюс видеокамера (домашний телецентр), телевизор как экран дисплея персонального компьютера, плюс радиоприемник, плюс часы, плюс газеты (телегазета), плюс библиотека (подключение телевизора к информационной телесети), плюс телефон (видеотелефон), плюс справочное бюро и т.д. и т.п. Можно с уверенностью сказать, что телевидение "поглотит" в себя все информационные системы. С другой стороны, вместе с централизацией, должна увеличиваться и обратная связь, т.е. должна расти степень влияния абонента на телецентр. Например, сейчас мы "управляем" телецентром только с помощью писем ("концерты по заявкам"). В некоторых странах к телевизору подключают терминал (пульт с клавиатурой), все терминалы соединены с центральным компьютером, перед началом показа концерта на экране появляется список исполнителей и телезритель набирает те номера артистов, которых он желал бы увидеть, компьютер составляет программу концерта из номеров, набравших наибольшее количество голосов. Следующий шаг - составление собственной программы, например, с помощью видеомагнитофона; но тогда надо держать дома видеотеку, переставлять кассеты (диски), искать нужные места и т.д. Проще - централизация видеотеки, с персональным вызовом (заказом) нужной видеозаписи по терминалу, параллельно на часть экрана можно подавать информацию о текущих телепрограммах и новостях.

Если продолжить линию усиления обратной связи в системе "телевидение - зритель", то следующим шагом должно быть... составление собственных сценариев, подбор актеров и т.д. Сюжет рассказа К.Саймака "Театр теней" построен на том, что экипаж космического корабля, находящегося в длительном полете, занимает свое время просмотром бесконечного фильма. Каждый член экипажа создал своего героя на экране, сценарий развивается спонтанно, по ходу действия. Острота ситуации состоит в том, что никто не знает (но очень хочет разгадать) кто именно управляет каждым действующим лицом в телеспектакле.

Количество героев равно количеству членов экипажа. И вдруг один из членов экипажа умирает, а на экране остаются все те же действующие лица никто из них не исчез!.. Проблема занятости космонавтов в длительных полетах станет в ближайшем будущем очень острой. Никакие видеотеки, шахматы, книги, иллюзии березовых рощ с поющими птицами и пр. не спасут экипаж от ужасающей бездеятельной тоски многолетнего полета. Идея, выдвинутая фантастом, захватывающе интересна, она не противоречит даже современным научным представлениям.

Закон перехода с макро- на микро-уровень

Развитие рабочих органов идет сначала на макро-, а затем на микро-уровне.

Иными словами, вместо колес, валов, шестеренок должны работать молекулы, атомы, ионы, электроны и т. д., которые легко управляются полями с помощью физико-химических эффектов.

Закон действует на всей линии развития ТС. Основной смысл развития заключается в увеличении ГПФ систем. И это стремление изобретателей сравнительно легко осуществляется (на первых этапах развития ТС) на макро-уровне – идет увеличение размеров и мощности действия рабочих органов систем.

Макро-уровень – условное понятие отражающее лишь особенности мышления человека, первый "слой" восприятия окружающего мира у человека всегда связан с предметами соизмеримыми с ним, непосредственно ощущаемыми свойствами этих предметов. Другие "слои" мира (как выше, так и ниже "человеческого") скрыты, остаются за гранью непосредственного восприятия. Нужен определенный запас знаний, тренировка, некоторые приемы воображения, чтобы расширить видение реального мира. Это один из глубинных видов психологической инерции и с его преодоления начинается элементарная культура изобретательского творчества.

Возможности экстенсивного развития ТС (т.е. увеличение ГПФ за счет изменений на макро-уровне) быстро исчерпываются, а рост МГЭ (массы, габаритов, энергоемкости) ограничивается, например, физическими пределами. Поэтому переход на микро-уровень неизбежен: начинается задействование все более глубинных структур вещества, высвобождение при этом дополнительных резервов энергии, выявление и использование новых (неизвестных на макро-уровне) свойств материи, применение более управляемых полей и легкоуправляемых микрочастиц вещества. Это единственный путь интенсивного развития ТС – повышение организованности (с точки зрения целей человека) все более низких системных уровней вещества.

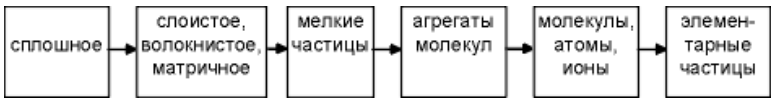
В стихийном изобретательстве переход на микро-уровень начинается обычно с дифференциации свойств, зон и функций материала рабочего органа ТС. Для увеличения ГПФ требуется, чтобы одна часть (зона) рабочего органа была острой, другая – тупой, твердой – мягкой и т. д. В отдельных зонах усиливаются необходимые свойства, происходит переход однородной структуры к неоднородной. Соответственно дифференцируются функции – разные части (зоны) объекта выполняют разные функции. Одновременно для разделившихся зон обеспечиваются наиболее благоприятные условия для осуществления их функций. Дифференциация свойств и функций приводит к разделению (расслоению, расчленению) вещества, сплошное вещество заменяется на слоистое – волокнистое – дисперсное. При этом отдельные части (слои, волокна, частицы), для совместной работы в составе рабочего органа, объединяются так, чтобы усиливались полезные функции и ослаблялись вредные. Таким образом, возникающие в процессе развития материалов ТС противоречия (ТП, ФП) – противоположные требования к свойствам одного и того же вещества – разрешаются переходом на микро-уровень.

Возможны три направления (три линии) перехода с макро- на микро-уровень:

- *увеличение степени дробления вещества и объединение дробных частей в новую систему,*
- *увеличение степени дробления "смеси" вещества с пустотой (переход к КПМ – капиллярно-пористым материалам),*
- *замена вещественной части системы на полевую (переход к действию "поле плюс вещество" или только к полю).*

Увеличение степени дробления вещества и объединение дробных частей в новую систему.

Это направление развития рабочих органов ТС можно изобразить следующей линией:



Примеры:

Шаги 1-2. Еще в древности кто-то построил первый саманный дом, смешав солому с глиной - получилось прочное надежное сооружение. В древнем Вавилоне соединили глину с тростником, а в Др. Греции вставляли железные прутья в мраморные колонны. При строи-

тельстве храма Василия Блаженного в Москве каменные плиты (прототип железобетона) скрепляли железом.

Современные слоистые материалы - фанера, биметаллы, волокнистые стеклопластики, углепластики, металлы армированные различными волокнами, фибробетон, матричные - железобетон (стальная арматура - матрица, бетон - наполнитель).

Шаги 1-3. А.с. 647628: 1. устройство для крепления оптических деталей (например, линзы в металлическом корпусе) с помощью промежуточного элемента, увеличения жесткости крепления промежуточный элемент выполнен в виде порошка, которым заполнена полость между оптической деталью и корпусом. 2. Устройство по п.1, *отличающееся* тем, что полость между оптической деталью и корпусом выполнена герметичной.

А.с. 1068693: мишень для стрельбы из лука в виде кольцевого электромагнита и ферропорошка (бисер из ферромагнитного стекла, кусочки магнитной резины.

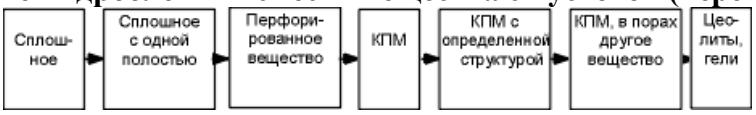
Шаги 1-4. Для обработки канала зуба перед пломбированием используют тонкие боры. Причем, каналы обычно сужаются в корне зуба и невозможно тщательно вычистить канал "до дна". Чем тоньше бор, тем быстрее он ломается и его извлечение далеко не всегда простая задача. Как быть?

Если инструмент на каких-то режимах работы ломается, а эти режимы изменить невозможно, то надо соответствующим образом организовать работу "сломанного" инструмента. Что такое "сломанный" бор? По а.с. 1286190 предложено обрабатывать канал магнитной жидкостью (порошок восстановленного железа в хлорамине) и воздействовать переменным электромагнитным полем частотой 13-40 МГц.

Шаги 1-6: щетки электродвигателя/генератора - сплошные, волокнистые, порошок, агрегаты молекул (магнитная жидкость), ионизированный газ, поток электронов в вакууме (см. пример в разделе 4.6.2).

Дополнение *к шагу 5*: *если нужны частицы вещества, а непосредственное их получение (или введение в систему) невозможно, то частицы получают разрушением вещества более высокого структурного уровня (молекулы из ионов)*.

Увеличение степени дробления "смеси" вещества с пустотой (переход к КПМ).



Примеры:

Шаги 1-4, 7. Эволюция вещества автомобильных шин:

- шина из сплошного вещества,
- шина с воздушной полостью (камерой),
- многокамерная шина (полость разделена перегородками),
- макропористые шины,
- шины из КПМ,
- шины с полостью заполненной пористыми полимерными частицами и гелеобразным веществом (пат. РФ 908243).

Шаги 1-2. Даже лемех плуга преображается: из сплошного в полый, перфорированный - в него подают жидкость, удобрение, выхлопные газы двигателя (в качестве удобрения), по нему пропускают электрический ток для уничтожения сорняков.

Подобная эволюция характерна и для многих живых "систем", только природе на бесчисленные пробы и ошибки потребовалось миллионы лет поиска, прежде чем были найдены эффективные "технические решения". Например, аммониты - головоногие моллюски в раковинах, которые вымерли 80 млн. лет назад, а до этого 400 млн. лет жили на Земле, были хищниками и "разбойничали" в тогдашних морях и океанах, - так вот, эти аммониты были вначале очень неуклюжими, с трудом таскали на себе массивные спиральные раковины, но постепенно в сплошном веществе образовывались полости, они заполнялись воздухом, затем

раковины превратились в многокамерные облегченные конструкции (только в последней по спирали камере, жилой, помещалось тело моллюска), в конечном итоге стали довольно совершенными гидростатическими аппаратами: от жилой через все остальные камеры проходил сифон, обеспечивающий регулировку плавучести.

Шаги 1-5. А.с. 435829: эластичное компенсирующее изделие для уплотнения (герметизации) перчаток и носков в скафандрах при высотных полетах. Обычное уплотнение представляет собой кольцевую эластичную трубку, в которую нагнетают воздух. Предложено в кольцевую камеру охватывающую запястье помещать вкладыш из латексной губки с открытыми порами. При нормальном атмосферном давлении камера не работает, во вкладыше содержится определенное количество воздуха. Если давление окружающей среды падает, то воздух выделяется и камера раздувается до уравнивания давления. Здесь КПМ использован как хранитель газа.

Шаг 5. Заполнять поры КПМ может не только газ. Есть, например, детали ракетных двигателей работающие при температурах 4000^0С и выше. Ни один материал не выдерживает таких температур, точка плавления самого тугоплавкого металла вольфрама - 3900^0С (керамика не годится из-за резких динамических нагрузок). Пористый вольфрам заполняют медью - пока не испарится.

Наиболее наглядным преимуществом перехода к КПМ служит резкое уменьшение веса конструкций (при сохранении прочности). Часто вес - главная характеристика ограничивающая в земных условиях дальнейшее развитие технических систем.

Например, для изготовления оптических зеркал диаметром 1 метр и более раньше использовали сплошной материал, однако огромная трудоемкость и невозможность эффективной термостабилизации при одностороннем нагреве (большая тепловая инерция) вынудили перейти на облегченные конструкции.

Обычно это две пластины (одна из них имеет зеркальную поверхность), жестко соединенные ребристым каркасом, который образует структуру из правильных шестиугольников, треугольников или квадратов. Такие зеркала удается облегчить по сравнению с монолитными тех же размеров и жесткости в 2,5-4 раза. В результате зеркало диаметром, например, 1 метр будет весить 300 кг. Чтобы еще уменьшить вес, в Институте общей физики РАН стали создавать крупногабаритные зеркала из пористых материалов. Зеркало диаметром 1 метр состоит из корпуса, изготовленного из пористой меди, верхней зеркальной пластины толщиной 5 мм из монолитной меди и нижней пластины, так же толщиной 5 мм из нержавеющей стали. Общая толщина такого зеркала составляет 100 мм., вес - 150 кг.

Вес пористой меди, из которой изготовлен корпус зеркала, составляет всего 17% от веса монолитной меди, занимающей тот же объем. Размер элементарной пористой ячейки примерно равен 1,5 мм.

Сейчас можно получать пористые материалы из металлов и их сплавов с пористостью, доходящей до 98% и размером ячеек от десятков микрон до десятков миллиметров (Письма в ЖТФ, 1985, т.11, вып. 22, с. 1350-1354).

Шаги 1-6. Первые способы преграждения распространения пламени в газопроводах или воздуховодах представляли собой щелевые металлические вкладыши, слой шариков и даже сетчатые кассеты с песком. Здесь главное техническое противоречие: огнепреградитель должен иметь большие "дырки" для того,чтобы хорошо пропускать газ, и "дырки" должны быть очень маленькие для эффективного задержания пламени. То есть идеальный огнепреградитель должен состоять почти что из одних только мельчайших "дырок" с перегородками минимальной толщины. По а.с. 262822 предложено использовать КПМ из прессованных ниток металловолокна. А чтобы еще больше снизить гидравлическое сопротивление, следует использовать вставку с большими диаметрами отверстий, но с наложением электростатического поля (а.с. 369913) - оно позволяет в три раза увеличить диаметр по сравнению с критическим.

Тенденция "дробления" пустоты хорошо видна на истории развития способов подъема затонувших кораблей (Гора Джозеф Н. Подъем затонувших кораблей. Л.: Судостроение, 1985).

Сначала использовался механический способ - на корабле закрепляли канаты и поднимали его на поверхность. Однако не всегда удавалось провести операцию подъема, так как штормы на поверхности моря и меняющие свое направление подводные течения создавали путаницу в системе тросов.

Предлагалось использовать подземную силу более легких, чем вода жидкостей бензина, соединений аммиака и пр. Жидкость закачивалась бы в полости затонувшего судна и вытесняла бы воду. Но из -за малой подъемной силы от жидкостей отказались и в дальнейшем использовали только газы (воздух).

Наиболее часто использовали понтоны: их затопляли, прикрепляли к судну по обоим бортам, продували сжатым воздухом (полость – заполнение водой – снова полость). Основные недостатки: огромные трудности закрепления понтонов на больших глубинах, затонувшее судно с понтонами при достижении плавучести может выскочить на поверхность с такой скоростью, что понтоны разлетятся вдребезги или из них выйдет воздух и судно снова погрузится в пучину океана. Последнее объясняется тем, что оторвать судно от дна - иногда сложная проблема, так как из-за сцепления с грунтом или илом требуются усилия намного большие, чем при простом подъеме. Хорошие результаты были получены при использовании электролиза: к корпусу судна подключали кабелем "плюс", а недалеко от судна опускали второй кабель - "минус". Образующиеся пузырьки газа при разложении воды разрушали вредную связь в веполе - сцепление с грунтом падало до нуля. Разновидностью "понтонного" способа был способ использования плавучести самого корабля: проводилась тщательная герметизация судна (заделка всех отверстий) и продувка сжатым воздухом.

Чтобы не герметизировать судно (т.е. не изготовлять одну большую полость), хорошо было бы использовать много маленьких полостей - так возникла идея заполнения полостей корабля шариками для пинг-понга; простой расчет показал неосуществимость этой идеи - шарики лопнули бы уже на глубине 4,5 метра. Обсуждалась даже идея использования стеклянных полых шариков (дорого, ненадежно).

Самое простое "дробление" пустоты образование пены. В 1964 году для подъема баржи "Ламберджек" со дна Калифорнийской бухты впервые использовали твердый полиуретан. На спасательном судне - две емкости с компонентами пенополиуретана и вспенивающим веществом с низкой температурой кипения. На дне установили смесительную емкость (цистерну), откуда готовая смесь под давлением выбрасывалась в полости баржи (шприцем – водолаз). При выходе резко падало давление, вспенивающее вещество мгновенно испарялось, образовывалась газо-полиуретановая масса, через несколько минут масса затвердевала. 0,9 кг массы вытесняли 60,5 кг морской воды. Пена автоматически закупоривала небольшие отверстия (пробоины) и иллюминаторы затонувшего судна. На подъем 500-тонной баржи пошло 27 т пенополиуретана. Одно плохо: для очистки помещений затвердевший пенополиуретан приходилось вырубать, т. е. дробить. Поэтому еще более эффективный и удобный в применении способ использования пены – ее предварительное дробление (превращение в гранулы).

Голландская фирма "Вейсмюллер", специализировавшаяся на ведении спасательных работ, применила новый способ подъема затонувших кораблей. В 1965 г. траулер "Джако-Мина" водоизмещением 108 т затонул в шести милях к северо-западу от голландского порта Эймейден. Судно длиной 27,4 м легло на грунт правым бортом на глубине 18 м. Поскольку размеры траулера не позволяли имевшемуся спасательному судну поднять его с помощью лебедок, то было решено воспользоваться полистироловыми шариками размером с горошину (из вспененного полистирола), состоявшими на 98% из воздуха и всего на 2% из самой пластмассы. Помимо того, что шарики совершенно не впитывали воду, они, в отличие от сжатого воздуха равномерно давившего во всех направлениях, создавали усилие, направленное только вверх. Шарики закачали по шлангам, в смеси с водой, в корпус траулера. 60 куб.

м. гранул. Они уменьшили вес траулера настолько, что траулер легко подняли на поверхность. Впервые идею применения полистироловых гранул высказал датский изобретатель К. Крейер. Подобный способ – пат. ФРГ 1247893 (1967 г.): плавающие тела из пенопласта закачиваются в судовые помещения с помощью помпы со спасательного судна.

Удаление гранул из поднятого судна осуществлялось насосами для разгрузки зерна, то есть намного проще, чем при удалении пенополиуретана (ППУ). Кроме того, ППУ невозможно применять на глубинах более 90 м - не образуется пена, не хватает давления вспенивающего газа.

На подъем затонувшей землечерпалки (более 1000 тонн) в 1967 г. по способу Крейера потребовалось 27 т гранул. Это, все же, немало. Как уменьшить затраты на транспортировку? Другая голландская фирма "В.А.Ван ден Так" применила остроумный способ - микрокапсулирование - для подъема датского грузового судна водоизмещением 4,2 тыс. тонн, масса которого была в 31 раз больше "Джако-Мину". Полистироловые гранулы (зародыши гранул - микрокапсулы) размером с сахарные песчинки закачивали по шлангам в судовые отсеки потоком воды под давлением, а затем нагревали водяным паром - в результате их первоначальный объем увеличивался в 50 раз. Портативная установка для производства микрокапсул на месте легко транспортируется самолетом в любой уголок земного шара.

Итак, развитие способов подъема затонувших кораблей шло путем использования:

- сплошного тела (подъем затопленного судна тросами без вытеснения воды из внутренних отсеков судна),
- больших полостей (понтонов),
- множества маленьких полостей (твердая пена – ППУ),
- дробленой пены - шариков, гранул из вспененного пластика,
- зародышей пенопластовых гранул (микрокапсул).

Незнание подобных закономерностей дорого обходится обществу – годы уходят на то, чтобы стихия изобретательства натолкнулась на прогрессивные технические решения, связанные с применением КПМ и сопутствующих этим веществам эффектов. Показательна в этом смысле история разработки в Институте общей физики РАН новых типов зеркал для мощных лазеров ("Наука и жизнь", 1985, № 9, с. 50 -53).

Практически во всех типах лазеров генерация возникает в резонаторе, состоящем минимум из пары оптических зеркал. Через одно из них (например, полупрозрачное) излучение выводится наружу. Поначалу прекрасно обходились традиционными кварцевыми дисками с зеркальным покрытием. Но за последние годы мощность лазеров выросла в сотни, тысячи раз. Возникла проблема создания зеркал, способных работать под воздействием мощного излучения. Эта проблема стала одной из ключевых для совершенствования мощных лазеров.

Даже зеркало с очень хорошей оптической поверхностью не полностью отражает падающее на нее излучение, примерно 1% его поглощается и превращается в тепло. В мощных лазерах этого достаточно, чтобы в зеркале возникли термические напряжения. Они искажают геометрическую форму отражающей поверхности, поэтому невозможно добиться концентрации пучка излучения в малой области (в точке) Тепловые деформации, кроме того, приводят к срыву генерации: лазер перестает быть лазером.

Каков предел для тепловых деформаций? Он не должен превышать 5-10% от длины волны лазерного излучения. То есть, например, для СО-лазера с излучением в ИК-области (длина волны 10,6 мкм) искажения не должны быть больше 1 мкм. Если такое зеркало взять в руки, то уже через несколько секунд из-за неравномерного нагрева теплом руки деформации оптической поверхности превысят допустимую величину. Но это временная "порча" – упругие (обратимые) деформации.

Кроме упругих деформаций может наступить при больших мощностях пластическая деформация, тогда участок зеркала "поплывет", разрушится.

Требуется создать зеркала, которые бы выдерживали длительные нагрузки до нескольких киловатт на 1 кв. см. поверхности. Такой поток энергии сравним с потоком, излучаемым

Солнцем с единицы поверхности. Это значит, что если мы "положим на Солнце" зеркало, то его форма не должна измениться больше, чем на микрон!

Путь решения этой задачи был такой:

Физики рассудили просто: кварц плохо проводит тепло, заменим его на металл. Но металл непрозрачен, придумали пропускать излучение (сделать металл как бы полупрозрачным) через отверстие в центре диска, как через диафрагму фотоаппарата (рис. 21 а).

Металлический диск хорошо отводил тепло, но имел и недостатки: высокий коэффициент теплового расширения (легко меняет свои размеры и форму при изменении нагрузки), низкая твердость – трудно отполировать так же хорошо, как и кварц.

(Примечание: даже такое техническое решение замена кварца на металл – показалось диким, необычным, оно буквально шокировало оптиков - специалистов по изготовлению зеркал).

Затем, начался поиск лучшего состава: металлы, сплавы; были перепробованы практически все доступные для массового применения сплавы. В результате такого поиска удалось увеличить в 10 раз порог оптической работоспособности.

Но световые, а значит, и тепловые нагрузки росли (увеличение ГПФ).

Теплопроводность металла не могла обеспечить отвод мощного потока тепла. Как быть?

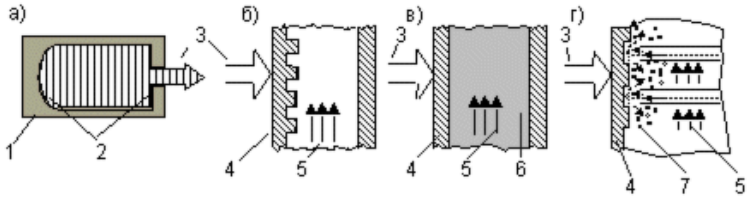


Рис. 21. Разработка зеркала для мощного лазера.
1 – резонатор, 2 – металлические зеркала, 3 – поток лазерного излучения, 4 – зеркальная поверхность, 5 – теплоноситель, 6 – КПМ, 7 – пар. а) блок резонатора, излучение выводится через отверстие в зеркале, б) зеркало с канальной стурктурой, поток теплоносителя охлаждает оребренную стенку, в) зеркало охлаждается теплоносителем, протекающим через пористый материал, г) вода подается к отражающей поверхности по каналам, закипает, смесь жидкости и пара выносится в поперечный поток теплоносителя, охлаждается и выводится за пределы зеркала.

Требуется охлаждение – принудительный отвод тепла движущейся жидкостью. При охлаждении движущейся жидкостью количество отводимого тепла тем больше, чем выше разность температур нагретого тела (зеркала) и охлаждающей жидкости. Расчеты показали, что задача была бы решена, если эта разность составляла бы величину больше 1000 град. То есть зеркало должно иметь температуру около 1000 град. Но такая температура невозможна для металлического зеркала, так как нельзя обеспечить хорошее качество оптической поверхности при такой температуре. Противоречие: для хорошего теплоотвода нужна высокая температура, а для стабильности геометрической формы и других оптических характеристик зеркала нужны низкие температуры (комнатные).

Значит, гладкая поверхность тыльной стороны зеркала не обеспечивает требующуюся интенсивность теплоотвода. Чтобы увеличить поверхность теплопередачи протачивали канавки, прогоняли по ним воду. Чтобы ускорить теплоотвод стенки каналов сделали тонкими, но они дрожали, деформировались из-за пульсации воды. Противоречие разрешили переходом к КПМ.

Достоинства КПМ: большая поверхность теплоотдачи, хорошее перемешивание охлаждающей жидкости, которая движется в капиллярах, высокая механическая плотность – матрица-скелет надежно держит зеркальную поверхность и сохраняет ее геометрию. На КПМ наносят покрытие, полируют, оно становится зеркалом. Толщина покрытия – 100-500

мкм, не больше, иначе оно будет задерживать тепло. Способы нанесения: например, с помощью химических транспортных реакций из газовой фазы, то есть сборка из атомов. А это значит, что поверхность будет изначально очень гладкой (горбы и впадины не более 0,1 мкм), а после обработки (полировки) неровности составляют тысячные доли микрона.

Но... снова увеличение ГПФ, температура растет...

Значит надо так увеличить скорость движения теплоносителя, чтобы молекулы жидкости уже не "плыли", а "летели". Как это сделать? Противоречие: для хорошего теплосъема агент должен быть жидкостью (высокая теплоемкость), а для быстрой смены (притока-оттока с высокой скоростью) должен быть газом. Фазовый переход: при съеме тепла – жидкость, а при отводе – газ (пар). Жидкость должна кипеть, испаряться и стремительно уноситься из зоны нагрева. Для улучшения кипения - нагрев и пониженное давление воздуха (движению частиц пара не мешают молекулы воздуха). Тепловая труба! В качестве жидкости использовали расплавленный металл, который при испарении уносил с собой достаточно большие порции тепла. Скорость движения пара можно довести до скорости звука – это предел.

На таких зеркалах достигнута высокая интенсивность теплоотвода – несколько десятков киловатт с 1 кв. см., в принципе может достигать сотни киловатт/кв. см.

А дальше? Увеличение ГПФ – неостановимый процесс. Как отвести мощность в 1000 кВт/кв. см? Или 10000 кВт/кв. см?!

При такой мощности толщина стенки должна быть исчезающе малой (1 мкм, 0,001 мкм...), то есть ее не должно быть совсем. Да и само зеркало при температуре, скажем, 10000 град., исчезнет, станет газообразным (плазмой). Зеркала нет, а функция должна выполняться... Поле (луч лазера, электромагнитное излучение) должно само создавать себе зеркало пусть оно будет всегда жидкое (или газообразное) с постоянно обновляющейся поверхностью. Следующий физический предел (после скорости звука) – скорость света; если с такой скоростью будет отводиться тепло (ИК-излучение?), то мощность лазера может возрасти на несколько порядков.

В заключение по разделу можно отметить удивительную особенность перехода к КПМ: какие бы факторы не "подталкивали" развитие технических систем, будь то вес (телескопы), подъемная сила (антивес для подъема кораблей), высокая температура (зеркала лазера), результат развития один и тот же – появление в системе мелкопористых и капиллярно-пористых материалов.

Замена вещественной части системы на полевую.

На любом из этапов дробления вещества (или "смеси" вещества с пустотой) может возникнуть препятствие для совершения следующего шага развития – или нет такого вещества, или резко ухудшается другая часть (свойство) системы, или существует запрет со стороны законов природы. В этом случае увеличение ГПФ можно достичь путем замены части системы веществом, способным при взаимодействии с полем выполнять требуемые действия, или самим полем. Причем, источником (носителем) поля могут быть "по совместительству" вещества, уже имеющиеся в системе или во внешней среде.

Международная заявка PCT 82/01071: способ измерения чистоты воды предусматривает пропускание ее через изолированную трубку в ячейке между электродами для измерения трибоэлектрической Э.Д.С. генерируемой потоком.

А.с. 504982: сигнализатор уровня жидкости, преимущественно топлива, содержащий поплавок с контактом, корпус с другим контактом, изолированным от него, индикатор, в цепь которого включены указанные контакты, *отличающийся* тем, что с целью исключения источника питания из сигнальной цепи и предотвращения возможного искрообразования на контактах, контакты корпуса и поплавка выполнены из разнородных металлов, например, меди и константана, образующих при замыкании холодный спай термопары, а другой спай, расположенный вне объекта контроля, снабжен источником подогрева.

Если в системе нет веществ – источников полей, то необходимо использовать внешнее поле, имеющееся во внешней среде или специально введенное.

На использовании внешних полей – ветра, солнечной радиации, электрического и магнитного полей Земли, электромагнитных волн и т. п. – основано великое множество изобретений. Причем, чем мельче частицы в системе, тем легче поддаются они действию полей, то есть повышается их управляемость.

Например, имеющийся поток мелкодисперсных частиц можно разделить на части и зарядить их разноименными зарядами, управлять электростатическим полем.

А.с. 141713: способ создания деталей любой конфигурации. В высокотемпературную плазменную горелку подается электрод, между электродом (анодом) и соплом горелки (катодом) возбуждается дуговой разряд с высокой плотностью тока. Материал электрода испаряется, выносится потоком инертного газа (гелий, аргон), попадает в зону действия электромагнитов, электромагнитное поле сжимает поток плазмы в тонкий шнур, который фокусируется электромагнитной линзой и далее оседает на специальном экране. Две магнитные отклоняющие системы управляют плазменным пучком, перемещая его по экрану. Металл осаждается на непрерывно охлаждаемом экране, принимая любую заданную форму.

А.с. 339397: устройство для безопилочного резания древесины, включающее станину и рабочий орган с режущим инструментом, *отличающийся* тем, что с целью повышения производительности и качества пиления, режущий инструмент выполнен из магнитострикционного материала с двусторонней заточкой передних граней и соединен через электромеханические преобразователи с высокочастотным преобразователем.

Пример перехода инструмента с макро- на микроуровень путем замены вещества полем:

Если в системе нет веществ – источников поля и нет возможности использовать внешние поля, то в систему необходимо включить вещества, которые могли бы стать источником поля.

А.с. 575114: способ удаления микроорганизмов и других трудноотделимых веществ из жидких сред в центробежном поле, по которому для более полного удаления в жидкость дополнительно вводят вещества-адсорбенты, не растворяющиеся в жидкости и имеющие больший удельный вес.

А.с. 518591: мальтийский механизм, содержащий ведущее звено и ведомый мальтийский крест, *отличающийся* тем, что с целью повышения срока службы, ведущее звено снабжено секторами из магнито-мягкого материала с установленными в них постоянными магнитами, а мальтийский крест снабжен пластинками из гистерезисного материала.

Часто поля получают при введении в систему веществ, способных к фазовым переходам первого-второго родов (сжимающиеся или расширяющиеся вещества, биметалл, нитинол). Например, множество изобретений основано на переходе вода-лед, вода-пар – для развальцовки, диффузионной сварки или формования металлических деталей.

Закон увеличения степени вепольности системы

Развитие технических систем идет в направлении увеличения степени вепольности: невепольные системы стремятся стать вепольными, а в вепольных системах развитие идет путем увеличения числа связей между элементами, повышения отзывчивости (чувствительности) элементов, увеличения количества элементов.

Закон справедлив для периода развертывания технических систем. В сущности, это закон развертывания (усложнения) веполей – ведь любую ТС можно представить как некую совокупность простых веполей.

Как возникают ТС?

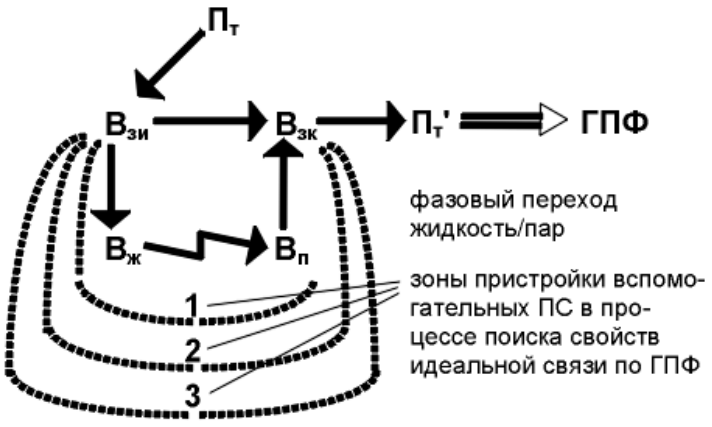
Появившаяся потребность обеспечивается вначале простым веполем: изделие, обрабатываемое орудием труда (инструментом) и сила человека. Но при функционировании первого веполя постепенно выявляются его недостатки и возникают новые потребности в увеличении полезной функции, в устранении участия человека, в присоединении к ТС новых полезных функций, в устранении вредных (побочных) функций и т. д. Все эти потребности поочередно воплощаются в дополнительные подсистемы ТС, у которых, в свою очередь, проявляются недостатки и т. д.

Так возникли все современные сложные ТС, ведущие свою родословную от камня, палки, колеса. Разумеется, сложность не может увеличиваться бесконечно, на определенном этапе развития ТС наталкивается на ограничения (физические, экономические, экологические) и наступает период свертывания ТС в идеальное вещество...

Общий смысл закона: развертывается (усложняется) та часть (элемент) веполя, которая испытывает наибольшее затруднение при выполнении ГПФ системы (или при увеличении ГПФ). Причем, "больным" местом может быть любой элемент или связь в веполе.

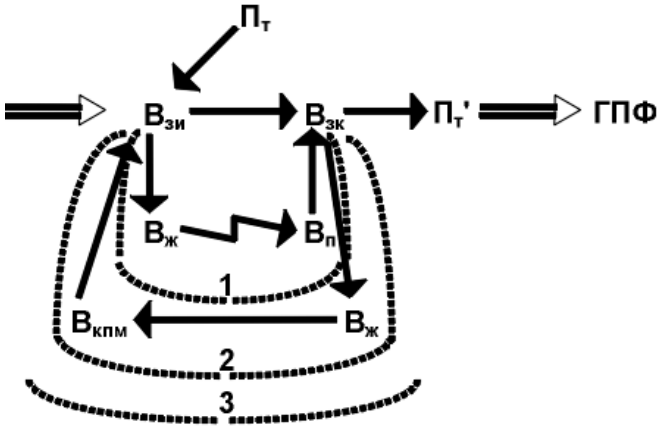
Возьмем в качестве примера тепловую трубу. Потребность в передаче тепла на расстояние определила ГПФ будущей системы: передача тепла от одной точки к другой. Простейший способ теплопередачи связь между точками с помощью металлического стержня. Примем эту связь (условно) предшественником тепловой трубы и изобразим эту систему в вепольной форме:

Здесь один конец стержня $В_н$ – зона нагрева, второй конец $В_о$ – зона охлаждения (отдачи тепла $П_т$ нагреваемому телу). Разница между $П_т$ и $П'_т$ терялась в процессе передачи по связи. Поэтому связь, выполняющая ГПФ, испытывала наибольшие требования по повышению эффективности – она и развивалась. Следующий этап развития – термосифон (труба с рабочей жидкостью – водой):



Здесь $В_{зи}$ – зона испарения в термосифоне, то есть приемник тепла, Взк - зона конденсации пара в жидкость, то есть зона отдачи тепла, $В_ж$ – рабочая жидкость, $В_п$ – пар.

Следующий этап – тепловая труба Гоглера, в которой к термосифону добавлена новая подсистема – возврата сконденсированной жидкости к зоне испарения с помощью фитиля (капиллярно-пористого материала):



Итак, развертывание веполей – это обязательный этап развития любых систем.

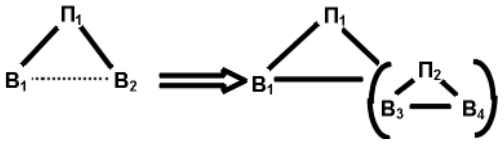
Развертывание осуществляется следующим образом:

- мобилизуются ВПР – за счет более полного использования имеющихся и применения "даровых" веществ и полей;
- в веполи вводят вещества и поля, которые позволяют без существенного усложнения реализовать новые ФЭ, расширить функциональные возможности системы и тем самым повысить степень ее идеальности;
- если не удается использовать ВПР, новые ФЭ, то систему "достраивают" новыми полезно-функциональными ПС, которые увеличивают ГПФ системы, но и усложняют ее (это "черновики" будущих идеальных веществ).

Образование цепного веполя.

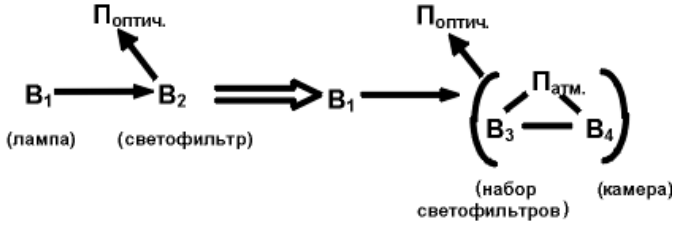
Если нужно повысить эффективность вепольной системы, задачу решают превращением одной из частей веполя в независимо управляемый веполь с образованием цепного веполя.

а) развертывание вещества в веполь:

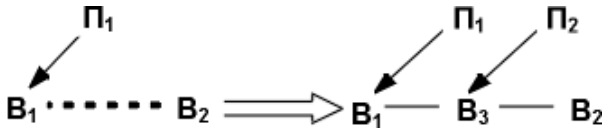


B_3 или B_4, в свою очередь, могут быть развернуты в веполь.

Например, изобретен декоративный светильник, который с изменением атмосферного давления изменяет цвет: в обычном светильнике светофильтр один и он закреплен неподвижно, а в новом светильнике светофильтры закреплены на гофрированной вакуумной камере, которая меняет свой объем в зависимости от атмосферного давления и передвигает разноцветные светофильтры а.с. 779726).



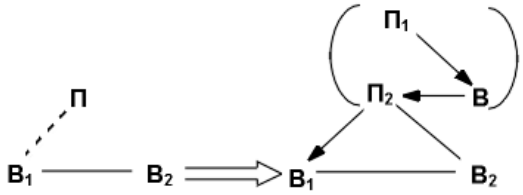
б) развертывание связей в веполе:



В этом случае в связь $В_1 – В_2$ встраивается звено $П_2 – В_3$.

Например, в пат. Великобритании 824047 предложено устройство для передачи вращения одного вала другому: валы вставлены с двух сторон в цилиндрическую муфту, в зазоре между ними магнитная жидкость, твердеющая в магнитном поле, муфта – это электромагнит. Если электромагнит не включен, валы ($В_1$, $В_2$) свободно вращаются (от $П_1$) относительно друг друга. При включении электромагнита ($П_2$) жидкость ($В_3$) становится твердой и жестко связывает валы, то есть позволяет передавать вращающий момент.

в) развертывание поля в веполе:



Как извлечь запрессованную втулку из глухого отверстия?

Чтобы ухватиться за края втулки потребовалось сделать внутри втулки канавку и специальным съемником выдирать ее из корпуса детали. Это долго и ненадежно. А при массовом демонтаже неприемлемо.

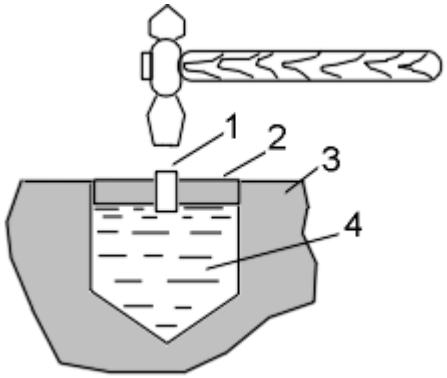
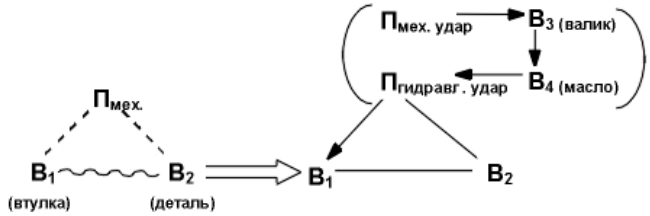


Рис. 18. *Способ извлечения запрессованной втулки.*
1 - валик-поршень, 2 - втулка, 3 - корпус, 4 - масло.

Предложено намного более эффективное решение (рис. 18): в отверстие заливается масло, вставляется стальной валик и по нему производится удар молотком. При этом в масле возникает гидравлический удар, концентрирующий (многократно усиливающий за счет сжатия во времени) внешнее действие и втулка вылетает из отверстия ("Техника и наука", 1984, № 3, с.39).

Формула этого решения:



Вот еще один безопасный способ значительного повышения давления в масле.

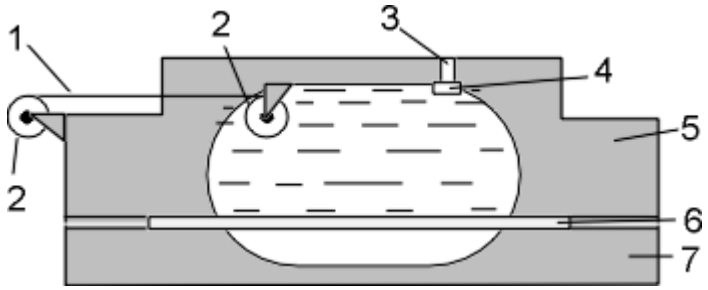


Рис. 19. *Способ получения высоких давлений по а.с. 566656.*
1 - гибкий элемент (лента), 2 - барабаны, 3 - отверстие, 4 - клапан, 5 - камера, 6 - готовка, 7 - матрица.

А.с. 566656: камеру заполняют маслом, клапан закрывается, перематывают гибкий элемент (ленту) с наружного барабана на внутренний, при этом увеличивается объем гибкого элемента внутри камеры, давление резко повышается и происходит калибровка заготовки (рис. 19). По прототипу (а.с. 118162) в камеру для штамповки впрыскивают жидкий азот, при нагреве давление поднимается, но не выше 600-700 атм.; это сужает технологические возможности, нельзя, например, штамповать толстолистовые заготовки.

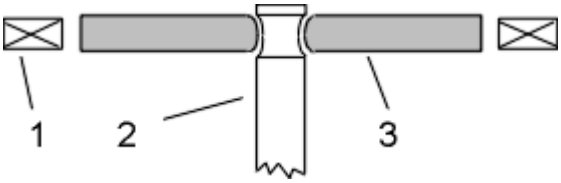
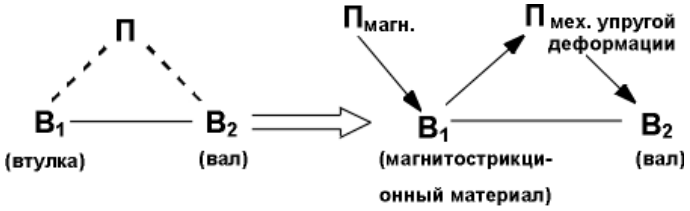


Рис. 20. *Разъемное соединение по а.с. 1298439.*
1 - электромагнит, 2 - вал, 3 - втулка.

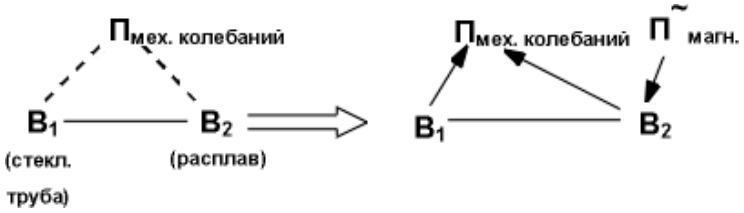
А.с. 1298439: способ разъемного соединения охватываемой и охватывающей детали по которому с целью уменьшения трудоемкости и увеличения производительности монтажа-демонтажа соединения, охватывающую деталь выполняют из магнитострикционного материала с положительным коэффициентом магнитострикции, а ее упругую деформацию осуществляют воздействием магнитного поля (рис. 20).



То есть плохо управляемые поля (механические – насадки, развальцовка, тепловое – горячая посадка) заменены на хорошо управляемое магнитное поле с одновременной заменой вещества втулки:

А.с. 994447: способ упрочнения стеклянных труб путем ионного обмена в расплаве солей при наложении упругих колебаний, отличающийся тем, что с целью повышения качества труб неограниченной длины, трубы перемещают через расплав соли, а упругие колебания создают наложением переменного магнитного поля и направляют перпендикулярно оси трубы.

Вместо механического возбуждения упругих колебаний использовано магнитное поле:



г) *Изменение положения центра тяжести системы*: часто эффективность движущейся системы может быть повышена за счет управляемого изменения его центра тяжести.

Примеры:

Трактор для работы на крутых склонах имеет подвижный центр тяжести (а.с. 508427).

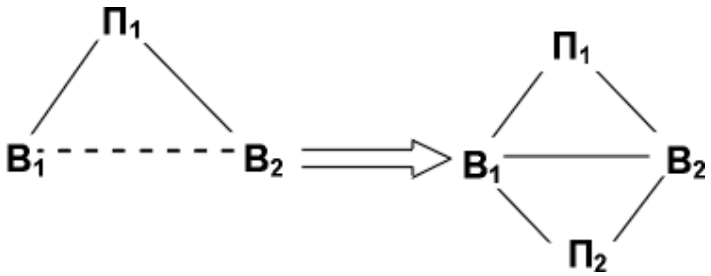
Полый молоток, в котором свободно перемещается ртуть, дробь и т. п. (при замахе в рукоятку, при ударе в боек), хорошо устраняет противоречие: для хорошего удара молоток должен быть тяжелым, а для экономии силы рабочего легким.

А.с. 354784: способ подготовки семян к посеву путем их гранулирования, отличающийся тем, что с целью обеспечения последующего высева семян, требующих ориентированной укладки на дно борозды, например, луковичных, донцем вниз, их размещают в гранулах со смещением центра тяжести относительно центра тяжести гранул, причем донце располагают в непосредственной близости к поверхности гранулы.

Задача 9. Из книги Г.Берегового "Угол атаки" (издательство "Молодая гвардия", 1971 г.): "Устойчивость самолета, грубо говоря, зависит от расположения центра тяжести и центра аэродинамического давления той точки приложения равнодействующих сил, которые возникают при встрече воздушного потока с плоскостями крыльев, фюзеляжем и хвостовым оперением. В условиях полета оба эти центра подвижны. Чем дальше они друг от друга, тем больший в этот момент запас устойчивости; при их сближении запас устойчивости, наоборот, уменьшается и, когда он совпадает, становится равным нулю. Парадокс заключается в том, что чем меньше запас устойчивости, тем маневреннее, тем легче в управлении машина, но вместе с тем и ближе к тому, чтобы выйти из повиновения, стать неуправляемой. "Какой закон нужно применить, чтобы запас устойчивости самолета менялся по желанию летчика?

Образование двойного веполя.

Если дан плохо управляемый веполь и нужно повысить его эффективность, причем замена элементов этого веполя недопустима, задача решается постройкой двойного веполя путем введения второго поля, хорошо поддающегося управлению.



Примеры:

Для очистки сильнозагрязненных ампул их заполняют раствором и встряхивают ($П_1$), а вокруг создают разряжение ($П_2$) и наполняющая их моющая жидкость закипает (а. с. 295299)

Для повышения сцепления шины с дорогой используется не только вес автомобиля ($П_1$), но и специальный узор протектора, из углублений которого вытесняется воздух и с помощью создаваемого вакуума ($П_2$) шина как бы прилипает к дороге ("Юный техник", 1986, № 6, с. 46).

Закон динамизации технических систем

Жесткие системы, для повышения их эффективности должны становиться динамичными, то есть переходить к более гибкой, быстро меняющейся структуре и к режиму работы, подстраивающемуся под изменения внешней среды.

С момента синтеза и на первых этапах развития ТС имеют обычно жесткие внутренние связи, в них отсутствуют подсистемы для изменения режима работы в зависимости от изменения внешних условий. Из-за этого системы легко уязвимы, часто выходят из строя, недолговечны. Поэтому этап динамизации (адаптации) неизбежен.

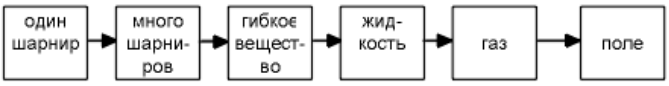
Для механических систем он начинается обычно с перехода от неподвижных частей к движущимся, жесткая связь (или конструкция) "ломается" и в этом месте вводится шарнир, жесткие элементы заменяются на гибкие, на гидро- и пневмоконструкции, используется вибрация, периодическое изменение формы и др.

Для последующих этапов динамизации характерно использование физических и химических эффектов и явлений, введение обратной связи, первые стадии самоорганизации, замена систем и подсистем идеальными веществами, "интеллектуализация" техники.

В основе динамизации лежат фундаментальные принципы организации природных процессов, вспомним, хотя бы, принцип Ле Шателье: если на систему, находящуюся в равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-нибудь из условий (температура, давление, концентрация), то равновесие смещается таким образом, чтобы уменьшить изменение. Система перестраивается, "уходит" от вредного воздействия внешнего фактора, повышает свою "живучесть" (разумеется, с помощью человека) приспосабливается к существующим условиям, к постоянно возрастающим потребностям человека и общества, в этом и есть главный смысл динамизации. На законе основаны два стандартных направления решения изобретательских задач:

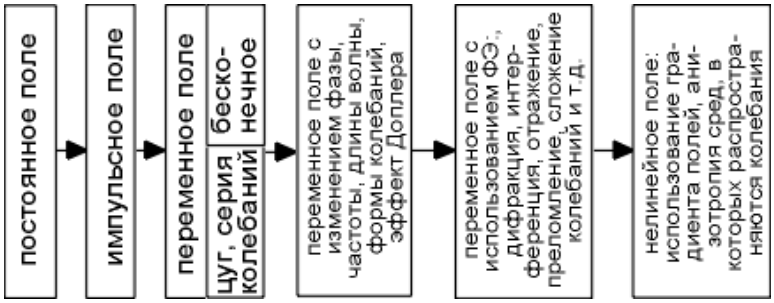
1) Динамизация вещества системы.

Динамизация начинается обычно с разделения вещества на две шарнирно соединенные части; далее динамизация идет по линии: **один шарнир – много шарниров – гибкое вещество – жидкость – газ; иногда динамизация заканчивается заменой вещественной связи полевой**:



2) Динамизация поля

– в простейшем случае осуществляется **переходом от постоянного действия к импульсному действию, затем к переменным и нелинейным полям.**



Обе цепочки динамизации отражают лишь наиболее характерные этапы изменений в системах. Не обязательно все этапы "проходят" системы и не все системы "доходят" в своем развитии до конца цепочек.

Использование закона в изобретательской практике.

Использование в изобретательской практике закона динамизации (как и всех других законов) предельно упрощает не только процесс решения, но и поиск задач. Знание законов развития ТС позволяет увидеть и точно сформулировать изобретательские задачи. Если мы знаем, что любая ТС проходит стадии динамизации, то нужно определить на каком этапе она в данный момент находится и сделать следующий шаг. Единственная трудность – определение "больного" места в ТС. Для этого нужно знать простое правило: *динамизируется в первую очередь та часть системы, которая испытывает наибольшие претензии внешней среды* (вредные воздействия по отношению к ТС – природные, социальные, от других ТС).

Примеры на введение одного шарнира:

- во Франции выпускается строительный кран с передвигающейся вверх-вниз кабиной для облегчения работы крановщика (расширяется поле зрения во время погрузки-разгрузки);
- а.с. 742639: гайка с отделяющейся резьбой; если такую гайку освободить от корпуса, резьбовая часть свободно снимается с болта без свинчивания;
- а.с. 645661: игрушка "ванька-встанька", содержащая корпус, нижняя и верхняя поверхности которого выполнены сферическими, груз, размещенный в нижней части корпуса, отличающаяся тем, что с целью расширения игровых возможностей, она имеет стержень, установленный в корпусе вертикально, а груз свободно установлен на стержне для обеспечения его продольного перемещения.

Вот рассказ одного из конструкторов самолета ЯК-50 о парадоксальном решении проблемы крепления к фюзеляжу тонкого, с большой стреловидностью крыла: "Надо сказать, что тогда мы довольно долго возились с этим узлом, добиваясь необходимой прочности. Несколько раз усиливали конструкцию, но она всякий раз разрушалась при статических испытаниях до достижения расчетных нагрузок. И вот в этот, прямо скажем, довольно критический момент Георгий Владимирович предложил оригинальное решение злосчастного узла, введя в него шарнирный элемент... Доработка упомянутого узла по предложению Г.В.Смирнова помогла, ЯК-50 вышел на летные испытания, показал хорошие результаты" (Козлов П.Я. Конструктор. М.: Машиностроение, 1989, с.45).

Примеры на введение многих шарниров:

- пат. США 3561679: сопло реактивного двигателя в виде телескопической раздвижной трубы; при запуске раздвигается, при транспортировке - складывается;
- а.с. 497381: сейсмостойкий дом на конусных шарнирах между каркасом здания и сваями;
- в Финляндии создана машина для очистки от кустарника и мелколесья лесных дорог, просек и откосов, в которой часто ломающиеся о камни ножи заменены цепями (цепь вращается со скоростью сотни оборотов в минуту и, как бритва, срезает поросль, обтекая камни);
- вырабатывая концепцию автомобиля "Фиат" модели 2000 года, конструкторы пришли к идее, что машина должна состоять из двух компонентов - шасси и разборного кузова, который может менять свой вид "как манекенщица меняет платья"; владелец автомобиля сможет варьировать передними крыльями машины, ее дверцами, капотом, стеклами, приборным щитком все эти части будут продаваться отдельно.

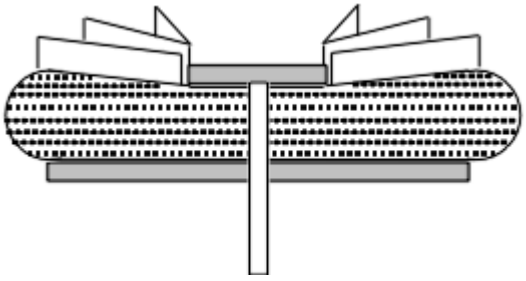
Что представляет собой современный кран? В сущности, это древний ворот (лебедка) с пристроенной к нему укосиной (стрела). И как бы не поворачивалась эта укосина, как бы не наклонялась, кран может взять только груз, находящийся точно под роликами, через который перекинут грузовой канат с крюком. Даже самый современный кран с телескопической стрелой и гидравлическим управлением не может "заглянуть" в проем строящегося здания или взять груз из какого-нибудь строительного закоулка. Эта ущербность будет сохраняться у кранов до тех пор, пока стрела не станет гибкой, как лебединая шея.

Такая стрела изобретена: она состоит из шарнирно сочлененных элементов стальных дисков с постепенно убывающим диаметром. Стрела похожа на трубку от противогаза, а диски, находящиеся внутри, составляют упругий каркас, придающий стреле необходимую

устойчивость. Каждый диск жестко соединен по всему периметру с эластичными стенками стрелы. Диски у противоположных стенок пронизаны стальными канатами. Если тянуть то за один канат, то за другой (для этого на поворотной платформе крана имеются гидроцилиндры и соответствующие механизмы), стрела будет изгибаться самым причудливым образом. Захват с грузом на такой стреле может проникнуть не только в окно, но даже в подвал строящегося дома ("Новое в жизни, науке, технике". Серия "Техника", 1988, № 6, с.28).

Примеры на введение гибких элементов:

- а.с. 965789: инструмент для обработки глубоких глухих отверстий в виде пружины, в торцевые витки которой вправлены алмазные зерна;
- а.с. 994153: сверло из многослойной ленты, завитой в спираль;
- а.с. 889113: фильтрующий элемент для очистки газов и жидкостей в виде пружины с небольшими зазорами между витками, через которые проходит очищаемый поток, но задерживаются загрязнения; как только количество задержанных загрязнений достигает критической величины, давление внутри пружины возрастает, растягивает пружину и она освобождается от осевших на нее частиц;
- в США решена проблема защиты берегов от эрозии (размыва волнами); вместо громоздких берегоукрепительных бетонных сооружений (волны со временем разбивают и эти "крепостные стены") используются искусственные водоросли из безвредного для окружающей среды пропилена; водоросли крепятся на заякоренной трубе вблизи берега и задерживают песчинки, при этом наносы растут по 5-7 см в сутки и гасят энергию волн;
- широкое применение нашли зеркала с изменяемой геометрией (за гибкой зеркальной поверхностью расположена пневматическая или вакуумная камера с изменяемым давлением) - зеркала заднего вида в автомобиле, в солнечных электростанциях, телескопах и т.д.;
- а.с. 1072089: глобус из эластичного магнитного материала, по которому можно изучать внутреннее строение Земли и вертикальные движения литосферы под действием гравитационных сил Солнца и Луны (магниты);
- в ФРГ выпускается гибкий пластмассовый карандаш длиной в 0,5 км, поставляется он в бухтах, а в магазине покупателю отрезают нужный кусок ("Наука и жизнь", 1983, № 3, с.85);
- а.с. 1130237 тонкая легкая стальная лента в режущем аппарате комбайна (косилки) вместо тяжелых и неуклюжих "ножниц", ленту можно подстраивать под рельеф почвы с помощью тяг.



Типичный пример на динамизацию: а.с.1069662: рабочий орган центробежного разбрасывателя, в котором с целью повышения равномерности распределения удобрения путем регулирования угла установки лопаток, лопатки закреплены на эластичной камере с жидкостью; угол наклона лопаток меняется при изменении количества жидкости в камере.

Есть железобетонные фундаментные блоки, похожие на многогранные стеклянные стаканы. Они тоже немного на конус и соотношение толщины стенок к высоте и диаметру примерно такое же. Эти блоки и называются стаканными. Представляете, что получится, если стеклянный стакан поставить на землю, накрыть стальной пластиной и бить по пластине кувалдой, пытаясь загнать стакан в землю? Примерно то же самое получается со стаканным

фундаментным блоком, когда плоский боек сваебоечного молота бьет по его торцу. Далеко не каждый блок удается забить целым и невредимым. Особенно страдают торцы блока, которые после забивки приходится восстанавливать прямо на стройплощадке. Для уменьшения повреждений стараются обходиться с блоками поделикатнее, бьют вполсилы. Но тогда на закладку фундамента уходит слишком много времени. Одно из предложений было таким: вставлять в блок металлический стакан и бить по нему. Но как бы точно жесткий вкладыш не повторял форму стакана, все равно нагрузки не будут распределяться равномерно и повреждения не исключены. Авторы нового способа предложили использовать... мешок с песком, т.е. вместо жесткого вкладыша - эластичный.

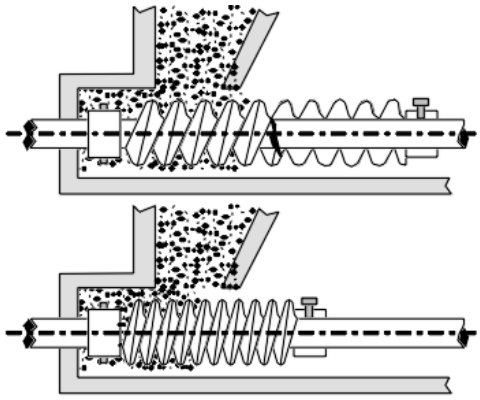
А.с.675134: Штамп 1 бьет не по хрупкому стакану 2, а по мешку с песком 3, который и давление распределяет равномерно и торцы стакана защищает.

Вообще, надо помнить, что нет абсолютно жестких конструкций любую можно согнуть на определенный угол. Хороший прием: чтобы жесткий элемент сделать более гибким, увеличивают его длину. Например, при строительстве трубопроводов надо часто стыковать участки длиной в сотни метров. Но сварочные головки автомата действуют только в 1/4 окружности, повернуть весь трубопровод нельзя, поэтому низ стыка сварить невозможно (приходится применять ручную сварку). По а.с. 340495 предложено закручивать трубы на 180 град это никак не отразится на трубопроводе большой длины.

Рис. 23.

Тот же прием использован в а.с. 901377 создан путеукладчик (рис. 23), который одновременно снимает старые рельсы со шпалами и укладывает новые; длина заменяемых участков 800 м, поэтому их свободно изгибают спиралью, размещая на одних и тех же платформах.

В дозаторе сыпучих материалов шнек выполнен из эластичного материала. Это позволяет регулировать шаг шнека (а.с. 222 781).



Динамизация телескопа и другой оптики оказалась столь эффективной, что появилась новая наука – адаптивная оптика (то есть приспосабливающаяся к вредным воздействиям внешней Среды – загрязнению атмосферы, изменению положения Солнца и т.п.). Разрабатываются мембранные зеркала, сами принимающие параболическую форму, жидкие линзы, с изменяющимся фокусным расстоянием и даже... жидкий телескоп (в качестве зеркала используется вращающаяся жидкость, например, ртуть – "Астрономический журнал", 1985, т. 62, вып. 3, с.598).

А вот изобретение 1949 года: а.с. 76409 – способ изготовления вогнутого зеркала для рефлекторных телескопов – серебро помещают в камеру, крышку приваривают, откачивают воздух, затем водородно-кислородные горелки нагревают камеру до расплавления серебра, вращают ее электродвигателем и серебро приобретает идеальную параболическую поверхность. Откачка воздуха нужна для того, чтобы он не поглощался расплавом, так как при выходе поглощенного газа на поверхности образуются поры.

Оказывается, линзы можно образовывать из горячего воздуха прямо в тубусе телескопа. Традиционные линзы телескопов, особенно больших, чересчур чувствительные к изменениям температур и потому требуют сложной системы терморегулирования. Чтобы с этим не возиться, создали телеобъективы, где вместо обычных стеклянных или зеркальных линз применены газовые линзы. Газовую линзу формирует вращающийся металлический тубус. Его горячие стенки нагревают заключенный в цилиндре воздух - чем ближе он к стенкам, тем теплее. Благодаря нагреву, преломление воздуха меняется и создается линзовый эффект ("Изобретатель и рационализатор", 1989, № 11, с.37).

Чем жестче требования к системе, тем быстрее она динамизируется. Например, требования к точности машин долгое время не менялись (до 20 века) и однажды найденные технические решения оставались неизменными, удовлетворяли потребностям, но как только потребовалось увеличение ГПФ, так и узлы станков начали интенсивно совершенствоваться.

Пары трения (например, опора и вал) – основа любых современных станков – резко изменились за последние десятилетия.

Когда-то (от станка Нартова до 20 века) требования к точности обработки ограничивались миллиметрами и для этого достаточно было непосредственного соприкосновения трущихся деталей – опоры и вала. Это была эпоха твердой контактной поверхности. При увеличении точности обработки до долей миллиметра, до десятков микрон, стали применять жидкую смазку. В 80-х годах прошлого века запатентована идея инженера Т.Орловского: подшипник скольжения, в котором вал при вращении не соприкасался с обоймой, а как бы парил в масле, заполнявшем под давлением зазор между ними. Это была идея бесконтактной гидростатической опоры. При дальнейшем увеличении точности потребовались еще более идеальные опоры – появились газостатические опоры (газ нагнетают под давлением через пори-

стые втулки – опоры валов). Динамизация опор пока закончилась полем – успешно применяются в сверхточных станках магнитные опоры.

В электротехнике с самого начала ее развития, одной из главных проблем была задача повышения долговечности и надежности контактов. Как говорят инженеры, "Электротехника это наука о контактах, главное в этой науке обеспечение контакта, где он нужен, и отсутствие, когда он не нужен". С наибольшей остротой эта проблема всегда стояла перед конструкторами электродвигателей и электрогенераторов их коллекторы – самая ненадежная часть этих устройств. Просмотр российского фонда изобретений за последние 50 лет показал четкую тенденцию развития коллекторных щеток:

1. угольные щетки,
2. феррочастицы + магнитное поле (постоянный магнит),
3. магнитная жидкость,
4. струйки ионизированного газа,
5. разряд в вакууме.

Причем, более 20 лет из этого срока шло совершенствование угольных щеток. Несколько десятков изобретений на способы соединения угольной щетки с медным проводом; здесь пытались преодолеть техническое противоречие: при спекании угля и сажи требуется температура 500-600 град., но при этой температуре на меди образуется окисный (диэлектрический) слой. По пат. Франции 1557274 удалось разрешить это противоречие: проводник предлагалось делать из углеродных волокон, кончик проводника спекать – получится угольная щетка.

4. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ (АРИЗ)

К основным понятиям АРИЗ относятся: **противоречия** и **идеальный конечный результат (ИКР).**

Еще Гегель писал: *"Противоречие есть критерий истины, отсутствие противоречия – критерий заблуждения".*

Различные технические средства создавались и создаются для удовлетворения тех или иных потребностей человека.

Потребности растут значительно быстрее возможностей их удовлетворения, что и является своего рода источником технического прогресса.

Проектирование новых объектов чаще всего подразумевает улучшение тех или иных технических параметров системы.

Сложные изобретательские задачи (неизвестных типов) требуют нетривиального подхода, так как улучшение одних параметров системы приводит к недопустимому ухудшению других параметров. Возникают **противоречия.**

Решение задач по АРИЗ представляет собой последовательность по выявлению и разрешению противоречий, причин, породивших данные противоречия и устранению их использованием информационного фонда. Так определяются причинно-следственные связи, суть которых – углубление и обострение противоречий.

Для этого в АРИЗ рассматриваются три вида противоречий: **поверхностное, углубленное** и **обостренное.** Г. Альтшуллер их назвал соответственно: ***административное, техническое*** и ***физическое.***

ПОВЕРХНОСТНОЕ ПРОТИВОРЕЧИЕ (ПП) – противоречие между потребностью и возможностью ее удовлетворения. Его достаточно легко выявить. Оно часто задается *администрацией* или заказчиком и формулируется в виде: *"Надо выполнить то-то, а как неизвестно", "Какой-то параметр системы плохой, нужно его улучшить", "Нужно устранить такой-то недостаток, но не известно, как", "Имеется брак в производстве изделий, а причина его не известна".*

Таким образом, ПП выражается в виде **нежелательного эффекта (НЭ)** – что-то плохо, или **необходимо создать что-то новое** неизвестно каким образом.

УГЛУБЛЕННОЕ ПРОТИВОРЕЧИЕ (УП) – это противоречие между определенными частями, качествами или параметрами системы. УП возникает при улучшении одних частей (качеств или параметров) системы за счет недопустимого ухудшения других. Оно представляет собой причину возникновения поверхностного противоречия, углубляя его. В глубине одного ПП, чаще всего, лежит несколько УП.

Как правило, улучшая одни характеристики объекта, мы резко ухудшаем другие. Обычно приходится искать компромисс, то есть чем-то жертвовать.

При решении технических задач, изменяют технические характеристики объекта, поэтому Г. Альтшуллер углубленное противоречие назвал **техническим противоречием.**

Техническое противоречие возникает в результате диспропорции развития различных частей (параметров) системы. При значительных количественных изменениях одной из частей (параметров) системы и резком "отставании" другой (других) ее частей возникает ситуации, когда количественные изменения одной из сторон системы вступают в противоречие с другими. Разрешение такого противоречия часто требует качественного изменения этой технической системы. В этом и проявляется закон перехода количественных изменений в качественные.

Прежде чем решать эти задачи рассмотрим еще один вид противоречий, рассматривающийся в АРИЗ.

ОБОСТРЕННОЕ ПРОТИВОРЕЧИЕ (ОП) – предъявление диаметрально противоположных свойств (например, физических) к определенной части технической системы. Оно необходимо для определения причин, породивших углубленное противоречие, т.е. является дальнейшим его углублением. Уточнение (углубление) противоречий может продолжаться и дальше для выявления первопричины. Для человека, незнакомого с АРИЗ, формулировка ОП звучит непривычно и даже дико – **некоторая часть ТС должна находится сразу в двух взаимоисключающих состояниях:** быть *холодным* и *горячим*, *подвижным* и *неподвижным*, *длинным* и *коротким*, *гибким* и *жестким*, *электропроводным* и *неэлектропроводным* и т.д.

Изучение причин, породивших углубленное (техническое) противоречие, в технических системах, как правило, приводит к необходимости выявления противоречивых **физических** свойств системы, поэтому Г. Альтшуллер назвал это **физическим противоречием.**

Следует подчеркнуть еще раз, что в отличие от углубленного (технического) противоречия, принадлежащего всей системе, обостренное (физическое) - относится только к определенной ее части.

Таким образом, рассмотренные три вида противоречий образуют цепочку: **поверхностное противоречие (ПП) – углубленное противоречие (УП) – обостренное противоречие (ОП)**, которая определяет причинно-следственные связи в исследуемой технической системе.

Следует еще раз отметить, что решить сложную техническую задачу – значит улучшить необходимые показатели системы, не ухудшая другие. Осуществить это возможно путем выявления углубленного (технического) противоречия, определения причин, породивших его, или даже причины причин (выявление обостренного противоречия), и устранения этих причин, то есть разрешения обостренного (физического) противоречия.

Этап выявления обостренного противоречия представляет собой точную постановку задачи.

Выявление обостренного противоречия при решении технических задач требует определенной направленности поиска, что возможно только при знании ответа. В реальной технической задаче ответ, безусловно, не известен.

Направленность в решении может быть достигнута ориентировкой на законы развития технических систем и, прежде всего, на закон увеличения степени идеальности технической системы.

Решение математических задач и задач "на сообразительность" часто выполняют методом "от противного". Суть метода заключается в том, что решать задачу начинают с конца. Определяют конечный результат - ответ. Уяснив его, "прокладывают" дорогу к началу, то есть решают задачу.

Заманчиво было бы и решение технических задач осуществлять аналогичным образом. Но как же узнать ответ?

Действительно, при решении технических задач ответ не известен, но можно пойти дальше... Можно представить идеал разрабатываемого устройства – идеальное устройство – **идеальный конечный результат (ИКР).**

Идеальная техническая система – это система, которой нет, а ее функции выполняются, т.е. цели достигаются без средств. ИКР – маяк, к которому следует стремиться при решении задачи. Близость полученного решения к идеальному определяет уровень и качество решения.

ИКР – решение, которое мы хотели бы видеть в своих мечтах, выполняемое фантастическими существами или средствами (волшебная палочка). Например, дорога существует только там, где с ней соприкасаются колеса транспорта.

В некоторых случаях можно говорить и об **идеальной форме**. Идеальная форма – обеспечивает максимум полезного эффекта, например, прочность, при минимуме используемого материала. Например, для подводного аппарата идеальная форма прочного корпуса – сфера.

Идеальный процесс – получение результатов без процесса, то есть мгновенно. Сокращение процесса изготовления изделий – цель любой прогрессивной технологии.

Так, секционный способ сборки судов заменен более прогрессивным – блочным. При секционном способе сначала на стапеле из отдельных секций (палубных, бортовых, днищевых и т. д.) собирали корпус судна, а затем вели монтаж оборудования. Блочный способ сборки заключается в том, что на стапель подают блоки, представляющие собой крупные объемные части судна с вмонтированным оборудованием. Блоки собирают в сборочном цехе из отдельных секций. Тут же устанавливают необходимое оборудование. Таким образом, на стапеле остается только состыковать отдельные блоки.

Постоянная борьба за повышение скорости транспортировки груза также характеризует тенденцию стремления к идеальному процессу. Увеличение скорости транспортировки груза добиваются неуклонным ростом скорости транспортных средств и сокращением времени на погрузочно-разгрузочные операции.

Идеальное решение, конечно, получить почти невозможно. ИКР – это эталон, к которому следует стремиться. Как раз близость полученного решения к ИКРу и определяет качество решения.

Сравнивая реальное решение с ИКРом, определяем противоречие. Таким образом, ИКР – инструмент, необходимый для выявления противоречия и для оценки качества решения.

Следовательно, ИКР служит своего рода "путеводной звездой" при решении технических задач.

Рассмотрев основные понятия АРИЗ - ИКР, углубленное и обостренное противоречия - мы легко себе можем представить этапы точной формулировки технической задачи.

Окончательно основную линию решения задач по АРИЗ можно представить в следующем виде:

ПП → УП → ИКР → ОП → РЕШЕНИЕ (1)

С точки зрения АРИЗ задача точно сформулирована, когда выявлены ПП, УП, ИКР, ОП согласно выше приведенной цепочке (1). Для формулировки всех ее звеньев, прежде всего,

выявляют, чем не устраивает "задачедателя" данная система (поверхностное противоречие – ПП), и что в ней плохого (нежелательный эффект). Какие надо предъявить к системе требования.

Так определяется углубленное противоречие (УП). Затем систему представляют таким образом, что в ней отсутствует нежелательный эффект, но сохраняются имеющиеся положительные качества. Результатом такого представления системы является формулировка идеального конечного результата – ИКР. После сравнения существующей ситуации и ИКР выявляют помехи к достижению идеального результата, ищутся причины возникновения помех и определяют противоречивые свойства, предъявляемые к определенной части системы (оперативной зоны), не удовлетворяющие требованиям ИКР. Таким образом, формулируется обостренное противоречие (ОП), которое и представляет собой точную формулировку задачи.

Последовательность (1) характерна для основных модификаций АРИЗ. Развитие АРИЗ идет в направлении формализации и детализации описанной последовательности, углубленного использования законов развития технических систем и информационного фонда.

Логика АРИЗ

Логика решения задач по АРИЗ показывает взаимосвязь элементов в основной линии (1), описанной раньше.

Поверхностное противоречие (ПП) формулируется или в виде потребности в появлении *нового свойства* или *действия* **"А" (положительного эффекта)**, или в виде **нежелательного эффекта (анти-В)**, который необходимо устранить.

Поверхностное противоречие (ПП), как мы уже отмечали, чаще всего выражается в виде **нежелательного эффекта (НЭ)**, т.е. параметр или требование **"В"** в нежелательном, вредном или недостаточном состоянии, которое мы обозначим, как **"анти Б"**. Схематически изобразим это так:

УП: А - анти В или анти А - В

Для определения углубленного противоречия (УП) выявляем два противоречивых требования, предъявляемых к системе. Обозначим эти требования буквами **"А"** и **"В"**. Тогда углубленное противоречие может быть представлено как потребность в улучшении характеристик, удовлетворяющих требованию **"А"**, которое приводит к недопустимому ухудшению характеристик, удовлетворяющих требованию **"В"** (появлению требования **анти-В**). Нежелательный эффект заключается в требованиях **"В"**. Или наоборот – улучшение **"В"** за счет ухудшения **А** (появления **"анти-А"**).

Формулировка идеального конечного результата (ИКР) должна быть направлена на устранение нежелательного эффекта (**анти Б**) при сохранении положительных требований **"А"**, то есть:

ИКР: А, В

Обостренное противоречие (ОП) определяется путем выявления противоречивых свойств **"С"** и **"анти С"** (например, физических), которыми должен обладать элемент системы, не справляющийся с требованиями ИКР. Для этого необходимо определить, каким свойством **"С"** должен обладать элемент, чтобы обеспечить требование **В**, т. е. чтобы устранить нежелательный эффект. Одновременно этот же элемент должен обладать противоположным свойством (**анти-С**), чтобы сохранить положительное требование **А**. Таким образом, элемент должен обладать свойством **"С"**, чтобы удовлетворить требованию **В**, (обозначим это **С→Б**), и свойством **"анти-С"**, чтобы сохранить требование **А** (обозначим это анти **С→А**).

ОП: С ⟶ В, анти-С ⟶ А,

Дальнейшее обострение противоречий осуществляется выявлением более глубинных свойств **"C_1"**, которые необходимы для создания (обеспечения) выявленных ранее свойств **"C"**.

$$C_1 \longrightarrow C$$

В некоторых случаях при решении сложных изобретательских задач, необходимо выявить еще более глубоко причинно-следственные связи в системе. Для этого приходится выявлять еще более глубинные свойства **C_1, C_2, …C_n**. Следующее по номеру свойство определяет, причину возникновения предыдущего свойства, т.е. что необходимо для выполнения этого свойства.

$$C_2 \longrightarrow C_1$$
$$C_3 \longrightarrow C_2$$
$$\ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots$$
$$C_n \longrightarrow C_{n-1}$$

В таких случаях выявляют несколько обостренных противоречий (**$ОП_1$, $ОП_2$, $ОП_3$ …$ОП_n$**). Схематически это можно изобразить:

$ОП_1$: $C_1 \longrightarrow C$; анти-$C_1 \longrightarrow$ анти-C.
$ОП_2$: $C_2 \longrightarrow C_1$; анти-$C_2 \longrightarrow$ анти-C_1.
$ОП_3$: $C_3 \longrightarrow C_2$; анти-$C_3 \longrightarrow$ анти-C_2.
. . . . . .
$ОП_n$: $C_n \longrightarrow C_{n-1}$; анти-$C_n \longrightarrow$ анти-C_{n-1}.

Решение задачи (РЗ) состоит в разрешении обостренного противоречия, например, путем разделения противоречивых свойств **C …C_n**.

Типовые способы разделения противоречивых свойств представлены в учебном пособии по АРИЗ.

Полностью логическая схема решения задач по АРИЗ показана на рис. 4.5.

ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА АРИЗ

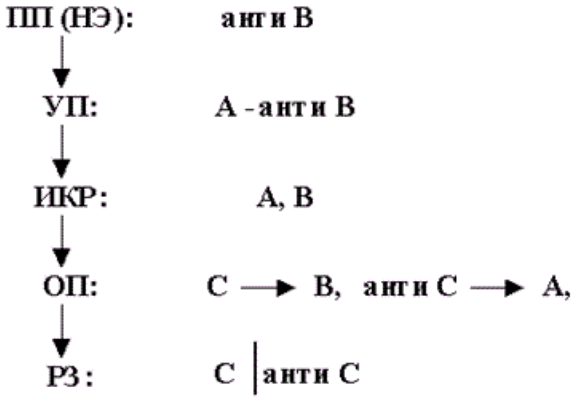


Рис. 4.5.

Причем основа основ ("изюмина") методики состоит в последовательном определении УП, ИКР, ОП.

$$УП \longrightarrow ИКР \longrightarrow ОП \longrightarrow РЕШЕНИЕ \quad (2)$$

5.3. Вспомогательные понятия АРИЗ

Итак, мы рассмотрели виды противоречий, основную линию и логику решения задач по АРИЗ. Теперь ознакомимся с другими понятиями АРИЗ, например, **изобретательская ситу-**

ация, мини- и макси-задачи, модель задачи, конфликтующая пара, изделие, инструмент, оперативные параметры и т.д.

Решение задачи во многом зависит от ее первоначальной постановки. Иногда задачу ставят достаточно кратко, излагая сущность технической системы или процесса, четко выделяя достоинства и недостатки или нежелательный эффект, например, в виде поверхностного противоречия (ПП): надо устранить вредное действие (свойство) или получить полезное действие (свойство), которого не хватает. Часто при постановке задачи не только отсутствует достоинства и недостатки, но и дается указание о направлении решения, сбивающее с толку и "решателя" и "задачедателя". Как правило, такое предписание уводит от истинного решения. Такая постановка задачи обладает неопределенностью формулировки, и в ТРИЗ получила название **ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОЙ СИТУАЦИИ.**

Пример. Первоначальная постановка задачи была следующей. Необходимо найти способ надежного контроля появления воды в топливных баках самолета34. В топливных баках находится не только керосин, но и атмосферный воздух, который содержит влагу.

На больших высотах при отрицательной температуре за бортом эта влага конденсируется на стенках баков и стекает в керосин. Так как вода тяжелее керосина, она опускается вниз и постепенно накапливается. Баки как бы понемногу "сосут" воду из атмосферного воздуха.

Сама по себе вода большой опасности для полетов не представляет, но опасна отрицательная температура при полете на больших высотах. Проходя по охлажденным трубопроводам, вода замерзает и, в виде кристаллов льда, попадает в топливные фильтры. Фильтры, забитые льдом, перестают пропускать керосин.

Двигатели без поступления топлива, как известно, останавливаются, со всеми вытекающими последствиями.

Накопившуюся в топливных баках воду нужно периодически сливать. Если это делать часто, то воды в баках не будет ни капли, но обслуживание самолетов удлинится и станет значительно дороже (сливается с водой и керосин). На самолетах десятки баков, многие из них расположены в крыльях на высоте пяти - шести метров, добраться до них не так просто. А если слив производить редко, то можно довести дело до остановки двигателей в полете. В дальнейшем была определена истинная потребность заказчика. Необходимо было исключить влияние атмосферной влаги на надежность подачи топлива из баков к двигателям. Кроме того, заказчик хотел, чтобы не увеличивался срок обслуживания самолетов. После этого уточнили постановку задачи, что позволило получить комплекс (веер) задач, решение которых может привести к удовлетворению истинной потребности заказчиков. В этот комплекс вошли:

- обеспечение контроля и своевременный слив воды (так задачу в последствии и сформулировал заказчик);
- исключение попадания атмосферного воздуха в баки;
- исключение попадания сконденсированной воды в керосин;
- обеспечение равномерного распределения воды в керосине (эмульгированная смесь не нарушает работоспособности топливной системы);
- предотвращение замерзания воды.

Таким образом, из изобретательской ситуации получен ряд конкретных задач.

Существует специальная методика превращения исходной ситуации в комплекс задач.

Суть этой методики в нашей интерпретации следующая:

1. *Составляется функциональная цепочка всех имеющихся в системе (включая надсистему и внешнюю среду) элементов и их воздействий друг на друга.*
2. *Выявляются вредные, ненужные и лишние взаимодействия.*
3. *Используя, оператор отрицания получают список задач, как не допустить или устранить вредные действия и сократить или убрать полностью ненужные или лишние операции.*

Итак, изобретательская ситуация, факт возникновения которой констатируется в виде ПП, на тот или иной недостаток: нет такого-то нужного свойства или, наоборот, возникающие при решении изобретательских задач, обусловлены попытками сразу осилить ситуацию – без обоснованного перехода от "вороха" задач в ситуации к одной конкретной задаче.

Ситуация в АРИЗ переводится в **максимальную (макси-)** или **минимальную (мини-)** задачи.

Схема **макси-задачи**: требуется принципиально новая техническая система (ТС) для такой-то цели.

У **мини-задачи** другая цель: необходимо сохранить существующую систему, но обеспечить недостающее полезное действие или убрать имеющееся вредное свойство.

В обоих случаях суть должна излагаться просто и ясно, чтобы все было понятно неспециалисту. Если задача понятна школьнику, то это значит, что ее понимает и сам "задачедатель".

Мини-задача имеет ряд особенностей:

1. "мини-" не означает размеры (маленькая) задачи. При решении мини-задачи надо получить результат при минимальных изменениях имеющейся технической системы. Чаще всего решить мини-задачу оказывается труднее макси-задачи из-за дополнительных ограничений в формулировке задачи - (при минимальных изменениях).
2. из одной и той же ситуации имеется возможность получить несколько разных мини-задач.
3. мини-задача должна быть сформулирована без специальных терминов (спецтерминов). Применение спецтерминов наводит на использование определенных элементов в ТС или определенной технологии, характерной для данного термина. Спецтермины следует заменять общеупотребительным (более общим) понятием, охватывающим более широкий класс систем (элементов) и явлений, выполняющих туже функцию.

В качестве примера спецтермина можно назвать "радиатор" – обычно это металлическая пластина с ребрами. Более общим понятием является "теплоотвод" – устройство для отвода тепла: радиатор, термоэлемент, вентилятор, корпус конструкции и т.п. Название операции "пайка" следует заменить на термин механическое соединение двух деталей с электрическим контактом или без электрического (при необходимости) контакта. Вместо пайки можно использовать клеевое соединение, сварку, навивку, винтовое соединение и т. п.

Нельзя думать, что, сформулировав макси- или мини-задачу, всегда можно выйти на изобретательскую задачу. Существуют тупиковые формулировки, полученные неверным истолкованием исходной ситуации. В этих случаях после ряда безуспешных попыток решить задачу выясняется, что для достижения цели необходимо было выбрать совсем другое направление в решении (формулировка задачи должна быть другой). Иногда и сама цель в ходе решения полностью меняется. По этой причине нельзя безоговорочно доверять условиям задачи, ибо правильно сформулированных изобретательских задач не бывает. Если изобретательская задача сформулирована абсолютно правильно (идеально), то она перестает быть задачей: ее решение становится очевидным или же будет ясно, что задача не поддается решению при имеющемся уровне науки и техники.

Таким образом, можно отметить, что основная линия решения задачи по АРИЗ характеризуется тем, что неопределенность, имеющая место в изначальной ситуации, уменьшается постепенно шаг за шагом. В то же время далеко не всегда из сформулированной изобретательской ситуации ясно, какую часть рассматриваемой системы необходимо анализировать.

Для этого в АРИЗ имеются следующие рекомендации. В первую очередь необходимо выявить место возникновения конфликта в технической системе (ТС), наличие которого констатируется в виде углубленного противоречия. Конфликт может быть между частями ТС или ее свойствами. Иногда возникает "межранговый" конфликт: системы с надсистемой или системы с подсистемой. Появление конфликта возможно только при воздействии не менее двух элементов, которые называются конфликтующей парой.

КОНФЛИКТУЮЩАЯ ПАРА – это два элемента, две системы, между которыми происходит конфликт – нежелательный эффект. В изобретательской ситуации, как правило, несколько (минимум одна) конфликтующих пар и ряд углубленных противоречий (УП). Выбор одной пары и одного УП соответствует переходу от изобретательской ситуации к задаче. Конфликтующая пара вместе с УП образует модель задачи.

МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ – это мысленная, условная схема задачи, отражающая структуру конфликта в системе. Один из элементов конфликтующей пары является главным объектом рассмотрения и его называют изделием или объектом, а второй элемент – инструментом.

ИЗДЕЛИЕ – элемент ТС, который по условиям задачи надо обработать (изготовить, переместить, изменить, улучшить, защитить от вредного воздействия, обнаружить, проконтролировать, измерить и т.д.). К изделию можно отнести обрабатываемую деталь; электрорадиоэлемент, у которого измеряют параметры; обнаруживаемое электромагнитное поле и т.п. В задачах на обнаружение и измерение изделием может оказаться элемент, являющийся по своей основной (рабочей) функции инструментом.

Например, резец токарного станка или шлифовальный круг обычно являются инструментами, но при их измерении они являются изделиями.

ИНСТРУМЕНТ – элемент, с которым непосредственно взаимодействует изделие (резец, а не весь токарный станок; паяющий стержень (жало), а не паяльник; волна припоя при пайке волной; раскаленный газ в газовой горелке или паяльнике; пучок электронов или лазерный луч при электронно-лучевой или лазерной сварке или при радиальной пайке). В частности, инструмент может быть окружающая среда, например, климатические воздействия на изделие – влага, туман, температура, давление. Иногда к инструменту относятся стандартные детали, используемые для сборки изделия: функциональные модули, микромодули, интегральные микросхемы (ИМС) – инструмент для создания различных боков радиоэлектроаппаратуры. При выборе конфликтующей пары не редко возникают затруднения. Рассмотрим их на примере, приведенном в [1].

Задача. *Имеется установка для испытания длительного действия кислот на поверхность образцов сплавов. Установка представляет собой герметично закрытую металлическую камеру. На дно камеры устанавливают образцы (кубики). Камеру заполняют агрессивной жидкостью, создают необходимые температуру и давление. Агрессивная жидкость действует не только на кубики, но и на стенки камеры, вызывая их коррозию и быстрое разрушение. Приходится камеру изготавливать из благородных металлов, что чрезвычайно дорого. Как быть?*

Перед нами изобретательская ситуация с четко видным поверхностным противоречием (ПП): нужно как-то уменьшить стоимость системы, а как именно – неизвестно. В системе три части (элемента): камера (корпус камеры, стенки), агрессивная жидкость и кубик – образец. Из них нужно выбрать конфликтующую пару. Собственно имеется три пары элементов (частей):

1) камера – агрессивная жидкость,
2) камера – кубик,
3) агрессивная жидкость – кубик.

Конфликт имеется только в первой и третей парах. Между камерой и кубиком нет конфликта, поскольку нет вредного воздействия. Две конфликтующие пары – это две различные изобретательские задачи со своими углубленными противоречиями (УП).

Можно выбрать первую конфликтующую пару: камера – жидкость. Тогда задача – борьба с коррозией – весьма широкая и во многом исследовательская задача, несоизмеримо более трудная, чем испытание образцов. Операцию выбора конфликтующей пары не всегда можно выполнить так легко. В более сложных случаях первоначально нужно выбрать изделие, нежелательный эффект и, если это возможно, желаемый результат, который мы хотим получить. Бывают случаи, когда трудно однозначно выбрать инструмент, особенно если из

несколько. Для выбора инструмента следует построить таблицу взаимодействий элементов, своего рода "турнирную" таблицу, похожую на показанную ниже.

Элементы	1	2	3	…	n
1					
2					
3					
. .					
n					

В таблице буквой "n" обозначено количество рассматриваемых элементов в задаче. В данной задаче **изделие** – это **кубик. Нежелательный эффект** – порча (коррозия) камеры. **Желаемый результат** – испытание кубика. Таблица взаимодействий элементов для данной задачи показана ниже.

Таблица взаимосвязей элементов

Элементы системы	1. Камера	2. Агрессивная жидкость	3. Кубик
1. Камера		+	-
2. Агрессивная жидкость			+
3. Кубик			

Примечание. В таблице обозначено:

"+"	-	наличие конфликта;
"-"	-	отсутствие конфликта;
	-	связь не рассматривается.

В таблице можно рассматривать или верхнюю или нижнюю половину (относительно диагонали), так как прямое и обратное взаимодействия, как правило, одинаковы.

Итак, в системе две конфликтующие пары, которые мы описывали раньше. Как из них выбрать одну.

Первое правило – ***пара должна состоять из изделия и инструмента*****.**

Изделие – **кубик**, значит, стоит рассматривать только столбец 3.

Отсюда следует, что конфликтующая пара: **Кубик - Агрессивная жидкость.**

Если это правило не выявило одну конфликтующую пару, то следует использовать еще одно ***правило – должна рассматриваться пара, в которой рассматриваются элементы, выполняющие полезную функцию (желаемый результат).*** Часто бывает полезно рассмотреть и пару, связанную с нежелательным эффектом.

Положительная функция – исследование кубика.

И это правило нас наталкивает на выбор той же конфликтующей пары. Отметим еще одно. Исходя из **закона увеличения степени идеальности системы**, в конфликтующую пару должны входить изделие и та часть инструмента, которая непосредственно обрабатывает

изделие. Инструмент тем идеальнее, чем его меньше. Этим правилом мы должны ограничить количество инструмента – агрессивной жидкости.

Таким образом, уточненная конфликтующая пара – кубик и агрессивная жидкость около кубика.

Реально это может существовать, если жидкость сама удерживается на кубике или кубик удерживает жидкость.

Жидкость может удержаться, если она не будет жидкостью, а гелем (мазь или пластилин) или льдом. Кубик может удержать жидкость за счет различных полей, например, электрического: жидкость заряжается одним знаком, а кубик - другим; магнитного – в жидкость добавляют ферромагнитные частицы, а кубик представляет собой магнит, но лучше всего использовать гравитационное поле - кубик должен быть полым.

Жидкость наливается в полый кубик и таким образом происходит испытание.

Рассмотрим еще одно понятие АРИЗ – **ОПЕРАТИВНЫЙ ПАРАМЕТР.**

Оперативные параметры системы – параметры, которые следует изменить (или легче всего меняются) для решения задачи.

В качестве этих параметров могут быть части системы, физические величины, экономические, эстетические и эксплутационные и пр.

Наиболее часто используются оперативная зона и оперативное время.

ОПЕРАТИВНАЯ ЗОНА – пространство, в котором происходит конфликт. Она может рассматриваться достаточно широко, включая в себя полностью изделие и инструмент, часть надсистемы и окружающей среды. Менее широко – только конфликтующую пару или узко – место взаимодействия инструмента с изделием. Целесообразность выбора широкой или узкой зоны определяется при решении конкретной задачи.

В выборе широкой или узкой оперативной зоны имеется свое противоречие. Если зона выбрана очень узко, то это может привести к самой точной формулировке обостренного противоречия, в случае если зона выбрана правильно, и к уводу от основного противоречия или не замечанию других противоречий, в случае если зона выбрана не правильно. Если зона выбрана очень широко, то мы не уйдем из зоны конфликта (или конфликтов) – можем обнаружить куст противоречий, но не выявим главного противоречия и не сформулируем его точно.

На первых этапах обучения целесообразно выбирать более широкую оперативную зону, а затем в процессе решения и уточнения задачи ее сужать. Возможно, для этого придется несколько раз решать задачу, зато не будет упущено главное противоречия и выявятся сопутствующие трудности. Обязательными элементами зоны должны быть изделие и инструмент.

ОПЕРАТИВНОЕ ВРЕМЯ – время, в которое совершается конфликтующее действие. Для разрешения конфликта может быть использовано время до конфликта (предварительная подготовка) или время после совершения конфликта (время исправления конфликта). Идеальнее использовать время до конфликта, тогда конфликт не возникнет, и не нужно будет терять время на его устранение.

На этом мы закончим рассмотрение основных понятий АРИЗ. Остальные его особенности будут изложены при рассмотрении структуры АРИЗ.

Структура АРИЗ

АРИЗ – пошаговая программа для анализа и решения изобретательских задач. Первая модификация появилась в 1959 г. *(АРИЗ-59)*. Имелись модификации *АРИЗ-61, АРИЗ-71, АРИЗ-77*, АРИЗ-82, *АРИЗ-85-В*. Основная линия решения задач по АРИЗ уже была рассмотрена. Последние модификации АРИЗ включали три основные компоненты (см. рис. 1.1): **программу, информационное обеспечение и методы управления психологическими факторами.**

1. **Программа АРИЗ** представляет собой последовательность операций по выявлению и разрешению противоречий (см. основную линию АРИЗ), анализу исходной ситуации и вы-

бору задачи для решения, синтезу решения, анализу полученных решений и выбору наилучшего из них, развитию полученных решений, накоплению наилучших решения и обобщению этого материала для улучшения способа решения других задач. Структура программы и правила ее выполнения базируются на законах и закономерностях развития техники.

2. **Информационное обеспечение** питается из **информационного фонда**, который включает систему ***стандартов на решение изобретательских задач; технологические эффекты*** (физические, химические, биологические, математические, в частности, наиболее разработанных из них в настоящее время – геометрических); ***приемы устранения противоречий; способы применения ресурсов*** природы и техники.

3. **Методы управления психологическими факторами** необходимы вследствие того, что программа АРИЗ предназначена не для компьютера, и задачи решаются не автоматически, а с помощью человека. Поэтому у решателя часто возникает ***психологическая инерция,*** которой необходимо управлять. Кроме того, эти методы позволяют развить творческое воображение, которое необходимо для решения сложных изобретательских задач.

Рассмотрим структуру модификации АРИЗ-85-В. Текст алгоритма снабжен комплексом правил, пояснений и примеров, которые хотя и увеличивают объем методики, но зато упрощают ее использование.

Все вспомогательные комментарии и правила нужны лишь при освоении алгоритма, в последствии (после освоения) становятся почти ненужными.

АРИЗ-85-В содержит 9 частей.

1. *Анализ задачи.*
2. *Анализ модели задачи.*
3. *Определение ИКР и ФП.*
4. *Мобилизация и применение вещественно-полевых ресурсов.*
5. *Применение информационного фонда.*
6. *Изменение и/или замена задачи.*
7. *Анализ способа устранения ФП.*
8. *Применение полученного ответа.*
9. *Анализ хода решения.*

Структурная схема АРИЗ-85-В представлена на рис. 4.9.

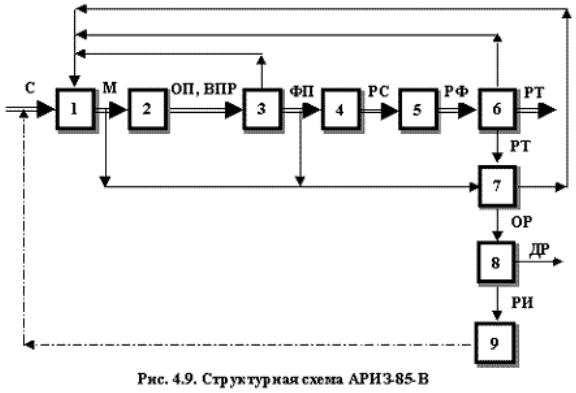


Рис. 4.9. Структурная схема АРИЗ-85-В

Где: 1-9 - части АРИЗ, С - ситуация, М - модель, ОП - оперативные параметры, ВПР - вещественно-полевые ресурсы, ФП - физическое противоречие, РС - структурное решение, РФ - физическое решение, РТ - техническое решение, ОР - оценка решения, ДР - другие решения,РИ - развитие идеи.

Прежде чем приступить к решению задачи по АРИЗ, целесообразно сформулировать задачу. Это необходимо сделать в связи с тем, что чаще всего заказчик предоставляет не задачу, а достаточно туманную **ситуацию (С)**. Такую ситуацию называют **изобретательской,** и, как правило, она содержит несколько поверхностных противоречий (ПП):

$$C = f(ПП_1, ПП_2 \ldots ПП_n).$$

Выбор задачи из изобретательской ситуации сводится практически к выбору поверхностного противоречия. Этот процесс частично рассматривался раньше, а детально – в учебном пособии по АРИЗ.

Цель **первой части** АРИЗ – перейти от поверхностного противоречия "ПП" к модели **"М"** задачи (рис. 4.10), представляющей собой два элемента системы (конфликтующую пару) и углубленное противоречие (УП) между ними.

АРИЗу свойственно постепенное сужение анализируемой области (области рассмотрения) в системе. Вначале рассматривается изобретательская ситуация со многими элементами и конфликтами. Из всех элементов отбирают только два – конфликтующую пару, а затем переходят от пары элементов к одному, который и исследуется на следующих частях АРИЗ.

В конце первой части модель представляют в вепольном виде и, преобразуют эту модель в соответствии с тенденциями развития вепольных систем. Иногда это приводит к решению задачи.

Тогда рекомендуется проверить решение – перейти к седьмой части (на рис. 4.9 это показано стрелкой внизу), и даже если оно удовлетворяет, продолжить решение задачи по АРИЗ, начиная со второй части. При этом, возможно, получим решение еще лучшее.

Во **второй части** АРИЗ предельно сужают область исследования, определяя оперативные параметры: оперативную зону, оперативное время и **вещественно-полевые ресурсы.**

На **третьей части** АРИЗ определяют идеальный конечный результат (ИКР) и обостренное противоречие (ОП). Формулируя ОП необходимо следить за выполнением логики АРИЗ, если она не соблюдена, то следует вернуться к первой части и откорректировать модель задачи (стрелка обратной связи, показанная на схеме рис. 4.9 наверху). Кроме того, осуществляют попытку получить структурное решение, используя стандарты на решение изобретательских задач. Если решение найдено, то его проверяют, переходя к седьмой части (стрелка внизу на рис. 4.9) и продолжают решение, начиная с четвертой части.

На **четвертой части** мобилизуют и применяют **вещественно-полевые ресурсы (ВПР),** выявленные на второй части. Использование ВПР позволяет получить решение более идеальное.

Пятая часть АРИЗ предназначена для разрешения обостренного противоречия (ОП). Для этой цели используется информационный фонд (стандарты на решение изобретательских задач, задачи-аналоги, технологические эффекты, приемы). Если решение найдено, то переходят к седьмой части и проверяют его, а затем продолжают решение по 6 – 9 частям.

Основная цель **шестой части** АРИЗ – переход от физического решения к техническому. Для этого необходимо сформулировать технический способ осуществления физического решения, разработать конструктивное воплощение и технологическую реализацию. Если решение не получено, то рекомендуется вернуться к первой части (на рис. 4.9 это показано в виде петли обратной связи), заново сформулировать УП и решать задачу. Если и в этом случае не получено решение, то снова формулируют модель задачи, выбрав другое ПП. При необходимости такое возвращение совершают несколько раз – с переходом к надсистеме (системе более высокого ранга).

В **седьмой части** алгоритма осуществляется **анализ полученного решения** и определение его пригодности для конкретных производственных условий, т.е. проводится **оценка решения (ОР)**. Один из приемов оценки решения - это сравнение его с ИКР. Степень близости полученного решения к ИКР определяет качество полученного решения.

В результате оценки решения могут возникнуть две ситуации: полученное решение приемлемо или неприемлемо (удовлетворяет или не удовлетворяет требованиям ИКР и задачедателя). В первом случае идею решения развивают с помощью восьмой части и оценивают ход решения в девятой части. Когда решение по каким-то причинам не устраивает, то целесообразно вернуться к первой части (петля обратной связи на рис. 4.9 показана штрихпунктирной линией) и сформулировать другую модель задачи. Если решение годится, то следует

проверить (по патентным данным) формальную новизну полученного решения и выявить подзадачи, возникающие при технической разработке полученной идеи, записать возможные подзадачи – изобретательские, конструкторские, расчетные, организационные. После этого развивают идею решения и оценивают ход решения в соответствии с восьмой и девятой частями.

В **восьмой части** развивается идея решения по трем направлениям. Первоначально определяется соответствие полученного решения надсистеме, куда должна входить рассматриваемая в задаче система. Такое соответствие зависит от уровня полученного решения: принципиально новое – "пионерское" (например, изобретение самолета, радио, лазера, компьютера и т.п.) и не принципиально новое – не пионерское.

Если решение не "пионерское", то решение подстраивается под систему и надсистему. Прежде всего следует выяснить взаимосвязи разработанной системы с другими системами, надсистемой и внешней средой и обеспечить процесс их взаимодействия так, чтобы не вызывать взаимных отрицательных явлений. Это осуществляется в соответствии с законами развития технических систем, например, согласованием параметров, форм, связей, веществ и полей вновь создаваемой системы с надсистемой и окружающей средой.

Кроме того, осуществляется согласование процессов по времени, в частности, согласование ритмики работы.

Если при этом выявляются какие-то недостатки, то они устраняются. Часто в таких случаях устранение этих недостатков является новой задачей, которая тоже может быть решена по АРИЗ.

После этого решение дорабатывается конструктивно, технологически, разрабатываются мероприятия по использованию полученного решения.

Если решение "пионерское", то для его осуществления, как правило, следует изменить надсистему.

Пожалуй, с особым упорством психологическая инерция проявляется в сохранении старой формы в новых изобретениях. Много таких примеров хранит история техники. Вспомним некоторые из них:

Пример 4.21. Первое паровое судно, построенное в конце XVIII века американским изобретателем Фитчем, приводилось в движение ... веслами. Гребцы были заменены паровым двигателем, в остальном старая форма корабля не изменилась (рис. 4.10).

Пример 4.22. Первый электродвигатель копировал паровую машину (рис. 4.11). Эволюция развития электродвигателей показана на рис. 4.12.

Пример 4.22. В качестве движителя первого паровоза были... ноги (рис. 4.13).

Пример 4.22. Наиболее характерным примером сохранения старой формы может служить история появления и развития автомобиля. Первый автомобиль повторял форму привычной коляски. Двигатель этого автомобиля был расположен впереди в специальном кожухе, выполненным в форме... крупа лошади. Интересно, что и управление этой машиной осталось традиционным. Повороты осуществлялись с помощью привычных ... вожжей (рис. 4.14) . Характерно и то, что "атавизмы" кареты оставались еще очень долго.

Однако, иногда старая форма может быть следствием психологической инерции потребителей, отдающих предпочтение привычному, традиционному представлению об изделии. Все большее распространение получают изделия в стиле "ретро".

Второе направления развития идеи решения – использование полученного решения по новому назначению – для выполнения других функций, для других систем.

Третье направление – применение полученной идеи решения для решения других задач. Так формулируются новые стандарты на решение изобретательских задач. Таким образом, на выходе восьмой части мы получает **развитие идеи (РИ)** и **дополнительные решения (ДР).**

Цели **девятой части** – совершенствование навыков пользования АРИЗ и усовершенствование самого АРИЗ. Такая операция проводится путем сопоставления идеального хода решения задачи по всем шагам АРИЗ с реальным.

Тем самым производится оценка хода решения.

После получения решения достаточно легко представить идеальный ход решения, ибо "с вершины" полученного решения легче увидеть наиболее быстрый, легкий и точный путь, который ведет к вершине этого решения. При сравнивании реального решения с идеальным легче обнаружить просчеты и неточности, допущенные при решении. Следует тщательно разобраться в причинах этих ошибок, запомнить их и учесть при решении других задач. За счет такого анализа совершенствуется методика решения, значительно эффективнее и быстрее происходит ее освоение.

Иногда ошибки совершаются не потому, что вы не знаете АРИЗ, а из-за его несовершенства. Тогда такие ошибки собираются и систематизируются, чтобы устранить недостатки АРИЗ.

Так постепенно совершенствуется АРИЗ.

Приемы разрешения противоречий

Система приемов, используемая в ТРИЗ, включает **простые** и **парные** (прием-антиприем).

Простые приемы позволяют разрешать **углубленные (технические) противоречия**.

Парные приемы состоят из приема и антиприема, с их помощью можно разрешать **обостренные (физические) противоречия**, так как при этом рассматривают два противоположных действия, состояния, свойства.

Приведем некоторые из приемов.

Один из основных приемов называется принцип **ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ**. Рекомендуется заранее выполнить требуемое по условиям задачи действие.

Пример 6.1. Оплетение заранее места взрыва гибкой сетью делает его безопасным для окружающих. Сеть быстро крепится к земле специальными анкерами.

Практически все аварийные средства выполняются по принципу **ЗАРАНЕЕ ПОДЛОЖЕННОЙ ПОДУШКИ**.

В качестве парного приема можно назвать принцип **ДРОБЛЕНИЕ-ОБЪЕДИНЕНИЕ**.

Пример 6.2. Японский изобретатель Хабаро Такэси предложил делать напильник из набора плоских элементов типа ножовочных полотен. Такой напильник можно легко разобрать, при этом он очищается от опилок, после сборки он снова готов к работе. При этом разрешается обостренное противоречие – зубья напильника должны находится **БЛИЗКО** друг от друга, чтобы можно было им работать, и должны находится **ДАЛЕКО** друг от друга, чтобы не забиваться опилками.

6.1.1. Использование таблицы приемов устранения технических противоречий.

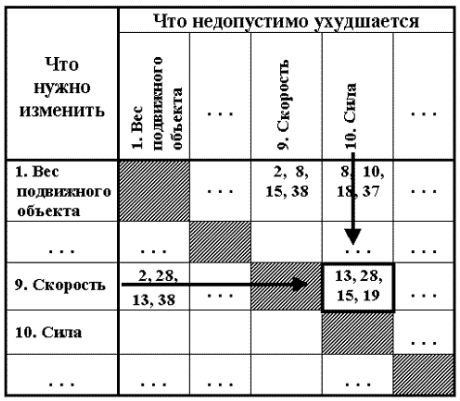


Рис. 6.1. Фрагмент таблицы приемов устранения технических противоречий

Статистический анализ технических задач позволил выявить типичные технические противоречия и приемы их устранения. В результате анализа более 40 тыс. изобретений Г.Альтшуллер выявил 40 основных (наиболее сильных) приемов, отобрал 39 универсальных параметров системы, которые можно изменять и составил таблицу их применения. Фрагмент таблицы приведен на рис. 6.1.

В таблице по вертикали и горизонтали расположены универсальные показатели, а на их пересечении указаны номера приемов.

Опишем универсальные параметры:

1. Вес подвижного объекта
2. Вес неподвижного объекта
3. Длина подвижного объекта
4. Длина неподвижного объекта
5. Площадь подвижного объекта
6. Площадь неподвижного объекта
7. Объем подвижного объекта
8. Объем неподвижного объекта
9. Скорость
10. Сила
11. Напряжение, давление
12. Форма
13. Устойчивость состава объекта
14. Прочность
15. Продолжительность действия подвижного объекта
16. Продолжительность действия неподвижного объекта
17. Температура
18. Освещенность
19. Энергия, расходуемая подвижным объектом
20. Энергия, расходуемая неподвижным объектом
21. Мощность
22. Потери энергии
23. Потери вещества
24. Потери информации
25. Потери времени
26. Количество вещества
27. Надежность
28. Точность измерения
29. Точность изготовления
30. Вредные факторы, действующие на объект извне
31. Вредные факторы, генерируемые самим объектом
32. Удобство изготовления
33. Удобство эксплуатации
34. Удобство ремонта
35. Адаптация, универсальность
36. Сложность устройства
37. Сложность контроля и измерения
38. Степень автоматизации
39. Производительность

Прежде чем использовать таблицу, необходимо выявить техническое противоречие, присущее данной задаче. Это можно сделать несколькими путями.

1. **Сформулировать техническое (углубленное) противоречие**, как это было описано в п. 3.1.1, а затем привести их в соответствие с универсальными параметрами.

2. **Использовать сразу таблицу в следующей последовательности:**

2.1. Выбрать по таблице в вертикальной колонке (см. рис. 6.1) параметр, который нужно изменить (увеличить, уменьшить, улучшить) по условиям задачи. Например, на рис. 6.1 мы выбрали строчку **9. Скорость.**

2.2. В горизонтальной строке выбрать параметр, который недопустимо ухудшается. Например, на рис. 6.1 мы выбрали столбец **10. Сила.**

2.3. На пересечении их в клеточке указаны номера приемов, которые рекомендовано использовать. Например, на рис. 6.1 – это приемы **13, 28, 15, 19.**

3. **Использовать более сложную последовательность:**

3.1. Выбрать по таблице в вертикальной колонке, параметр, который нужно изменить по условиям задачи.

3.2. Найти известный путь, как можно улучшить выбранный показатель, не считаясь с проигрышем (ухудшениями).

3.3. Какой параметр недопустимо ухудшается, если использовать найденный путь, выбрать его в горизонтальной строке таблице.

3.4. На пересечении выбранных показателей в клеточке указаны номера приемов, которые рекомендовано использовать.

Задача 6.1. Маховики используется, как аккумуляторы энергии. Чем больше их диаметры и масса, тем больше энергии они аккумулируют, но чем больше диаметр и скорость вращения, тем больше силы разрыва маховика. Как быть?

Сформулируем технические противоречия:

Диаметр маховика – сила разрыва

Масса маховика – сила разрыва

Скорость вращения маховика – сила разрыва

Диаметр маховика – прочность маховика

Масса маховика – прочность маховика

Скорость вращения маховика – прочность маховика

Опишем эти противоречия в виде универсальных параметров: **Диаметр**, видимо, можно рассматривать как параметр **3. Длина подвижного объекта**, **Масса – 1. Вес подвижного объекта**, остальные параметры одноименны.

Опишем технические противоречия в виде универсальных параметров (слева указан их номер) и в скобках укажем номера приемов, соответствующие этим противоречиям.

3. Длина подвижного объекта	**- 10. Сила**	**(17, 10, 4)**
1. Вес подвижного объекта	**- 10. Сила**	**(8, 10, 18, 37)**
9. Скорость	**- 10. Сила**	**(13, 28, 15,19)**
3. Длина подвижного объекта	**- 14.Прочность**	**(8, 35, 29, 34)**
1. Вес подвижного объекта	**- 14.Прочность**	**(28,27, 18, 40)**
9. Скорость	**- 14.Прочность**	**(8, 3, 26, 14)**

Таблица предложила 18 различных приемов:

3. Принцип местного качества
4. Принцип асимметрии
8. Принцип антивеса
10. Принцип предварительного исполнения
13. Принцип "наоборот"
14. Принцип сфероидальности
15. Принцип динамичности
17. Принцип перехода в другое измерение
18. Использование механических колебаний
19. Принцип периодического действия
26. Принцип копирования

27. Дешевая недолговечность взамен дорогой долговечности
28. Замена механической схемы
29. Использование пневмоконструкций и гидроконструкций
34. Принцип отброса и регенерации частей
35. Изменение физико-химических параметров
37. Применение термического расширения
40. Применение композиционных материалов

Опишем использование некоторых из приемов.

Пример 6.3. В начале XX века изобретатели маховиков старались отодвинуть основную массу как можно дальше от центра, не понимая, что при этом центробежным силам тем легче разорвать маховик, чем больше обороты. Инженер самоучка А.Уфимцев поступил иначе. Он сделал диск массивным в центре и утончающимся к периферии. На больших скоростях вращения маховик становится равнопрочным и не разрывается. Соответственно росла энергоемкость маховика. Ее пределом служила прочность материала, из которого сделан диск.

Это пример на применение принципа (3) **местного качества.**

Пример 6.4. Маховик можно сделать в виде колокола и двигатель поместить внутрь его.

Использован тот же прием принципа (3) **местного качества**.

Пример 6.5. Прочность маховика повышается, если его выполнить из туго намотанной и скрепленной стальной ленты.

Это пример использования (40) **композиционных материалов**.

Пример 6.6. Маховик наматывается из сдвоенных изолированных лент. В процессе работы на ленты подается разноименное напряжение – создается сила прижатия лент друг к другу.

Это пример на использование приема (28) **замена механической схемы.**

Пример 6.7. Маховик представляет собой полый тор, заполненный жидкостью и шарами из ферромагнитного материала. Тор надет на ступицу, а на ободе тора закреплен соленоид1. Момент инерции маховика можно плавно регулировать, изменяя магнитное поле в соленоиде.

Здесь используются принцип (15) динамичности (маховик выполнен из многих частей – шариков) и принцип (28) **замена механической схемы.**

Задача 6.2. В кузнечнопрессовых машинах ударного действия регулировка энергии удара проводится с помощью момента инерции. Ударный механизм пресса представляет собой вертикально распложенную винтовую пару. На нижнем конце винта расположен "боек", а на верхнем – маховик. Вращение маховика осуществляется путем прижатия его к вертикально вращающимся дискам. Прижатие может осуществляться на любом расстоянии от центра диска – этим задается скорость вращения маховика, а, следовательно, скорость опускания "бойка" (т.е. сила удара). Такая регулировка достаточно сложна и требует большого умения и сноровки от рабочего. Как сделать регулировку более плавной и легкой?

Воспользуемся третьим способом определения технического противоречия.

Плавная и легкая регулировка – это параметр **33. Удобство эксплуатации**. Как сделать регулировку более плавной, не считаясь с проигрышем. Нужно увеличить момент инерции маховика.

Что недопустимо ухудшается – увеличивается масса и диаметр (габариты) маховика.

В универсальных параметрах это соответствует весу и длине подвижного объекта. Получаются противоречия (в скобках указаны номера приемов):

33. Удобство эксплуатации – 1. Вес подвижного объекта (25,2,13,15)

33. Удобство эксплуатации - 3. Длина подвижного объекта (1,13,17,12)

По таблице мы выбрали следующие приемы:

1. Принцип дробления
2. Принцип вынесения
12. Принцип эквипотенциальности
13. Принцип "наоборот"
15. Принцип динамичности
25. Принцип самообслуживания

Продемонстрируем приемы.

Пример 6.8. Регулировать энергию удара в кузнечнопрессовых машинах ударного типа ударного действия, момент инерции изменяют путем подачи или отвода жидкости во внутренние полости маховых колес.

В этом изобретении использован принцип **динамичности.**

Пример 6.9. Используется маховик с изменяемым радиусом центра масс, например, центробежный регулятор.

Здесь применены принципы д**инамичности** и **самообслуживания.**

Технологические эффекты

Под технологическим эффектом будем понимать преобразователь одного действия (воздействия) или поля в другое, с использованием знаний физики, химии, биологии и математики.

В общем случае технологический эффект можно представить в виде "черного ящика" с входным воздействием X, выходным воздействием Y, управляющим воздействием Z и носителем U. Схема технологического эффекта изображена на рис. 6.2.

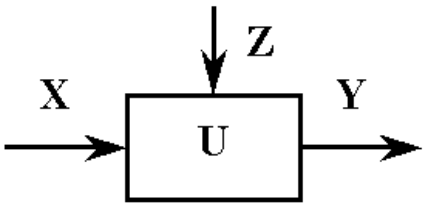


Рис . 6.2.

В качестве входных X, выходных Y и управляющих Z воздействий используются поля ($П_{вх}$, $П_{вых}$ и $П_{упр}$) различной природы, а носителя U– вещества B. Тогда рис. 6.2. можно представить в виде рис. 6.3.

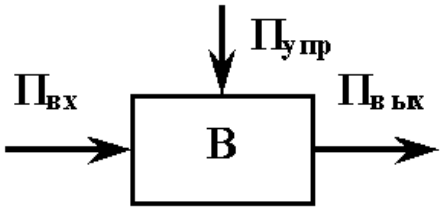


Рис . 6.3

Каждый технологический эффект характеризуется соответствующими полями $П_{вх}$, $П_{вых}$ и $П_{упр}$ и видом вещества B, преобразующего входное воздействие в выходное. Носителем могут быть: физические объекты, химические вещества и биологические объекты.

В настоящее время разработаны таблицы применения технологических эффектов. В таких таблицах вид технологического эффекта определяется по выходному действию или функции ($П_{вых}$), которые необходимо выполнить.

Применение технологических эффектов позволяет получить более идеальное решение, так как при этом разрешается обостренное противоречие.

Напомним, что технологические эффекты включают:

- физические,

- химические,
- биологические,
- математические, в частности, геометрические.

Физические эффекты.

Известно около пяти тысяч физических эффектов и явлений. В разных областях техники могут применяться различные группы физических эффектов, но есть и общеупотребительные. Их примерно 300–500.

Например, эффект Пельтье состоит в том, что выделение или поглощение теплоты происходит при пропускании электрического тока через контакт (спай) двух различных проводников (см. рис. 6.4). Выделение теплоты сменяется поглощением при изменении направления тока.

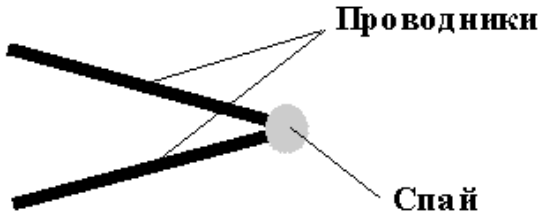


Рис . 6.4.

При этом количество теплоты пропорционально току, проходящему через спай. Существует много изобретений, реализующих применение этого эффекта.

Пример 6.10. Предлагается использовать эффект Пельтье для охлаждения фотокатодов с помощью термоэлектрических элементов.

В качестве примера рассмотрим физические явления, связанные с тепловым полем. Они получили название **теполи**. К ним относятся тепловое расширение, тепловое расширение с применением материалов, у которых разные коэффициенты температурного расширения – **би-эффект**, **фазовые переходы первого и второго рода**. С помощью этих эффектов можно, например, создавать усилия, измерять размеры, осуществлять перемещение и регулирование. Причем величина усилия, изменения размеров, перемещения и степень управляемости могут быть увеличены переходом от обычного теплового расширения к би-эффекту, например, использованием биметаллических пластин, к фазовому переходу первого рода – изменение агрегатного состояния, и, наконец, к фазовому переходу второго рода – эффекту памяти формы.

Эффектами памяти формы обладает многие материалы, сплавы металлов, например, сплав титана и никеля, и даже пластмассы. Суть этого эффекта проявляется в следующем. Материалу придают необходимую форму при определенной температуре. Затем форму можно произвольно изменить, но при повышении температуры до значения, при котором материалу была придана первоначальная форма, она "вспоминается". Имеются материалы, которые могут возвращаться к первоначальной форме много раз. Такие материалы обладают **эффектом обратимой памяти формы**.

Пример 6.11. Продемонстрируем эту последовательность на операции снятия пружины с оправки, на которой она навивалась. Пружина очень плотно прилегает к оправке.

Обычное тепловое расширение может облегчить снятие пружины с оправки. Пружину нужно наматывать на горячую оправку, когда она остынет, пружина снимается сама. Можно и, наоборот, нагревать уже намотанную пружину, например, электричеством.

Би-эффект позволяет описанную операцию выполнить легче и эффективнее. Оправку изготавливают из материала с коэффициентом температурного расширения меньшим, чем у материала пружины.

Еще легче снимать пружину с оправки, выполненной из легкоплавкого материала. Здесь использовался **фазовый переход первого рода**.

Удобнее всего проводить навивку и снятие пружины на оправке, выполненной из материала, обладающего **эффектом обратимой памяти формы**. В этом случае при намотке оправка должна иметь диаметр, равный внутреннему диаметру пружины, а при снятии оправку доводят до температуры, при которой она вспоминает форму – цилиндр со значительно меньшим диаметром.

Химические эффекты.

Использование химических эффектов позволяет осуществлять решение часто более просто, более идеально, чем с помощью физических эффектов.

Пример 6.12. В примере 6.11 всю оправку или ее поверхностный слой можно сделать легкорастворимой или легко уничтожаемой, например, сгораемой. Оправку можно обернуть бумагой, а во время съема поместить оправку с намотанной пружиной в печь.

Пример 6.13. Если в трубе имеется трещина, то обычно сначала определяют, где она находится, а потом ее заделывают. Химические процессы позволяют ликвидировать трещину без определения места расположения. Идеальный процесс определения трещины - это процесс, которого нет, а его функции выполняются. Этот процесс нужен только для того, чтобы знать, в каком месте заделывать трещину. На внешнюю поверхность трубы наносят раствор соли металла, а внутри трубы пропускают газ аммиак (рис. 6.5). Газ просачивается сквозь любую, даже очень малую трещину. В трещине газ соединяется с раствором соли – происходит реакция, в результате которой образуется твердое соединение. Оно само заделывает трещину. Данный процесс близок к ИКР.

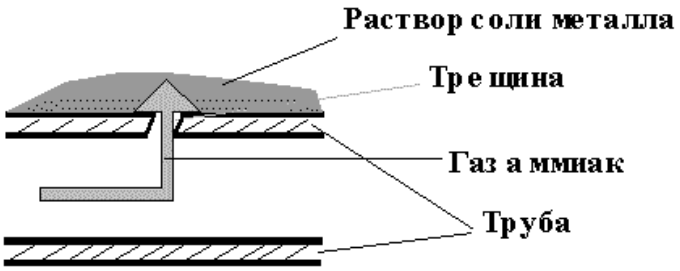


Рис . 6.5.

Имеется указатель химических эффектов. По своим потенциальным возможностям химические эффекты весьма разнообразны, а по количественному составу, видимо, превышают физические.

Биологические эффекты

Биологические эффекты – это использование биологических объектов (животных, растений, микробов и т.п.) для технологических преобразований.

Применение биологических эффектов позволяет не только расширить возможности технических систем, но и получать результаты, не нанося вреда природе.

С помощью биологических эффектов можно выполнять различные операции: обнаружение, преобразование, генерирование, поглощение вещества и поля и другие операции.

Пример 6.14. В Японии введены биологические стандарты на воду (есть и химические). Для озер, например, существуют четыре стандарта, индикаторами которых являются рыбы. Самому чистому уровню соответствует форель: она не может жить в грязной воде. А карп, наоборот, живет только в грязной воде и, если он появился там, где раньше не обитал, то вода переходит в разряд самой грязной. Этому четвертому уровню соответствует биологический индикатор "карп".

Пример 6.15. Э. Брумбалек утверждает, что некоторые цитрусовые деревья, испытывая недостаток химических элементов, способны замещать их другими элементами и восстанавливать, таким образом, равновесие в обмене веществ. Например, при нехватке калия, эти растения в первую очередь начинают накапливать золото, а при его отсутствии – серебро и свинец. Недостаток магния заставляет их извлекать уран. Достаточно засадить нужный участок подходящими деревьями, а затем собирать плоды и сжигать их в специальных печах.

Пример 6.16. В бедных металлургических выработках в специальных отстойниках разводится громадная колония тионовых бактерий, переводящих медь в раствор. Раствор, насыщенный бактериями, закачивают в пробуренные скважины и затем поднимают на поверхность. Простой химической обработкой из раствора получают чистую медь. Аналогично используют серобактерии, железобактерии. С помощью литотрофных бактерий в США получают 10% от общего количества всей производимой в стране меди.

Кроме добычи полезных ископаемых, микроорганизмы используются для уничтожения сорняков, очистки сточных вод и т.д.

Как правило, применение биологических эффектов позволяет создать экологически чистые технологии.

Математические эффекты.

Среди математических эффектов наиболее разработанные геометрические.

Геометрические эффекты – это использование геометрических форм для различных технологических преобразований.

Широко известно применение треугольника, например, использование клина или скользящих друг по другу двух треугольников.

Пример 6.17. В примере 6.11 оправку можно сделать разборную в виде двух треугольников (см. рис. 6.6).

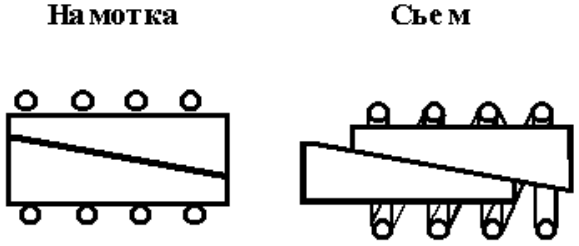


Рис . 6.6.

Применение, например, ленты Мебиуса (рис. 6.7) позволяет использовать обе стороны поверхности у бесконечной ленты.

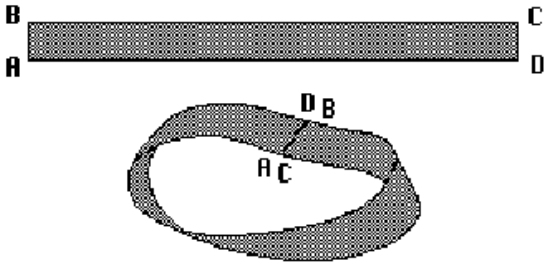


Рис . 6.7.

Это решение применяется в ленте принтера, в которой задействованы сразу две ее стороны.

Пример 6.18. Магнитная лента, выполненная в виде ленты Мёбиуса, позволяет сделать запись в два раза больше без перемотки, так как задействованы сразу две ее стороны.

Пример 6.19. Шлифовальная лента, выполненная в виде ленты Мёбиуса, позволяет использовать две стороны ленты, т.е. использовать ленту в два раза больше (рис. 6.8).

Пример 6.20. Ленточная пила, выполненная в виде ленты Мёбиуса, позволяет использовать две стороны ленты, т.е. использовать ленту в два раза дольше (рис. 6.9).

Много интересных применений имеется у гиперболоида вращения (рис. 6.10).

Мы уже приводили примеры сооружений В. Г. Шухова (см. рис. 3.46 и 3.49).

Пример 6.21. Держатель электрода для ручной дуговой сварки, выполненный в виде гиперболоида вращения, позволяет зажимать электроды любого диаметра (рис. 6.11).

Пример 6.22. Картофелеуборочный комбайн повреждает клубни картофеля. Предложи-

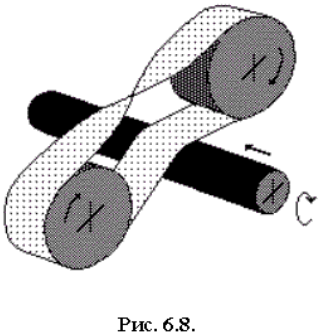


Рис. 6.8.

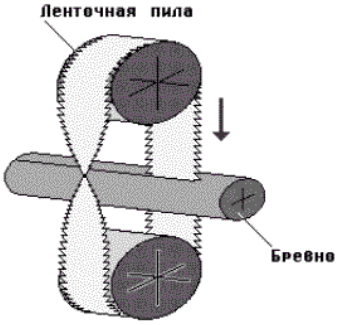


Рис. 6.9.

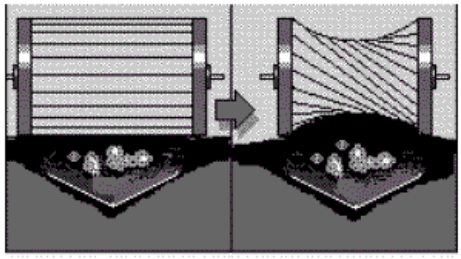


Рис. 6.12.

ли рабочий орган комбайна делать в виде гиперболоида вращения, который изменяет свою форму при соприкосновении с клубнем (см. рис. 6.12).

Указатель геометрических эффектов разработан И. Л. Викентьевым. В нем подробно описано применение этих и других геометрических эффектов.

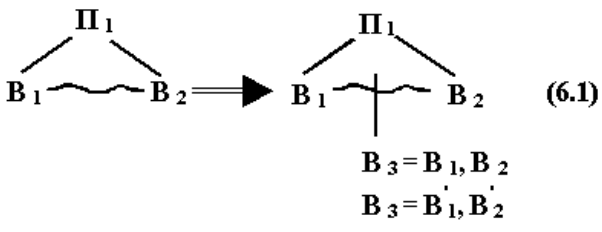
Стандарты на решение изобретательских задач

Известные типы изобретательских задач решаются использованием, прежде всего типовых решений – стандартов на решение изобретательских задач. Они представляют собой взаимосвязанный комплекс приемов, физических или других эффектов, имеющих определенную вепольную структуру. Это своего рода формулы, по которым решаются задачи.

Система стандартов состоит из классов, подклассов и конкретных стандартов. Эта система включает 76 стандартов. Последовательность их построения основана на вепольном анализе и законах развития технических систем. С помощью этой системы можно не только решать, но выявлять новые задачи и прогнозировать развитие технических систем.

Рассмотрим один из стандартов на разрушение вредных связей.

Стандарт указывает, **что если два вещества B_1 и B_2 вредно взаимодействуют между собой, то между ними необходимо вставить третье вещество B_3, являющееся их видоизменением B'_1 и B'_2 или ими же самими B_1 и B_2**. Вепольная структура представлена формулой (6.1). Эту формулу мы рассматривали в разделе "Вепольный анализ" (см. п. 5.5.3).



(6.1)

Задача 6.3. Аппарат для абразивной обработки деталей сложной формы представляет собой коаксиально расположенные две трубы. По внутренней трубе движется воздух, а по наружной – частицы абразива. На конце наружной трубы расположено сопло, формирующее струю абразива (см. рис. 6.13). Сопло быстро изнашивается, и его приходится менять. Как сделать не изнашиваемое сопло? Обычно стараются сопло делать из более износостойких материалов, но даже и они изнашиваются, а стоимость таких материалов значительно больше.

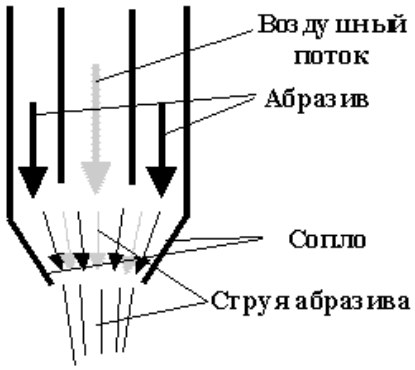


Рис . 6.13.

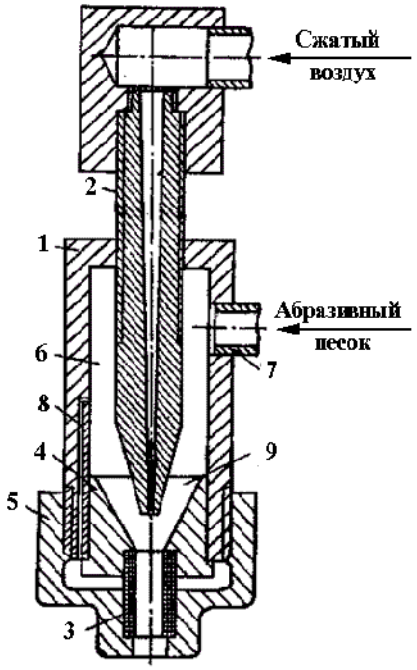
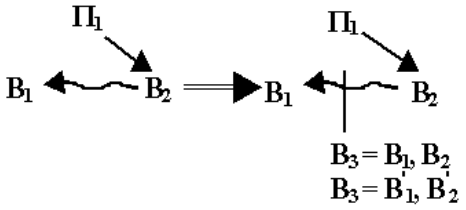


Рис .6.14.

В данном случае необходимо применить группу стандартов на разрушение вредных связей.

Вепольную структуру можно представить формулой (6.2).



(6.2)

В данном примере B_1 – сопло, B_2 – абразив, П – струя воздуха.

В соответствии со стандартом в качестве B_3 мы должны выбрать абразив, воздух, сопло или их видоизменения.

Чаще всего в качестве третьего вещества используют вещество инструмента (рабочего органа), особенно, если его много.

Инструмент в нашей задаче – струя абразива (абразив и воздух).

Опишем некоторые из возможных решений.

Имеется два направления решения:

1. Сопло должно удерживать на внутренней поверхности частицы абразива.

1.1. Частички удерживаются с помощью вакуума.

Пример 6.23. Сопло представляет собой сетку, на которой создается отсос (вакуум). Частички абразива притягиваются к сетке (рис.6.14). Теперь сопло (сетка) "защищены" частичками абразива. Когда эти частички изнашиваются, на их месте появляются новые из потока.

На рис. 6.14 обозначено:

1 – корпус,
2 – воздушное сопло,
3 – вставка (выполнена из сетки),
4 – втулка,
5 – гайка,
6 – камера разряжения,
7 – трубопровод,
8 – канал,
9 – смесительная камера.

Вакуум в данном изобретении создается за счет имеющегося потока воздуха. Для этого сделан канал 8. Схема действия этого физического явления показана на рис. 6.15. Поток газа или жидкости, походящий перпендикулярно концу трубки создает в ней отсос (вакуум).

Рис . 6.15.

1.2. Частички удерживаются с помощью магнитного поля.

Пример 6.24. Абразив может быть выполнен ферромагнитным, например, спечен с ферромагнитными частицами. Сопло выполняется магнитным. Частички притягиваются к соплу. Остальное аналогично п.1.1.

1.3. Частички удерживаются за счет сил гравитации и трения.

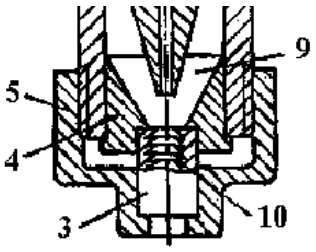


Рис .6.15.

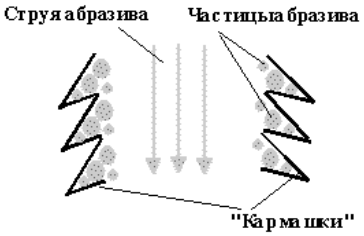


Рис .6.16.

Пример 6.25. В сопле могут быть сделаны "кармашки" 10 для абразива (рис.6.15). Тогда струя абразива будет тереться о частицы застрявшего абразива, и застрявшие частицы будут предохранять сопло от рис. 6.16). Остальное аналогично п.1.1.

2. Частички абразива не должны допускаться к стенкам сопла или отталкиваться от него.

Пример 6.26. В стенках сопла имеются направляющие для сжатого воздуха. Они рас-

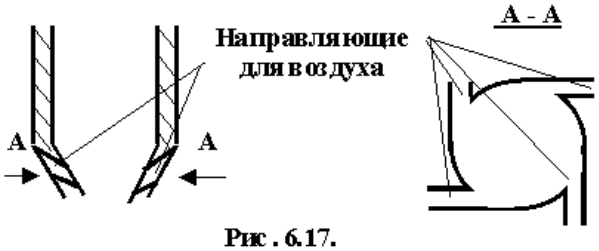


Рис . 6.17.

положены тангенциально с наклоном к выходу сопла (рис.6.17).

Через направляющие подается сжатый воздух, который отталкивает частички абразива от стенок сопла.

Кроме того, струи воздуха закручивают поток абразива и формируя струю. При определенной конструкции и давлении воздуха, можно отказаться от основной струи воздуха.

Пример 6.27. Проще всего поменять местами воздух и абразив (рис.6.18).

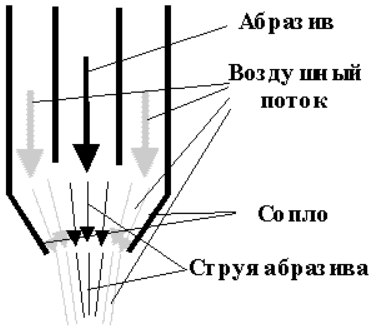


Рис . 6.18.

Рассмотрим группу **стандартов на обнаружение**. Один из них гласит:

Если нужно сравнить объект с эталоном с целью выявления отличий, то задача решается оптическим совмещением изображения объекта с эталоном или с изображением эталона, причем изображение объекта должно быть противоположно по окраске эталону или его изображению.

В качестве противоположных цветов могут быть взяты: **белый – черный, желтый – синий, красный – синий, красный – желтый** и т. д.

Задача 6.5. Астрономы наблюдают за звездным небом. С определенной периодичностью делают снимки участков неба. Чтобы обнаружить появление новой звезды на небе снимки сравниваются. На снимке тысячи звезд и сравнивать снимки достаточно сложно. Как упростить этот процесс?

Пример 6.36. Сравнение производят путем наложения негативной и позитивной изображений.

Одну из сравниваемых фотографий (пленку или фотопластинку) берут "позитив", а другую "негатив (рис. 6.27) . При их совмещении будет виден только новый объект на звездном небе.

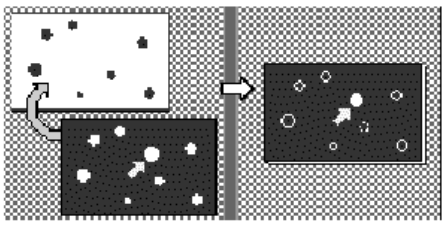


Рис . 6.27.

6.4. Вещественно-полевые ресурсы

Вещественно-полевые ресурсы (ВПР) – это ресурсы, которые можно использовать при решении задач или развитии системы. Использование ресурсов увеличивает идеальность системы.

Система ВПР включает: **структуру, состав ВПР** и **правила их изменения.**

Структура ВПР определяет системный уровень, откуда берутся ресурсы:

- система,

- надсистема,
- подсистема,
- внешняя среда.

По **составу** ресурсы разделяются на:

- вещество,
- поле (энергия и информация);
- время,
- пространство.

Изменение ресурсов производится:

- во времени,
- в пространстве,
- в структуре.

В качестве ресурсов может быть и любой **параметр** системы ВПР, в частности, форма.

Кроме того, могут быть **функциональные ресурсы**.

Для определения функциональных ресурсов выявляют основные и вспомогательные функции и строят функциональное дерево по специальной методике. Более детально эта последовательность изложена в специальной литературе.

Использование функциональных ресурсов осуществляется путем выявления и использования новых функций в имеющихся системах.

Первоначально выявляются свойства этих систем.

Выявление свойств систем может проводиться в следующей последовательности:

1. Определение свойств системы в целом.

1.1. Описание известных свойств системы, взятых из справочников и документации, в том числе главной, основных и второстепенных функций.

1.2. Описание явных свойств системы, не описанных в справочной литературе, например, особенностей формы, чистоты поверхности, цвета, объема и т. п.

1.3. Описание нежелательных, вредных, бесполезных и вспомогательных свойств, выявленных, например, в процессе эксплуатации.

2. Расчленение системы на подсистемы и выявление их свойств аналогичным образом.

3. Выявление свойств веществ, из которых состоят подсистемы, аналогично п. 1. Выявление свойств полей, которыми обладает данная система и подсистема.

4. Выявление системных свойств, не описанных ранее, полученных в результате соединения подсистем известными и новыми способами.

Кроме того, свойства системы меняются в зависимости от надсистемы, в которую ее поместили, и от среды, в которой находятся (работают, функционируют) система и надсистема.

Используя выявленные таким образом свойства, можно расширить функциональные возможности имеющихся систем, т. е. применять их по новому назначению.

Последовательность применения выявленных свойств по новому назначению системы может быть следующая:

1. Применение системы в целом.

1.1.Применение вспомогательных свойств, функций, действий в целом.

1.2. Применение вспомогательных функций в качестве основных.

1.3. Применение ненужных или вредных функций в качестве полезных.

1.4. Применение свойств, функций и действий, обратных выявленным.

2. Применение подсистем аналогично п.1.

3. Применение веществ и полей подсистем.

3.1. Применение основных для системы и подсистемы свойств веществ и полей.

3.2. Применение вспомогательных для данной системы свойств веществ и полей в качестве основных.

3.3. Применение ненужных для данной системы веществ и полей в качестве полезных.

3.4. Применение вредных для данной системы веществ и полей в качестве полезных.

4. Применение микроструктуры веществ подсистемы.

4.1. Применение основных свойств микроструктуры – молекул, атомов, элементарных частиц и т. п.

4.2. Применение вспомогательных для данной системы свойств микроструктуры.

4.3. Применение ненужных для данной системы свойств микроструктуры в качестве нужных.

4.4. Применение вредных для данной системы свойств микроструктуры в качестве полезных.

Развертывание функций может осуществляться и приданием системе более общей функции, включая, в частности, и первоначальную функцию.

Например, функция "*сверление*" может быть заменена более общей – "*делание отверстий*" или еще более общей – "*обрабатывание материала*" или вообще – *обработки*, которая подразумевает обработку или преобразование не только вещества, но и энергии и информации.

Приведем примеры использования ресурсов.

Пример 6.37. В качестве еще одного примера возьмем двигатель реактивного самолета.

Основная его функция – создание тяги. Она осуществляется с помощью струи газа. Нежелательный эффект – прогорание сопла из-за большой температуры струи газа. Покажем некоторые применения этих свойств: очистка взлетных полос от ледяной корки; транспортировка в мощной газовой струе полезных ископаемых в открытых карьерах; реактивный канавокопатель, удешевивший стоимость мелиорации в 15 раз по сравнению с использованием экскаватора; очистка бытовых стоков и воды в замкнутых технологических системах. Грязная вода с большой скоростью проходит под струей раскаленного двигателя. 900-градусный жар мгновенно убивает все микробы. Один реактивный двигатель способен обезвредить и переработать бытовые стоки города со стотысячным населением.

Пример 6.38. Рассмотрим механизм развертывания функций на примере автопокрышек.

Основная функция автопокрышки – предохранять камеру от повреждений. Покрышка имеет форму тора, упруга в радиальном и поперечном направлениях, состоит из резины и металлического корда. Покрышки используются как кранцы (амортизаторы) на бортах судов, ограждения автомобильных дорог, берегозащитные сооружения, покрытие откосов гидротехнических сооружений, в дренажных колодцах, как строительные блоки для гаражей, складов, мастерских, для закрывания водоемов, в качестве добавки при изготовлении асфальта и т.д.

В задаче 6.3 об изнашивании сопла абразивом в качестве ВПР использовали:

1. вещества:

- абразив (примеры 6.23 - 6.25),
- воздух (примеры 6.26 - 6.27).

2. параметров:

- формы (пример 6.27)

3. полей:

- вакуум – производное поле из имеющегося - потока воздуха (пример 6.23),
- магнитное поле (пример 6.24)

5. ОСНОВЫ ПАТЕНТОВЕДЕНИЯ

Когда мы рассматривали вопросы инженерного творчества, то отмечали, что труд инженера по сути его реализации является умственным трудом, результаты которого во многом зависят от обычной способности к мышлению и определённых качеств творческой личности.

Так что труд инженера-конструктора носит творческий характер. Можно сказать, что вершина творческой инициативы – изобретение (рационализаторское предложение).

Эти виды творческой деятельности чаще всего не связанны с выполнением непосредственной работы инженера. Хотя изобретения рождаются и при выполнении служебных заданий.

Изобретение является продуктом творческой деятельности, которая основывается на научных и инженерных исследованиях, и получение этого продукта обязательно сопровождается последними.

В этом аспекте изобретения, изобретательская деятельность являются факторами научно-технического прогресса (НТП):

взаимосвязанное последовательное развитие науки и техники, проявляющееся – с одной стороны, в постоянном воздействии научных открытий и изобретений на уровень техники и технологии; – с другой стороны – в применении новейших средств и методов научных исследований.

Таким образом, **НТП** органически соединяет **науку как деятельность в духовной сфере**, направленную на **получение нового знания** и **технику как один из важнейших компонентов материальной культуры.**

НТП предъявляет высокие требования к общему и профессиональному образованию. Эти требования концентрированно выразил Г. А. Эдисон (1847–1931): "***Важнейшая задача цивилизации – научить человека мыслить***".

"***Изобретателей нельзя создавать, но их можно поощрять, и каждое общество, если оно хочет продолжать развиваться, должно найти способ поощрения изобретателей***" писал Митчел Уилсон (1913–1972) – американский физик, писатель.

Объекты изобретательского права и формы их охраны

В результате научно-технического творчества могут появляться различные продукты: открытые закономерности, свойства и явления материального мира, новые технические решения задач в той или иной сфере деятельности человека, новые конструктивные выполнения средств производства и предметов потребления, новые художественно-конструкторские решения изделий и т.д.

При этом особое положение занимают те виды продуктов научно-технического творчества, которые обладают правовой защитой, то есть авторы которых могут получить патент, свидетельство, удостоверение или другой документ, охраняющий их права, в том числе и на получение материального вознаграждения.

В Республике Беларусь к таким видам продуктов научно-технического творчества относятся: изобретение, полезная модель, промышленный образец, товарный знак и знак обслуживания, рационализаторское предложение. Кроме того, в нашей стране имеется правовая охрана селекционных достижений.

В Росси к таким продуктам относят также открытия.

Регулирование отношений по изобретательству (техническому творчеству вообще) осуществляется изобретательским правом – правовой системой, представляющей собой качественно своеобразную, внутренне упорядоченную совокупность норм, т. е. установленных государством обязательных правил поведения.

Основной источник изобретательского права – закон – нормативный правовой акт высшей юридической силы. В основном законе – Конституции РБ – закреплены важнейшие нормы и принципы ИП.

ИП считается составной частью (подотраслью) Гражданского права, что отражается в действующем законодательстве.

Открытие – ***установление ранее неизвестных науке объективных закономерностей, новых явлений, свойств и эффектов, вносящих коренные изменения в существующие научные знания.***

Открытия чаще всего связанны с фундаментальными исследованиями в теоретических и прикладных науках.

Открытия регистрируются как важные общегосударственные достижения, и автору(ам) открытия выдаётся диплом – именной документ, удостоверяющий признание открытия, приоритет и авторство, с чем связанно приобретение автором ряда прав и льгот, предусмотренных действующим законодательством.

Диплом содержит формулу открытия – которая сжато, чётко и исчерпывающе выражает сущность открытия.

Если открытие сделано в связи с выполнением служебного задания, то автору выдаётся диплом, а организации, в которой работает автор – свидетельство, удостоверяющие этот факт. Автору открытия (с дипломом) принадлежат неимущественные и имущественные права, предусмотренные действующим законодательством.

Изобретение – ***изобретением (мировая новизна) признаётся новое обладающее существенными отличиями ТР задачи в любой отрасли народного хозяйства, социально-культурного строительства или обороны страны, дающее положительный эффект.***

Если **Открытие** выступает как приращение нового научного знания к существующему, то **Изобретение** является приложением этого знания с целью его практического использования.

Изобретение может быть результатом научно–технического творчества отдельного лица, группы лиц или организации, которым представляется исключительное авторское право.

Все основные вопросы, связанные с созданием, регистрацией и использованием изобретений, решаются в соответствии со следующими двумя документами:

1. Закон Республики Беларусь "О патентах на изобретения и полезные модели" (принят 18 июня 1997 г., изменения внесены 6 января 1998 г.).

2. Правила составления и подачи заявки на выдачу патента на изобретение (утверждены приказом Председателя Белгоспатента от 25 апреля 1998 г. № 21).

В соответствии с действующим законодательством к объектам Изобретения относят:

- **устройства:** машины, оборудование, приборы и т. п.;
- **способы:** методы, процессы, приёмы и т. п.;
- **вещества:** материалы, сплавы, химические составы и т. п.;
- **штаммы** микроорганизма, **культуры** клеток растений и животных;
- **применение** известных устройств, способов и веществ **по новому назначению**.

Формы правовой защиты – выдача патента. В бывшем СССР выдавалось также авторское свидетельство (АС) на изобретение, которым обладают многие граждане РБ.

АС – документ, удостоверяющий предложения изобретением, приоритет, авторство, исключительное право государства на использование и распоряжение изобретением, и закрепляющий за автором права и льготы, предусмотренные действующим законодательством.

Таким образом, АС – **исключает личное распоряжение изобретением**.

АС – выдавалось также на служебные изобретения (при выполнении плановой работы…). АС – бессрочные (Право на получение – наследуется).

Патент – документ, удостоверяющий признание предложение изобретением, приоритет, авторство и исключительное право патентообладателя на изобретение.

Патент выдаётся сроком на 20 лет, считая со дня подачи заявления на изобретение. Условие его сохранения – своевременная уплата патентной пошлины.

Патент и АС не выдаются:

- на предложения организационного характера: организация труда, планирования, учёта и т. п.;
- на условные обозначения, правила игры;
- на планировки сооружений, зданий и территории;
- на системы обучения, методы расчётов и т. п.

Изобретениями не признаются решения, противоречащие общественным интересам, принципам гуманизма и морали, а также – явно бесполезные.

К **полезной модели** относится ***конструктивное выполнение средств производства и предметов потребления, а также их составных частей.***

Полезной модели предоставляется правовая охрана, если она является новой и промышленно применимой.

Полезная модель является новой, если совокупность ее существенных признаков неизвестна из уровня техники.

Право на полезную модель охраняется государством и удостоверяется патентом. В бывшем СССР не существовало правовой охраны такого вида продукта научно-технического творчества, как полезная модель.

Патент на полезную модель действует в течение в течение пяти лет, считая с даты поступления заявки в патентный орган.

Действие патента на полезную модель продлевается патентным органом по ходатайству патентообладателя, но не более чем на три года.

Промышленный образец ***представляет собой художественное или художественно-конструкторское решение, определяющее внешний вид изделия.*** Промышленные образцы могут быть объемными (модели), плоскостными (рисунки) или комбинированными.

Промышленному образцу предоставляется правовая охрана, если он является новым, оригинальным и промышленно применимым.

Промышленный образец признается новым, если совокупность существенных признаков неизвестна в Республике Беларусь или за рубежом до даты его приоритета.

Промышленный образец (ПО) – это новое, пригодное к осуществлению промышленным способом художественное решение изделия, в котором достигнуто единство технических и эстетических качеств.

ПО регистрируются, и авторство лиц, которые участвовали в разработке и оформлении изделия, защищается патентом (10 лет). По ходатайству патентообладателя действие патента продлевается Патентным ведомством на срок до пяти лет, если это не противоречит законодательству.

Товарный знак и **знак обслуживания**– ***это обозначения, способствующие соответственно отличию товаров и услуг одних юридических лиц или граждан от однородных товаров и услуг других юридических лиц или граждан.***

В качестве товарных знаков могут быть зарегистрированы словесные, изобразительные, объемные и другие обозначения или их комбинации.

Право на товарный знак охраняется государством и удостоверяется свидетельством.

Регистрация товарного знака действует в течение **десяти лет** с даты поступления заявки в Патентное ведомство.

Срок действия регистрации товарного знака может быть продлен по заявлению владельца, поданному в течение последнего года ее действия, каждый раз на десять лет

Рационализаторским предложением ***признается техническое решение, предусматривающее создание или изменение конструкции изделия, технологии производства и применяемой техники, состава материала, являющееся новым и полезным для предприятия, которому оно подано, а также новое для предприятия организационное реше-***

ние, дающее экономию трудовых, сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов или иной положительный эффект.

Основное отличие от изобретения – локальная новизна.

Квалификационные признаки основных видов технического творчества

Квалификация ТТ	характеристики											
	Техническое Р.	Решение ТЗ	новизна			отличия		эффект		заявка		
			Мировая	Локальная	Отсутствие	Существен.	Несущест в.	Положит.	Нет	Оформлена	На предлож.	Неоформлен.
Предполагаемое изобретение: **необходимо оформить заявку**	▨	▨	▨			▨		▨				▨
Изобретение	▨	▨	▨			▨		▨		▨	▨	
Рационализаторское предложение	▨	▨	▨				▨	▨		▨		
	▨	▨		▨			▨	▨		▨		
	▨	▨		▨		▨		▨			▨	
Технологический процесс	▨	▨	▨			▨		▨			▨	
	▨	▨		▨			▨	▨			▨	
	▨	▨		▨			▨	▨			▨	

Рационализаторское предложение не должно повторять то, что ранее использовалось и используется; разработано или уже было предложено; предусмотрено действующей научно–технической документацией, либо приказами, распоряжениями администрации или рекомендовано вышестоящей организацией (исключение, если поставлена).

Рационализаторское предложение не должно также основываться на ТР, опубликованных в бюллетенях научно–технической информации по распространению передового производственного опыта в данной отрасли.

Не признаются рационализаторскими предложениями, использование которых может привести к снижению надёжности и др. показателей качества продукции.

Авторство и другие права рационализатора подтверждаются удостоверением на рационализаторское предложение.

Права, приобретённые автором в связи с признанием его изобретения рационализаторским и выдачей удостоверения, действуют в пределах предприятия, которое выдало изобретение.

Все виды технического творчества **стимулируются** материально в соответствии с действующими положениями и инструкциями (подзаконными актами). Величина вознаграждения зависит от величины условного годового экономического эффекта внедрения (УГЕФ) предложения.

УГЕФ является экономической характеристикой внедрения новых разработок в конкретном производстве.

Экономическая оценка разработок основывается на применении стандартной (типовой) методике расчёта: УГЕФ рассчитывают, суммируя все среднегодовые доходы, связанные с внедрением, и вычитая расходы.

Главные критерии изобретения

Остановимся подробнее на вопросах изобретательской деятельности.

Прежде всего – вопрос **выявления изобретений.**

Успех создания ТР, способных быть предметом изобретений, непосредственно зависит – от стремления инженера каждую задачу решать творчески, по–новому, с получением мак-

симального положительного эффекта. Каждый инженер должен знать основные источники и методы выявления изобретений.

Выявление изобретений опирается на следующее:

✶ – знание известного состояния и уровня техники в области новой разработки (профессиональное требование);

✸ – знание критериев патентоспособности;

✹ – умение провести сопоставительный анализ новой разработки с уже известными (на мировом уровне) и оформить заявку на предполагаемое изобретение.

Главные критерии изобретения (патентоспособность)

Вернёмся к нормативному определению изобретения – сокращенно:

"Изобретение – это новое и обладающее существенными отличиями ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ задачи …, дающее положительный эффект"

Таким образом, основные критерии:

✶ – техническое решение задачи;

✸ – существенные отличия;

✹ – новизна (мировая или абсолютная);

❋ – положительный эффект.

Любое заявляемое изобретение должно содержать в себе ТР – не идею, не постановку задачи, а её ТР. При этом для некоторых видов изобретений, в частности, когда объектом изобретения являются способы, термин "ТР" применяется в широком смысле: как практическое средство удовлетворения определённых потребностей.

Задача считается решённой при следующих условиях:

– решение содержит указания на технические средства (способы) для её решения;

– решение раскрывает основную схему;

– решение осуществимо: возможность его многократного воспроизведения с помощью общеизвестных приёмов и средств техники.

✶ Соответствие критерию **новизны** проверяется по отношению к существующему мировому уровню техники, поэтому она и называется мировой или абсолютной: автор изобретения – единственный (и первый), кто сделал что-то именно так!

✸ После разработки нового технического решения необходимо выявить **предмет изобретения**. Для этого в патентоведении используют понятие "**существенные признаки**", к которым могут относится конструктивные элементы и связи, характеристики элементов и режимы операций.

Признаки **объектов изобретений** (устройства, способы, вещества) подразделяют на три группы: признаки *структуры*, *вида* и *отношения* (табл. 1).

Таблица 1

Тип объекта	Признаки		
	структуры	вида	отношения
Устройство	Основные и вспомогательные (агрегаты, механизмы, узлы, детали)	Форма элементов, качество поверхности, материал, взаимное расположение и связи элементов	Соотношение геометрических, временных и др. параметров элементов и связей
Способ	Операции и приёмы, материальные средства для выполнения операции	Последовательность операций или действий, порядок чередования операций	Температурные, временные, электрические и др. режимы выполнения операций
Вещество	Ингредиенты, молекулы, атомы	Характеристика атомов, взаимное расположение атомов в молекулах, химическая связь между атомами	Количественное соотношение ингредиентов, число атомов каждого элемента

Предмет изобретения выявляется путём сопоставления существенных признаков нового ТР и объекта-прототипа.

Объект-прототип – наиболее близкий из аналогов к предложенному новому ТР.

Аналоги – сходные однородные изобретения.

Техническое решение будет **новым**, если в результате сопоставления выявлены:

– либо новые признаки, отсутствующие в прототипе;

– либо изменённые, не совпадающие с признаками прототипа ни по выполняемой функции, ни по используемому свойству.

Такие признаки образуют группу отличительных признаков, входящих в отличительную часть формулы изобретения, т. е. составляющих **ПРЕДМЕТ ИЗОБРЕТЕНИЯ.**

ТР признаётся обладающим "**существенными отличиями**", если по сравнению с решениями, известными науке и технике на дату приоритета заявки на предполагаемое изобретение, оно характеризуется новой совокупностью признаков, обеспечивающих новые или существенно улучшенные свойства объекта и положительный эффект при его использовании.

Таким образом, **существенные отличия** обусловливаются тем, что:

– в совокупность введён неизвестный ранее признак структуры,

– выведен известный признак,

– или заменён один признак другим.

При этом признаки изменённой совокупности вступили во взаимодействие, которым и обусловило появление нового свойства (свойств) у объекта.

Новые ТР не соответствуют критерию "существенные отличия" в следующих случаях:

– аналоги имеют сходные с ним существенные признаки и свойства, т.е., например, имеет место агрегатирование частей устройств, операций, способов или компонентов веществ, при которых части не образуют новых взаимосвязей и не вступают во взаимодействие;

– отличительные признаки образуют самостоятельный объект со своей функцией: например, узел в устройстве (привод, подшипник, фильтр), операцию или приём в способе (усиление сигнала, шлифование изделия), ингредиент вещества (связующее, катализатор); такие объекты классифицируются и анализируются на патентоспособность как самостоятельные;

– изменения, внесённые в объект, либо обуславливают свойства, которые связаны с выполненными изменениями известной закономерностью, либо не приводят к изменению свойств.

✹ **Положительный эффект** – технический, экономический, социальный, экологический и т. п. определяется в сравнении с реализованным (базовым) объектом или прототипом, выявленным в патентной научно–технической информации.

Для этого вначале определяют технический внутриобъектный эффект, а затем – связанные с ним преимущества недостатки при использовании объекта. Определение положительного эффекта облегчается, если сравнение производят по структуре, функциям и свойствам.

Критерии патентоспособности ТР необходимо обязательно **знать**, чтобы:

– с одной стороны, не потерять приоритет на патентоспособные ТР;

– а с другой, не оформлять легко отклоняемые заявки на предполагаемые изобретения.

Патентно-лицензионный поиск

Оценив [предполагаемое изобретение/новое ТР] по критериям охраноспособности, можно, казалось бы, приступать к составлению заявки на предполагаемое изобретение.

Но уж очень будет обидно, если подав оформленную по всем правилам заявку (правила мы рассмотрим далее), узнать, что абсолютно такое же решение найдено ещё в XIX веке или опубликовано в прошлом году в журнале "Юный техник".

Поэтому составление Заявки связанно с исследованием нового ТР на **МИРОВУЮ НОВИЗНУ**

Патентный поиск. Для этого необходимо найти материалы, раскрывающие сущность **ДАННОГО** или тождественного решения.

Перечислим **ИСТОЧНИКИ**, порочащие новизну изобретений:

– патенты и АС, выданные в нашей стране;

– иностранные патенты, АС и опубликованные заявки;

– Белорусские, Российские и иностранные издания: все печатные публикации, независимо от того, где, на каком языке и каким тиражом опубликован источник;

– депонированные рукописи;

– публичные сообщения, доступные для ознакомления широкому кругу лиц;

– проектная документация, чертежи, схемы, переданные в общедоступную библиотеку;

– сведения об открытом использовании изобретений;

– экспонаты, представленные на выставках;

– работы, принятые для участия в конкурсе;

– публичные устные доклады, лекции, выступления, если они зафиксированы аудио–записью или застенографированы;

– информационные, визуально воспринимаемые данные (модели, макеты, плакаты), доступные широкому кругу лиц;

– сообщения по радио, телевидению, в кино, если они зафиксированы в установленном порядке аудио–, видео–записью, на фото– или кино–плёнке.

Новизну не порочит:

– опубликование или другое раскрытие сущности ТР после подачи Заявки в установленном порядке;

– если ТР стало известно до подачи Заявки определённому, узкому кругу лиц, которые связанны с созданием и разработкой ТР: руководителям разработки, технической комиссии, коллегам автора.

Основные источники о том, что было изобретено до Автора по интересующему направлению – это **Патентная информация:** ***совокупность сведений о результатах научно-технической деятельности, содержащихся в описаниях, прилагаемых к Заявкам на изобретения или к охранным документам (АС и патентам).***

Основная часть Патентной Информации – **Патентная Документация:** ***официальные публикации патентных ведомств:***

– описание изобретения;

– описание открытия;

– официальные Патентные бюллетени, предварительные описания к заявкам на изобретения и открытия.

Описание изобретения – это первый материал, доступный для широкого круга читателей. В нём в сжатой форме приводятся сведения о предмете и существенных признаках изобретения.

Предмет изобретения заключён в **Формуле изобретения**.

Формула изобретения – ***это краткое словесное изложение признаков изобретения. И главное – в патентной документации строго соблюдается единообразие изложения всех материалов: стандартные, языковые конструкции и международная научная терминология.***

Патентная документация – наиболее полное и систематизированное собрание сведений о научно–технических решениях, созданных человечеством за последние 150–200 лет. Например, во ВПТБ их хранится более 20 миллионов. Чтобы бегло ознакомится с ними, кроме запаса времени (лет на 500), нужно быть ещё и полиглотом – владеть 26 языками.

И без **Справочно-Поискового Аппарата** к **Патентным Фондам** подходить бессмысленно!

В настоящее время в РФ, Франции, GB, USA, Jp и ряде других стран принята **Международная классификация изобретений (МКИ).**

Основные области технической деятельности делятся на 8 разделов:

A – Удовлетворение жизненных потребностей человека (Ж.П.Ч.);

B – Различные технологические процессы;

C – Химия и металлургия;

D – Текстиль и бумага;

E – Строительство;

F – Прикладная механика, освещение и отопление;

G – Техническая физика;

H – Электричество.

Каждый раздел может содержать по 99 классов, разделяющихся на подклассы, обозначаемые прописными согласными буквами латинского алфавита.

Подклассы делятся на группы, обозначаемые, как правило, нечётными цифрами, что позволяет расширить число рубрик.

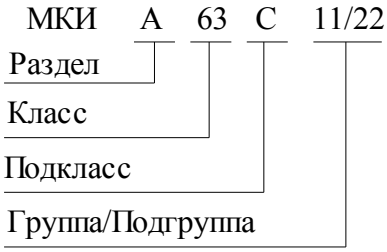
Группы делятся на подгруппы, обозначаемые чётными цифрами.

Пример.

Удовлетворение Ж. П. Ч.

Спорт, игры, массовые развлечения

Коньки, лыжи



Изобретение: "Лыжная палка" Патент СССР № 583716.

Кроме классификатора МКИ, используется национальные системы классификаций: GBr, BRD, Jp и др.

Патентный поиск выполняется в соответствии с ГОСТ 15.011–82.

Источники патентного поиска – патентная документация, хранящаяся в патентном фонде, и являющаяся основной частью **С**[правочно]–**И**[нформационных] **Ф**[ондов] информационных служб:

ВПТБ;

НПТБ;

Отраслевые и территориальные научно–технические библиотеки;

Патентные фонды организаций и учреждений, предприятий.

Патентный поиск сначала ведётся в фонде **Отечественных изобретений** (по основным и смежным рубрикам СКИ), а затем – в фонде **минимальной патентной документации.**

При исследовании узкоспециального вопроса подбираются патенты стран, которые являются ведущими в этой области. Эта работа достаточно сложна и трудоёмка, поэтому надёжнее, – поручать её специалистам: патентным работникам.

Составление заявки на предполагаемое изобретение

Если при исследовании нового ТР на мировую новизну установлено, что оно может быть патентоспособным, то составляется **Заявка** на Предполагаемое Изобретение.

Составление Заявки выполняется в строгом соответствии с «Правилами составления и подачи заявки на выдачу патента на изобретение, утвержденного приказрм Председателя Белгоспатента от 25 апреля 1998 г. № 21. При патентовании в России – в соответствии с требованиями подзаконного акта: "Указания по составлению заявки на изобретение" (ЭЗ–1–74) ВНИИПИ. Эти документырегламентирует все аспекты составления заявки: от порядка за-

полнения стандартных бланков до обозначений в чертежах. Пересказывать содержание этих документов не имеет смысла – при необходимости Изобретатель изучит его самостоятельно. Поэтому остановимся на наиболее важных моментах составления заявки.

🕘 **Цель заявки:**

- ясно изложить суть нового ТР;
- показать, что данное ТР соответствует критериям изобретения:

– обладает мировой новизной;
– имеет существенные отличия от прототипа и аналогов(а);
– обладает полезностью.

🕘 **Набор документов**, составляющих заявку, включает;

- заявление на выдачу АС (патента);
- описание изобретения и формулу изобретения;
- чертежи;
- и дополнительные документы различного характера.

Здесь следует отметить, как и при проведении патентного поиска, при составлении заявки Изобретателю помогут патентные службы… Но без собственного чёткого представления о смысле перечисленных документов, творческого подхода к их составлению – эта помощь ничего не даст…

🕛 При составлении заявки стиль описания изобретения отличается от принятого в научных статьях, книгах и других источниках. Этот стиль состоит в строгом единообразии изложения всех материалов, применении стандартных языковых конструкций и международной научной терминологии.

Описание изобретения (на примере устройства)

Первый раздел – Название изобретения.

Пример: "Механизм подачи сварочной проволоки"

☝ Отличительные признаки ни в коем случае не выносятся в название. Название должно дословно совпадать с начальными словами формулы изобретения.

Цель названия – отнести изобретение к определённой группе объектов. Далее указывается классификационный индекс МКИ, к которому изобретение (по мнению заявителя) следует отнести

МКИ F…

Второй раздел – "**Область техники, к которой относится изобретение, и преимущественная область его использования**" – показать специалистам, где наиболее целесообразно использовать техническое решение, исходя из его особенностей и возможностей.

Далее следуют разделы – характеристика аналогов, прототипа, критика прототипа (изложение его недостатков), цель изобретения, которые должны отразить – из какого уровня техники исходил автор при решении поставленной задачи.

Повторю: ***аналогами*** *изобретения принято считать наиболее близкие по сути ТР из известных на момент составления заявки.*

Аналоги выявляются при патентном поиске, и из технической литературы. Прототипом выбирают наиболее близкое по технической сущности и положительному эффекту ТР из числа аналогов. Правильность выбора аналога и прототипа имеет важное значение при экспертизе в Белгоспатенте или во ВНИИГПЭ: чем более похож прототип на изобретение, а изобретение – отличается от него существенными признаками, тем легче эксперту увидеть, что именно нового предложено…

В разделе "**Критика прототипа**" – необходимо, критикуя "нужные" нам недостатки, подойти к цели изобретения, раскрыв её через устранение этих недостатков. Формулируя цель изобретения, важно показать, что реализация изобретения ведёт к удовлетворению конкретной общественной потребности. При этом недопустимы (!) как заявления рекламного

характера, например, …"…с целью увеличения конкурентоспособности…", "…с целью повышения точности…"

Следующий раздел несколько формального свойства: "**Сущность изобретения и его отличия от прототипа**".

Опытные изобретатели списывают этот раздел с формулы изобретения (последнего раздела описания изобретения), исключив цель, начиная со слов: "отличающаяся тем, что с целью…" – и сохранив в чистом виде ограничительную и отличительную части формулы изобретения.

Следующий раздел, который практически обязателен, если объектом изобретения являются устройства: "**Перечень фигур графических изображений**". Фигуры нумеруются арабскими цифрами; краткое пояснение надо дать к каждой из них. Если фигура одна – обходятся без нумерации.

Чаще всего даётся, как минимум, две проекции объекта, поэтому пишут: "На чертеже изображены две проекции предложенного устройства: вид сбоку (фиг. 1) и вид сверху (фиг. 2)…"

На чертеже должны быть изображены все основные детали и узлы устройства, показать их взаимосвязи, исключив неоднозначные толкования технической сущности изобретения. Узлы и детали обозначаются цифрами, на которые ссылаются затем в тексте описания.

Главное – текст описания и чертежи должны быть строго согласованны.

"Обращения" к чертежам осуществляются в следующем разделе: "**Примеры конкретного выполнения**".

Этот раздел содержит две части:

в первой – конструкция устройства описывается подробно в пределах разумного объёма со ссылкой на чертежи. При этом его признаки делятся на "старые и новые", т. е. прототипа и изобретения;

во второй – описывается работа устройства.

В случае, когда используется многозвенная формула изобретения, в этом разделе для защиты нескольких модификаций конструкции (при общем прототипе), приводятся и другие возможные варианты конструкции и работы устройства.

Следующий – **Важный!** – раздел: "**Технико-экономическая или иная эффективность**". Этот раздел должен показать актуальность использования Предлагаемого решения в народном хозяйстве, реальные выгоды, ожидаемые от внедрения.

В нём приводится экономический расчёт, если это сделать проблематично – технико-экономическое обоснование (ТЭО) с упоминанием об экономии без её расчёта.

Последний раздел описания изобретения – "**Формула изобретения**".

Формула изобретения *есть краткая словесная характеристика, выражающая техническую сущность изобретения, т. е. его предмет.*

Структура и язык формулы изобретения должны чётко соответствовать строгим правилам. "Словесный запас" этого языка исчерпывается признаками изобретения: структуры, вида, отношения. Среди значительного числа признаков, характеризующих объект изобретения, есть такие, без которых **ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ** от изобретения **НЕДОСТИЖИМ (!)**.

В формуле изобретения эти существенные признаки (**ВСЕ!**) должны быть перечислены.

Исходный материал: аналоги, прототипы и оригинальные решения.

Структура формулы изобретения:

Суть предлагаемого решения в виде перечисления существенных отличительных признаков.

Цель изобретения излагается короче и поясней.

В отличительной части, формально, должен содержаться "объём притязаний", т. е. то новое на что претендует автор: конкретное ТР.

Формула изобретения – документ не только технический, но и юридический, показывающий, на какой объём признаков распространяется защита. Поэтому нужно очень тщательно подбирать признаки в формулу, не вводить в неё несущественные признаки…

И вообще, экспертиза уважает короткие формулы (!).

Кроме описания в заявку… входит ещё ряд документов, которые мы только перечислим с короткими комментариями.

Весьма важны документы, дополнительно раскрывающие сущность изобретения:

- акты испытаний изобретения;
- заключение о полезности, подтверждающее работоспособность и положительный эффект от использования…

Справка о творческом участии соавторов, в которой чётко отражается кем из соавторов, что сделано, и приводится процент участия (для распределения вознаграждения).

И последнее – это **реферат**, содержащий краткое изложение материалов заявки.

При патентной защите новых ТР, кроме использования нормативно–методических материалов: ГОСТы, инструкции, условия и т. п., целесообразно руководствоваться логикой создания изобретений, учитывая сущность изменений объекта прототипа.

Так, например, понятие "Задача" не входит в число нормативных критериев изобретения, однако достижение нового полезного эффекта означает, что изобретением решена новая, ранее нерешенная задача.

Принятые критерии "новизна" и "существенные отличия" являются составляющими более общей характеристики – существенной новизны изобретений, возникающей при разрешении технических противоречий.

Существенная новизна может характеризоваться количественно числом существенных отличительных признаков, и качественно – системным уровнем изменений объекта-прототипа, новизной использованного для решения задачи знания и изменением параметров объекта.

В результате изменения параметров объекта изменяются две обобщенные противоречивые характеристики: полезность объекта и плата за полезность. Эти изменения должны соответствовать требуемым внешнеобъектному и внутриобъектному положительным эффектам, если задача считается решённой.