

TRIZ by Altshuller  
**From START to STARS**

Н.Н.Нарбут, А.Ф.Нарбут

Учебник и сборник задач  
по ТРИЗ

Для 1-го и 2-го уровня подготовки

Запорожье-Сеул,  
2004.

## **Оглавление**

### **Предисловие для корейских читателей.**

### **Введение.**

#### **Раздел 1. Развитие технических систем.**

- 1.1. Теоретическая часть.
- 1.2. Разбор задач с использованием законов развития технических систем.
- 1.3. Задачи для самостоятельного решения.
- 1.4. Указания к решению задач.

#### **Раздел 2. Вепольный анализ.**

- 2.1. Теоретическая часть.
- 2.2. Разбор задач с использованием вепольного анализа.
- 2.3. Задачи для самостоятельного решения.
- 2.4. Указания к решению задач.

#### **Раздел 3. Физические эффекты.**

- 3.1. Теоретическая часть.
- 3.2. Разбор задач с использованием физических эффектов и явлений.
- 3.3. Задачи для самостоятельного решения.
- 3.4. Указания к решению задач.

#### **Раздел 4. Стандарты.**

- 4.1. Теоретическая часть.
- 4.2. Разбор задач с использованием стандартов.
- 4.3. Задачи для самостоятельного решения.
- 4.4. Указания к решению задач.

#### **Раздел 5. АРИЗ.**

- 5.1. Теоретическая часть.
- 5.2. Разбор задач с использованием АРИЗ.
- 5.3. Задачи для самостоятельного решения.
- 5.4. Указания к решению задач.

#### **Раздел 6. Преодоление психологической инерции.**

- 6.1. Теоретическая часть
- 6.2. Разбор задач с помощью метода ММЧ и оператора РВС.
- 6.3. Задачи для самостоятельного решения.
- 6.4. Указания к решению задач.

### **Литература.**



На семинаре по изобретательству в Тамбове. Занятия ведет инженер Г. С. Альтшуллер.

Живая, увлекательная форма изложения материала, умелый подбор учебных контрольных задач — все это в огромной степени способствовало успешному ходу занятий, вызывало большой интерес у присутствующих. А главное, конечно, заключалось в том, что слушатели самостоятельно справлялись с задачами, к которым раньше, по их собственным словам, и приступать было страшно.

### Предисловие для корейских читателей

**Наш учитель Генрих Саулович Альтшуллер в каждом новом учебном году присылал для наших студентов короткие информации о сути ТРИЗ. Этот учебник мы тоже начинаем такой информацией, составленной из статей и писем Альтшуллера.**

Техника материальна, а ее развитие диалектично. Казалось бы, в этом не может быть ни малейших сомнений. Материальность технических систем очевидна и столь же очевиден факт их развития, подчиняющегося, как и всякое развитие, всеобщим законам диалектики. Отсюда со всей определенностью следует

решающий вывод: существуют объективные законы развития технических систем, эти законы можно познать и использовать для сознательного решения новых технических задач без перебора вариантов.

Однако на протяжении целого столетия — с тех пор, как началось более или менее регулярное изучение творчества, — внимание исследователей было сосредоточено на психологии изобретательства. Считалось (да и считается по сей день), что главное — это процессы, происходящие в голове изобретателя. Исследуя эти процессы, надеялись понять, как появляются новые технические системы. В лучшем случае допускалось, что, раскрыв некие секреты изобретательства, можно в какой-то мере повысить эффективность творчества. Возможность замены творчества принципиально иной технологией производства изобретений, переход к точной науке о развитии технических систем просто не рассматривалась.

Интересно, что идея закономерной эволюции биосферы получила признание еще в XIX веке. Развитие биосферы происходило без участия человека, задолго до его появления. При всем желании нельзя было приписать появление новых видов животных и растений деятельности человека. Технические же системы развиваются от «вида» А к «виду» Б при участии человека, и это создает впечатление, что все зависит от нас. На самом деле переходы осуществляются по определенным законам, и никакой изобретатель не может существенно изменить ход развития: перейти от А не к Б, а, скажем, к В или повернуть развитие вспять — от Б к А.

Работа по созданию теории решения инженерных задач (ТРИЗ) началась в нашей стране в 1946 г. Первая публикация относится к 1956 г. Творческий процесс настолько привыкли считать неподдающимся управлению, что потребовалось почти 10 лет пропаганды ТРИЗ, прежде чем начался переход к коллективной работе. Только с конца 60-х годов удалось перейти от разрозненных семинаров к регулярному обучению ТРИЗ в общественных школах и институтах технического творчества.

С позиций ТРИЗ все задачи можно разделить на два типа:

1. Задачи, решаемые прямым применением законов развития технических систем или правил, вытекающих из этих законов;
2. Задачи, решение которых пока не поддается полной формализации.

Задачи, таким образом, делятся на стандартные и нестандартные, причем деление это зависит от современного состояния ТРИЗ. Задачи, являющиеся сегодня нестандартными, завтра — после выявления пока еще неизвестных закономерностей — станут задачами стандартными.

Следует сразу и энергично подчеркнуть: стандартные задачи стандартны (т. е. просты) только с позиций ТРИЗ. При решении методом проб и ошибок стандартные задачи могут показаться очень трудными, а ответы на них — неожиданными и остроумными.

Описание стандарта содержит много примеров, поэтому решение задачи не представляет никакого труда, хотя с позиций патентного права налицо, «творческий продукт» — получено новое и полезное техническое решение...

Система стандартов, используемая в ТРИЗ, постоянно пополняется и совершенствуется. Она включает 50 стандартов, разделенных на классы и подклассы, отражающие основные этапы развития систем (синтез простых систем, их преобразование, переход к сложным системам, «ассимиляция» физических эффектов и т. д.). Такая система позволяет легко находить нужный стандарт и не только получать конкретный ответ на задачу, но и видеть логику дальнейшего развития системы.

Стандарты дают возможность уверенно решать 10—15% всего объема встречающихся задач. Но основным рабочим инструментом ТРИЗ остается алгоритм решения инженерных задач (АРИЗ).

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

Первые публикации АРИЗ появились в 50-х годах. С тех пор АРИЗ систематически совершенствуется: каждая его модификация в широких масштабах используется на практике, случаи «сбоев» тщательно изучаются, в текст АРИЗ вносятся коррективы. Последовательно были разработаны и опубликованы

модификации АРИЗ в 1959, 1961, 1964, 1965, 1968, 1971, 1977, 1982, 1985 гг.

Система школ ТРИЗ позволяет в короткие сроки проводить проверку АРИЗ при решении различных задач. Этим и объясняются быстрые темпы его развития, появление новых, более совершенных модификаций. Необходимо, однако, подчеркнуть, что первоосновой совершенствования АРИЗ является изучение патентного фонда, исследование больших массивов патентной информации по изобретениям высших уровней. Найденные закономерности, правила, приемы включаются в АРИЗ, быстро проверяются и уточняются.

Каждая модификация АРИЗ включает три составные части:

1. Основой АРИЗ является программа последовательных операций по выявлению и устранению противоречий. Она позволяет шаг за шагом переходить от расплывчатой исходной ситуации к четко поставленной задаче, затем к модели задачи и анализу противоречий. В программе — в самой ее структуре и правилах по выполнению отдельных операций отражены объективные законы развития технических систем.

2. Поскольку программу реализует человек, необходимы средства управления психологическими факторами: нужно гасить психологическую инерцию и стимулировать работу воображения. Значительное психологическое воздействие оказывает само существование и применение АРИЗ: работа по программе придает уверенность, позволяет смелее выходить за пределы узкой специальности и, главное, все время ориентирует работу мысли в наиболее перспективном направлении. Но нужны и конкретные операторы, форсирующие воображение. В сущности, в глубине этих операторов тоже спрятаны объективные закономерности развития технических систем, только закономерности эти еще не вполне ясны. По мере развития АРИЗ психологические операторы превращаются в точные операторы преобразования задачи.

3. АРИЗ должен быть снабжен обширным и в то же время компактным информационным фондом. Основные составляющие этого фонда: приемы, стандарты, физические эффекты и явления. Список приемов преодоления типовых противоречий в АРИЗ-71 включал 40 укрупненных приемов (вместе с под-приемами — около 100). Фонд таких приемов — вместе со специально подобранными примерами и таблицей

применения приемов при устранении типичных технических противоречий — довольно сильный в прошлом решающий аппарат. Не случайно в Болгарии и США эти материалы изданы отдельной книгой. Однако для решения сложной задачи нужно сочетание приемов, и чем оно сложнее (иногда оно включает и физэффекты), тем отчетливее привязано к определенному классу задач. В АРИЗ-77 сложные сочетания приемов были представлены в виде двух отдельных массивов — типовых моделей и стандартов. В АРИЗ-82 эти массивы объединены в единую систему стандартов, о которой уже говорилось. Стандарты вобрали в себя и некоторые сочетания приемов с физическими эффектами, но освоение огромного фонда физэффектов только начинается. Сам по себе их перечень — «банк физэффектов» — как бы он ни был велик, мало что дает изобретателю: при решении сложных задач физэффекты применяются в сочетании с приемами, вся «хитрость» именно в сочетании. Наиболее сильные сочетания могут и должны постоянно пополнять фонд стандартов.

Итак, сложное хозяйство: законы развития технических систем, основанная на них программа работы с задачей, психологические операторы, обширный информационный фонд... Иногда это вызывает недоумение. От ТРИЗ ждут «чуда» — легкого решения трудных задач, возможности изобретать, ничем не утруждая себя. А тут выясняется, что надо освоить новую и сложную науку, причем нельзя ее «выучить» раз и навсегда, потому что все в ней быстро меняется и развивается. Более того, нужно постоянно — как в искусстве и спорте, — тренироваться, развивая системное мышление...

Что ж, управлять самолетом намного сложнее, чем идти пешком. Но ведь и скорость иная!

100 — 150 лет назад резко увеличились темпы развития науки, началась научная революция, показавшая, что мир неограниченно познаваем. Одновременно разворачивалась и революция техническая, утвердившая мысль, что мир неограниченно изменяем. Эти революции вызвали бурное развитие производства и закономерно привели к великим социальным переменам. Ныне происходит космическая революция, несущая новое понимание мира, в котором мы живем: мир этот может быть расширен до самых далеких звезд.

Рабочий инструмент этих титанических революций — творческое мышление. Но, как ни парадоксально, само творческое мышление, его технология, принцип действия, не претерпели качественных

изменений. Считалось и до сих пор считается, что есть люди, от рождения наделенные способностью к творчеству. Эти люди упорно размышляют над той или иной задачей, и внезапно приходит озарение (вдохновение, осенение и т. д.), возникает новая идея. Невозможно раскрыть механизм этого процесса, научиться им управлять, сделать его доступным всем (хотя нет сколько-нибудь надежных критериев наличия этих способностей) и создавать для них благоприятные условия (ясного представления о таких условиях тоже нет)...

Такой взгляд на творчество поразительно устойчив. Он господствует и по сей день. Поправки имеют чисто косметический характер: вместо «вдохновения» ввели более респектабельный термин «инсайт», вместо открытого признания непознаваемости творчества уклончиво говорят о сложных процессах в подсознании...

Суть ТРИЗ в том, что она принципиально меняет технологию производства новых технических идей. Вместо перебора вариантов ТРИЗ предлагает мыслительные действия, опирающиеся на знание законов развития технических систем. Мир творчества становится неограниченно управляемым и потому может быть неограниченно расширен. Творческая революция по своему значению, по-видимому, не уступает революциям научной, технической, космической.

Главные рабочие инструменты для решения задач — стандарты и АРИЗ. Казалось бы, обучение надо начинать со стандартов — они намного проще. Но в школах технического творчества и на семинарах по ТРИЗ сначала осваивают АРИЗ, а уж потом переходят к изучению системы стандартов.

АРИЗ (при точном применении) исключает возможность ошибки. Решение по АРИЗ обязательно ориентируется на ИКР, идеальный конечный результат: требуемое действие должно осуществляться само. Как ни парадоксально, но такое утяжеление задачи облегчает решение, сразу отсекая множество слабых вариантов.

Иногда приходится слышать такое соображение: «А зачем мне ТРИЗ? Я и сам могу накидать сколько угодно идей...» И «накидывают»: даже среди предложений, защищенных авторскими свидетельствами, патентами, имеются слабые технические решения.

Современная техника дает возможность решать многие задачи «напролом», — не считаясь с затратами и нагромождая сложное оборудование. Завороженные мощностью гигантских машин, мы порой отождествляем их размеры с совершенством техники. Между тем машины, оборудование — это всего лишь средство для осуществления той или иной функции. Идеальная машина — когда машины нет, а требуемое действие выполняется. Творческий подход к решению задач начинается с понимания простой, в общем, вещи: годится не любое решение, а только такое, которое близко к ИКР. В формулировку ИКР надо буквально вцепиться, не соблазняясь возможностью без особого труда «накидать» множество далеких от ИКР решений. А соблазн велик... Как известно, Одиссей, чтобы не поддаться коварным напевам сирен, велел привязать себя к мачте корабля. Но в долгом своем путешествии Одиссей только один раз проплыл мимо Острова сирен. Идеи, отвлекающие от ИКР, опаснее: они появляются вновь и вновь, упорно стремясь прервать процесс решения...

АРИЗ включает несколько операций с ИКР. Сначала составляют формулировку ИКР — она помогает определить и исследовать физическое противоречие. Затем, после устранения противоречия, найденное техническое решение сопоставляют с ИКР: проходят только решения, близкие к идеальному. Сорок, шестьдесят, сто задач, решенных по АРИЗ, — и постепенно вырабатываются навыки, быть может, самые важные для творчества: умение отбрасывать «напроломные» идеи и упорно идти к тому единственному ответу, который практически совпадает с ИКР.

...Сформулируйте ИКР для этой задачи. Предложите техническое решение. Покажите, что ваше решение достаточно близко к ИКР. Помните: перед вами учебная задача, смысл задания в том, чтобы обоснованно получить приближение к идеалу.

Г.С.Альтшуллер,  
инженер.  
г.Баку.

## **Введение.**

### **1. Что такое ТРИЗ.**

Изобретательские задачи знакомы человеку с древнейших времен. Говоря об истории нельзя обойти способ производства, характерный для той или иной общественной структуры. А способ производства, его эволюция и качественная смена всегда связаны с решением изобретательских задач. Каждый век решает свои задачи. Но самое важное в том, что каждый век решает стоящие перед ним задачи по-своему. Широко известна мысль, что для характеристики способа производства важно не то, что производится, а то, как производится, какими средствами. При раскопках городов древнего Шумера обнаружены предметы, которые ученые считают не чем иным, как электрическими аккумуляторами. Но это никак не повлияло на ускорение процесса массового применения электричества - прошли тысячелетия до появления первого электродвигателя, первой электролампочки.

Нечто подобное происходило и с решением изобретательских задач. Отдельные гениальные находки либо оставались для современников всего лишь занятой игрушкой, либо, отработав короткий срок, забывались на многие годы. Достаточно вспомнить «игрушки» Герона Александрийского, среди которых были, например, паровые двигатели, ракеты и автоматы с обратной связью. На сотни лет они так и остались игрушками. Причин этому несколько. И одна из главных - гениальный Герон был один. Он мог показать, как работают его машины, но не мог научить своих учеников самим придумывать новые машины.

Как ни странно, вплоть до нашего века положение с решением изобретательских задач осталось на прежнем, героновском уровне. Были отдельные, разбросанные по странам и годам одиночки, которые одаривали человечество новыми техническими системами. И были многочисленные эпигоны, ломившиеся, но так и не попавшие в достаточно открытую дверь. Почему так происходило? Главным образом потому, что качество решения изобретательской задачи связывали почти исключительно с личными качествами самого изобретателя, с его психологическим (как еще говорят – душевным) настроем, способностями близких и дальних родственников, погодой и наличием в соседнем доме черных кошек... Нельзя сказать, что эти факторы вообще не влияют на решение изобретательских задач. Но хочется назвать еще один, который почему-то

игнорировался многочисленными исследователями в прошлом: это - состояние самих технических систем, их развитие, их своеобразная «жизнь».

В самом деле: из двух человек, которым поручено решить уравнение третьей степени, быстрее справится с заданием тот, кто более уравновешен, внимателен, трудолюбив... Но это лишь в том случае, если оба одинаково хорошо владеют формулой Кардано. Если же с формулой знаком только один из двух... Не исключено, что другому тоже повезет и он известным с давних лет методом «научного тыка», методом перебора вариантов найдет правильный ответ быстрее своего ученого соперника. Только вряд ли такое везение продлится долго, даже в математике случай «одаривает только подготовленные умы». Решать изобретательские задачи, надеясь только на хорошую наследственность и погоду - дело столь же неблагодарное. Можно потратить день, месяц, год - и не продвинуться дальше начальных условий. И нет никаких гарантий, что опыт предыдущих решений будет хоть чем-то полезен...

Упомянув «жизнь» технических систем, мы не случайно взяли ключевое слово в кавычки. Конечно, о жизни в полном смысле слова тут речь не идет. Но здесь не только развитие техники человеком, здесь возникают факторы, характерные только для технических систем, причем эти факторы проявляют известную самостоятельность. Первые паровозы обувались в железные башмаки, поскольку у них были нормальные, привычные тогдашнему человеческому глазу ноги. Кто сейчас помнит об этих паровозах? Только не нужно думать, что исчезновение ног паровоза - просто каприз конструктора. Наоборот: конструктор был вынужден заменить плохо работавшую техническую систему другой, которая ему нравилась, наверняка, гораздо меньше. Говоря о тех же паровозах, достаточно вспомнить, как не хотели конструкторы отказываться от зубчатых колес для них («гладкие будут скользить и не потянут...»), с каким трудом заставляли себя смириться с известной ненадежностью машины («эта штука не проедет и мили...»). Но если теперь проследить эволюцию железнодорожного транспорта - эти конфликты как бы растворяются в четкой последовательности сменяющих друг друга систем, каждая из которых почти всегда к лучшим чертам предшественников добавляет еще более ценные качества. Очевидно, причина этого явления - наличие объективных законов развития технических систем, законов, которые не зависят от нашего о вас желая, а являются «внутренним делом» техники.

Безусловно, без человека техника мертва (без кавычек). Никакого развития технических систем не может быть, если человек (допустим на миг такую невозможную ситуацию) вообще откажется от техники. Но если техника развивается, то по определенным законам, которые можно изучить и использовать, но не изменить. Возвращаясь к паровозу, можно сравнить человека и технику с паровозом и машинистом. Перестанет машинист держать пар - всё остановится. Но пока машина движется - она движется по давно проложенным рельсам и попытка «свернуть» в сторону ни к чему, кроме аварии не приведет.

Сказанного достаточно, чтобы сформулировать главные положения ТРИЗ - теории решения изобретательских задач: «Существуют объективные, диалектические законы развития технических систем; эти законы можно познавать и использовать для планомерного развития техники».

На основе знания законов построен конкретный аппарат решения технических изобретательских задач, куда входят АРИЗ (алгоритм решения изобретательских задач) и стандарты на решение таких задач. Аппарат решения дополнен необходимыми информационными фондами и приемами преодоления психологической инерции. Без последнего нельзя обойтись хотя бы потому, что изобретательские задачи решает все же человек - со всеми присущими ему человеческими слабостями. Нельзя переоценивать значение этих слабостей, но и вообще отмахиваться от них опасно...

Теория решения изобретательских задач появилась вполне закономерно и своевременно. Как математика. Нельзя было построить космические корабли, решая «на ощупь» даже кубические уравнения, тем более – уравнения дифференциальные. Нельзя проводить научно-техническую революцию, решая «на ощупь» современные изобретательские задачи. А надеяться на гениальных (или просто удачливых) «геронов» - занятие для современного производства небезопасное. К тому же, решая изобретательские задачи методом «проб и ошибок» (пусть даже замаскированным под современными названиями: мозговой штурм, синектика, метод фокальных объектов, метод гирдянд ассоциаций и т.п.) трудно планировать своевременное появление нужной технической системы. Взять на себя такую ответственность может только точная наука. Такой наукой и является ТРИЗ.

Первые работы в этом направлении выполнил известный ученый, теоретик изобретательства Г.С.Альтшуллер. С 1956 года начали появляться его публикации по ТРИЗ. В настоящее время эту науку используют во многих странах. Хорошие результаты дает применение ТРИЗ при решении конкретных производственных и научных задач. Исследователи, работавшие под руководством Г.С.Альтшуллера по единому плану, и сейчас придерживаются этого направления. Публикуются книги, появляются соответствующие рубрики в научных, технических и популярных журналах (перечень некоторых наиболее важных публикаций по ТРИЗ приведен в конце книги). Очень много материалов разного уровня можно найти в Интернете. К сожалению, их качество не всегда соответствует требованиям, которых придерживался сам автор ТРИЗ – Г.С.Альтшуллер.

В этой книге аппарат ТРИЗ представлен в том минимально необходимом количестве, без которого нет смысла приниматься за решение конкретной производственной задачи. Она рассчитана на специалистов в различных областях техники, студентов - всех тех, кто постоянно сталкивается с решением технических изобретательских задач. Книга предназначена для тех, кто делает первые шаги в освоении ТРИЗ.

## **2. Как пользоваться учебником.**

В книге очень мало теоретических моментов. Основное внимание уделено разбору конкретных технических задач. Для ТРИЗ безразлично - к какой области относится задача, поэтому в учебнике рядом стоят примеры из радиоэлектроники и сельского хозяйства, медицины и строительства, транспорта и военной техники.

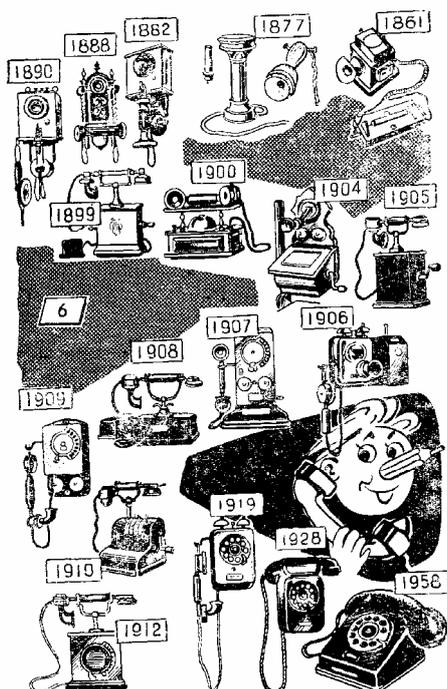
Разбирая очередной раздел, нужно заботиться не столько о поиске контрольного ответа, сколько о правильном выполнении предписаний теоретической части указаний к решению. Цель книги - научить читателя пользоваться аппаратом ТРИЗ, показать, как с помощью ТРИЗ решаются конкретные изобретательские задачи. При этом правильно найденный контрольный ответ — еще не гарантия успеха.

Намного важнее - правильный ход решения, поскольку именно он позволит в будущем решать другие изобретательские задачи с тем же успехом.

Материал для задач подбирался, как правило, из опыта работы различных компаний и фирм. Контрольные ответы - реальные, внедренные разработки. В этом смысле они представляют самостоятельную ценность, как информационный фонд по технике и технологии. С другой стороны, ответ, полученный при разборе задачи по ТРИЗ, может оказаться лучше, качественнее контрольного. В таком случае необходимо проверять его на патентную чистоту и при отсутствии аналогов - подать заявку на изобретение. Особенно это относится к задачам из глав 2, 3, 6, если их решать по АРИЗ и стандартам. Вообще, задачи любого раздела можно (после освоения обязательного материала) решать, применяя инструменты ТРИЗ, показанные в других разделах.

Необходимо сказать и о том, что по разным причинам осталось за пределами этой книги. Помимо предельного сокращения теоретического материала по соответствующим разделам, из рассмотрения (по разным причинам) полностью исключены приемы преодоления технических противоречий, практически все элементы курса РТВ (развитие творческого воображения), очень интересная область - решение научных задач с помощью ТРИЗ, другие «не-классические» инструменты. Сведения о наиболее важных из них можно будет найти во второй книге этого учебника, предназначенного для более квалифицированной подготовки по ТРИЗ.

В заключение выражаем благодарность нашим коллегам - преподавателям и разработчикам ТРИЗ, - без постоянного творческого общения с ними эта книга вряд ли могла состояться.



## **Раздел 1. Развитие технических систем**

### **1.1. Теоретическая часть.**

К техническим системам относятся системы, содержащие хотя бы один искусственный элемент и предназначенные для выполнения определенных функций, с конечной целью - реализация потребностей человека.

Технические системы (ТС) развиваются в соответствии с объективными диалектическими законами. Их объективность проявляется в том, что попытки создания ТС с нарушением (сознательным или непреднамеренным) этих законов приводят к появлению нежизнеспособных (плохо выполняющих свои функции) технических систем. Законы выявляются путем анализа развития значительного количества ТС различных уровней. При этом уровень определяется только относительными масштабами технических систем, но не развитием, например, в сложности структур. Каждая ТС, как правило, входит в качестве составной части в ТС более высокого уровня и содержит в качестве собственных частей ТС более низкого уровня.

Выявленные к настоящему времени законы развития технических систем можно разделить на две группы:

#### **1. Условия жизнеспособности технических систем.**

1.1. Наличие и минимальная работоспособность основных частей ТС (условно) - изделия, инструмента, источника энергии, органа управления.

1.2. Сквозной проход энергии по всем частям ТС.

1.3. Согласование ритмики частей ТС.

#### **2. Тенденции развития технических систем.**

2.1. Неравномерность развития частей ТС.

2.2. Переход частей ТС на более низкий уровень (микро-уровень).

2.3. Переход функций системы на более высокий уровень (макро-уровень).

2.4. Увеличение степени идеальности (в пределе – системы нет, а ее функции выполняются) - следствие из 2.2 и 2.3.

2.5. Увеличение степени вепольности (см. **раздел 2 «Вепольный анализ»**).

В процессе исследований были выявлены принципиальные совпадения между законами развития натуральных (природных) систем, общественных систем - и законами развития технических систем. В то же время установлено, что неправомерно прямо переносить законы развития ТС на области, не относящиеся к технике (например, искусство). Для этого нужно собирать отдельные информационные фонды и выявлять особые законы развития именно этих систем.

Законы развития технических систем - основа для создания аппарата решения технических изобретательских задач. Возможно также непосредственное применение этих законов для решения некоторых задач, усовершенствования и, в особенности, прогнозирования развития технических систем.

## **1.2. Разбор задач с использованием законов развития технических систем.**

**Задача 1.1.** Современные промышленные дымовые трубы достигают в высоту многих десятков и даже сотен метров. При этом не всегда возможно установить непосредственно на трубе датчики, определяющие загрязненность выпускаемого потока газа. И практически невозможно измерять загрязненность на той же высоте, но на расстоянии нескольких десятков метров от трубы. Как быть?

**Решение.** Рассмотрим условия жизнеспособности заданной системы. Уже первое условие не выполняется - в системе присутствует только изделие (частицы вредных выбросов). Нет инструмента, который должен непосредственно взаимодействовать с частицами, измеряя их количество, нет источника энергии, органа управления. Вводя эти недостающие части, следует учитывать действие других законов развития технических систем и, прежде всего, - увеличение степени идеальности. Если нет возможности вообще избавиться от введения новых частей - следует стремиться совместить их функции в меньшем количестве элементов.

Из ситуации вытекает, что инструмент-измеритель должен подняться на высоту сотни метров, некоторым образом измениться и вернуться назад. Желательно также, чтобы инструмент сам для себя был источником энергии. Этим

требованиям хорошо отвечает электромагнитное излучение, Известно, что световые лучи, например, при отражении от загрязненных участков атмосферы испытывают смещение частоты отраженных сигналов (эффект Рамана), причем величина этого смещения зависит от степени загрязненности.

Теперь несложно представить себе техническую реализацию способа измерения загрязненности. Лазерный луч направляется на исследуемую область атмосферы, отраженное излучение сравнивается с эталонным и по смещению частоты судят о загрязнении. Такое устройство разработано управлением защиты окружающей среды США совместно с НАСА.

Зная законы развития технических систем, можно представить дальнейшее развитие этого прибора (и самого способа). Очевидно, следует стремиться к идеальности инструмента-измерителя. Он должен быть, чтобы измерение все же проводилось, и его не должно быть, чтобы конструкция упростилась. Инструмент нам нужен только тогда, когда он коснулся загрязненного облака и пошел к земле. Нам вовсе необязательно самим направлять его вверх. Следовательно, инструмент должен появиться «из ничего» - из другой технической или природной системы. Например, в качестве источника электромагнитного излучения можно взять Солнце и сравнивать прошедший или отразившийся от загрязненной области луч с эталонным (его можно записать заранее в зоне, заведомо свободной от загрязнений).

**Задача 1.2.** Стальные изделия закаляют в ваннах, заполненных специальным закалочным маслом. При этом качество закаливания зависит от чистоты масла. Наличие примесей выше определенной величины недопустимо. Необходим сравнительно простой способ определения наличия примесей.

**Решение.** Все части системы налицо: изделие (примеси), инструмент (масло), тепловое поле, несущее энергию в систему. Этим полем можно легко управлять. Теперь все эти части нужно связать таким образом, чтобы изменение содержания примесей в масле немедленно сказывалось бы на всей системе. Здесь проще всего учесть неравномерность развития частей системы, конкретнее, - различную степень восприимчивости инструмента и изделия к действию теплового поля. Так, при нагревании пробы масла выше температуры 100 - 120°С его давление изменяется неодинаково при различных степенях загрязнения. Примеси вносят свою ленту в объем и вес пробы, но практически не

вливают на давление, которое определяется только количеством чистого масла.

Прибор для контроля загрязненности закалочного масла, построенный на этом принципе, выпускает фирма «Дж. У. Борланд» (Бирмингем). Он обнаруживает наличие в масле 0,02% воды, которая в данном случае является загрязняющей примесью.

**Задача 1.3.** Многие машины и механизмы в процессе работы интенсивно вибрируют. Вибрация передается на соседнее оборудование, приводя к его преждевременному износу. Для гашения вибрации применяются, например, войлочные прокладки, но они недостаточно эффективны. Как быть?

**Решение.** Казалось бы, все уже сделано - амортизаторы поставлены. Но они неэффективны... Система оказалась излишне жизнеспособной: вибрация в любой ее части хорошо передается другим частям. По законам необходимо нарушить жизнеспособность системы. Поскольку удалять из нее части и прерывать энергопоток нельзя - остается нарушить ритмику частей системы.

Именно на этом принципе работает звукопоглощающее покрытие, разработанное в университете Легай (Бетлен, штат Пенсильвания, США). На лист пластика наносят тонкий (менее 0,5 мм) слой латекса или каучука, а сверху покрывают алюминиевой фольгой. Резонансная частота такого «пирога» близка к естественной максимальной частоте колебаний звука. В то же время собственно лист пластика и дополнительный лист фольги имеют различные резонансные частоты и колеблются несинхронно. Благодаря этому, промежуточный слой поглощает до двух третей шума устройств, расположенных на нем.

Вообще, согласование и рассогласование ритмики частей системы - очень сильное средство повлиять на функционирование системы. Его используют также в **стандартах на решение изобретательских задач**, применяют как отдельный **физический эффект**.

**Задача 1.4.** До сих пор сложной проблемой остается перемещение космонавтов в невесомости вне космического корабля. Необходимо предложить новый способ или приемлемое

устройство по старому способу для свободного перемещения космонавтов.

**Решение.** Данная задача - типичный пример на закон неравномерности развития частей системы. До сих пор все внимание конструкторов было обращено на другую проблему: двигатель (средство передвижения) для космических кораблей. Двигатели для космонавтов попросту находились вне поля зрения разработчиков. Сейчас вдруг выяснилось, что достаточно удачных конструкций нет вообще. Американские астронавты еще на станции «Скайлэб» испытывали портативную систему из заплечного ранца и комплекта, реактивных сопел, вмонтированных в перчатки, но дальше испытаний единичных образцов работа не продвинулась. На кораблях многократного использования таких двигателей для космонавтов тоже еще нет. Делается попытки «подтянуть» отставшую часть системы путем механического переноса туда средств, давших хорошие результаты в других частях (реактивные двигатели - для одного человека), но такой путь редко дает ощутимые положительные результаты. Поэтому в открытом космосе пока предпочитают использовать обыкновенный фал - слегка усовершенствованную веревку. Понятно, что вскоре (когда в открытом космосе будут проводиться, например, монтажные работы с участием многих людей) ни фал, ни реактивные микродвигатели космонавтов устраивать не будут.

Поскольку для решения задачи нужно предложить нетривиальный (и патентно-чистый) способ передвижения, то с помощью законов развития технических систем нужно только спрогнозировать направление развития системы. Переход функций системы на более высокий уровень, например, подсказывает, что функцию передвижения космонавта вне корабля частично или полностью должны взять на себя другие технические системы (не связанные непосредственно с космонавтом), некие космические «тротуары»... Переход частей системы на микроуровень заставляет трансформировать фал в поток частиц ионного, а затем и более мелкого размеров. Это может быть и полевое взаимодействие, и солнечный парус. Стоит вспомнить, что в период расцвета парусников научились ходить и против ветра...

Эта задача пока не имеет хорошего контрольного ответа. Тем более не было оснований надеяться на ее решение «в лоб» с помощью применения одних только законов развития технических систем. Но теперь можно взять за основу одну из

полученных идей и разобрать ее с помощью несколько более конкретных способов решения. Задачу можно сформулировать, например, так: «Солнечный парус не требует (в космосе) источника энергии, всегда готов к работе, однако его мощность слишком мала, а размеры велики. Как устранить указанные недостатки для того, чтобы солнечный парус можно было использовать для перемещения космонавтов в открытом космосе?»

**Задача 1.5.** Для откорма крупного рогатого скота наряду с обычными используются так называемые грубые корма - своеобразная жевательная резинка для коров. Стимулирование жевательной активности (за счет введения грубых кормов) положительно влияет на рост животных, на их состояние. Однако грубые корма недостаточно хорошо усваиваются животными, что приводит к потерям в весе. Причина недостаточной усваиваемости - излишне крупные и далеко не одинаковые размеры частичек грубого корма...

**Решение.** В отличие от предыдущей задачи, решение здесь становится очевидным сразу после применения законов развития технических систем. Нужно уменьшить размеры частичек грубого корма (закон 2.2) и согласовать «ритмику размеров» (закон 1.3).

Так я поступают на практике: грубые корма дробят, затем изготавливают из них гранулы и скармливают животным. Качество жевания при этом не ухудшается, зато улучшается усваиваемость, поскольку суммарная площадь поверхности гранул во много раз больше площади поверхности цельного куска корма.

Следует отметить, что идея грануляции грубого корма, несмотря на всю ее очевидность, была получена не так давно. Поэтому при первом знакомстве с технической системой желательно проверять ее на соответствие законам развития ТС. Иногда уже в первом приближении удается обнаружить хорошие возможности для ее качественного улучшения.

**Задача 1.6.** Новые лекарства, пищевые продукты, несмотря на тщательные испытания перед выпуском на рынок, могут дать совершенно неожиданный отрицательный эффект. Требуется

разработать способ быстрого выявления потенциально опасных товаров.

**Решение.** Легко заметить, что попытки создать такой метод на уровне исходной системы малоэффективны. При огромном количестве выпускаемых лекарств и пищевых продуктов практически невозможно проследить путь каждого товара. Закон 2.3 подсказывает - функции требуемой системы должна взять на себя система более высокого уровня. Другими словами, под контроль следует брать не одну ампулу с лекарствами, не один пакет с продуктами, а все лекарства, все продукты... Такой подход не усложняет (как это кажется на первый взгляд), а намного упрощает решение поставленной задачи.

В полном соответствии с законом 2.3 управление по вопросам качества продовольствия и медикаментов США ввело в действие электронную систему, которая объединяет около 120 отделений в 30 штатах. Система ежедневно регистрирует пищевые и лекарственные отравления. Совпадение причин отравления с большой степенью достоверности свидетельствует о недоброкачественности того или иного товара. Информация об этом немедленно передается фирме-изготовителю лекарств или продуктов питания с требованием видоизменить продукцию или вообще снять ее с продажи.

**Задача 1.7.** Во многих случаях присутствие человека на летательном аппарате небезопасно, однако весьма целесообразно. Например, автоматика не может предусмотреть всех возможных ситуаций при полете в атмосфере другой планеты. В то же время полет человека вызывает дополнительные осложнения в конструкции исследовательского зонда. К тому же, космонавт не может быть специалистом одновременно во многих областях. Как быть?

**Решение.** Напрашивается применение закона 2.5 - увеличение степени идеальности. Необходимо иметь на борту целый коллектив исследователей-специалистов - и в то же время желательно вообще не иметь на борту людей.

Исторически задача впервые возникла в военной технике при подготовке разведывательных самолетов, однако примечательно, что первое по-настоящему качественное ее решение было связано с мирными исследованиями космоса. Такими идеальными зондами стали советские «Луноходы». У них на борту не было ни

одного человека - и в то же время десятки специалистов одновременно получали информацию по своей теме непосредственно с поверхности Луны и могли через дежурного оператора в любой момент вмешаться в работу зонда для уточнения, перепроверки данных.

На этом примере также хорошо прослеживается выполнение закона неравномерности развития частей системы. Самолеты-разведчики первоначально были обыкновенными самолетами, выполнявшими «по совместительству» разведывательные функции. Конструкторы увеличивали скорость самолетов, потолок, дальность полета. Все это со временем позволило использовать самолеты для особо важных заданий, но помехой стала недостаточная квалификация пилота. К тому же, пилот занят управлением и не всегда в состоянии даже просто наблюдать за чем-то вне самолета...

Интересно проследить дальнейшее развитие этой технической системы на примере космических зондов. Так, радиоимпульс от Луны на Землю и обратно идет примерно две секунды и эта задержка существенно не влияет на управление зондом. Но уже расстояние до ближайших планет - Марса и Венеры - составляет многие миллионы километров. Задержку радио-импульса в этом случае нужно как-то компенсировать... Либо предложить принципиально новый способ управления зондом.

**Задача 1.8.** Семена одуванчиков имеют хромосомы, качественно подобные хромосомам человека. Как использовать это, например, при контроле за работой атомной электростанции?

**Решение.** Качественное подобие хромосом одуванчика и человека дает возможность ставить целый ряд экспериментов на одуванчиках, перенося затем полученные результаты (с большой степенью достоверности) на человека. Однако при контроле за работой АЭС важно действие закона 1.3, взятого с обратным знаком. У человека и одуванчика рассогласованы ритмики жизненных процессов. Смена поколений у человека занимает 25 - 30 лет, у одуванчика - один год. Таким образом, любые хромосомные изменения даже внешне проявятся у одуванчика в десятки раз быстрее, чем у человека. (К тому же, у одуванчика всего три пары хромосом, поэтому хромосомные изменения у него заметны еще быстрее).

Поэтому, исследуя одуванчики, растущие возле АЭС (или другого объекта с вредными условиями труда), и не обнаружив в них вредных изменений в течении, например, пяти лет, можно уверенно сказать - в ближайшие сто лет этот объект ничем не грозит человеку.

**Задача 1.9.** Бериллий обладает наиболее высоким модулем Юнга среди других известных металлов, поэтому из него выгодно изготавливать особо жесткие (и легкие) конструкте. Однако бериллий очень токсичен, он вызывает тяжелые легочные заболевания, нередко заканчивающиеся смертью больного. Поэтому бериллий не находит широкого распространения в технике. Как быть?

**Решение.** Компромиссный выход - соединения бериллия. Но при этом неизбежно нарушается кристаллическая структура металла, которая, собственно, и создает те качества, которые нужно использовать. Поэтому желательно рассмотреть ситуацию с точки зрения законов развития технических систем. Закон 2.5 - увеличение степени идеальности: бериллия нет, а его лучшие качества сохранены. Тот же закон, но со стороны человека: бериллий есть, но он перестал быть вредным для человека...

Путь к реализации первого направления - создание кристаллических структур, аналогичных структуре бериллия, но из других элементов, безопасных для человека. Более странным кажется второй путь, он как бы исключает из рассмотрения человека. Но именно этот путь уже реализован: специалисты фирмы «Бритиш эйркрафт» провели исследования, которые показали, что применение бериллия в несущих конструкциях искусственных спутников Земли позволяет снизить вес этих конструкций на 35%. Что же касается вредных для человека свойств бериллия, то они для спутников, работающих в автоматическом режиме и в безвоздушном пространстве несущественны.

**Задача 1.10.** При работе с доильными аппаратами необходимо внимательно следить за поступлением молока. Если молоко перестает поступать и аппарат не выключить - корова может получить травму вымени. Как быть?

**Решение.** Задача возникла из-за неравномерности развития частей системы. Но систему следует проверить на первое условие

жизнеспособности - закон 1.1. И сразу становится очевидным ее существенный недостаток: система очень плохо управляема. Оператор (человек) фактически может только включить или выключить аппарат (т.е. выполняет работу обычного реле) и должен внимательно следить за поступлением молока. Но система должна управлять сама собой (саморегулироваться) а значит - прекращение поступления молока должно автоматически отключать доильный аппарат.

Именно так работает аппарат «Дуовак», разработанный фирмой «Альфа-Лаваль». В этом аппарате реализован также закон 2.3: при начальном включении аппарата и при уменьшении потока молока аппарат самостоятельно переключается на режим массирования вымени. Это способствует повышению надоев молока и эффект от длительного использования аппарата «сдвоенного действия» при длительном использовании намного превышает несколько возросшие (по сравнению с его предшественниками) затраты на изготовление.

**Задача 1.11.** Предложите принципиальную схему устройства, исключающего перерасход топлива в автомобилях.

**Решение.** Требуется создать новую работоспособную техническую систему. Следовательно, она должна отвечать всем законам жизнеспособности ТС, а также развиваться в соответствии с другими законами. Сразу отметим: присутствие в системе человека резко ухудшает ее качество. Хороша та техническая система, которая (в идеале) не зависит от человека. В свое время был предложен способ защиты водителя автомобиля от ослепления светом фар встречных автомобилей. Он заключался в том, что, увидев приближающийся автомобиль, водитель должен был закрыть свой левый глаз, а после прохождения встречного автомобиля - открыть его, одновременно закрыв правый. Естественно, способ не был признан техническим решением. Тем не менее, его аналоги продолжают появляться. В последнее время они маскируются применением для реализации способа различных компьютерных устройств, что также далеко не всегда оправданно...

Фирма «Тойота» разработала автоматическую систему регулирования подачи топлива в двигатель. Эта система с помощью микро-компьютера исключает работу двигателя на холостых оборотах. Сам повторный запуск производится при нажатии на педаль сцепления.

Такая модернизация стала возможной из-за неравномерности развития частей ТС: резко возросли цены на жидкое топливо и одновременно снизилась стоимость микро-компьютеров. Другая сторона неравномерности - применение системы уменьшает срок службы аккумуляторов, возрастает токсичность выхлопа, поскольку именно при запуске, когда двигатель работает в нестационарном режиме топливо сгорает недостаточно полно. Таким образом - налицо противоречие: чтобы сократить потери топлива прибегают... к новым затратам топлива!

Закон 2.3 - переход функций система на более высокий уровень - подсказывает, что выход из создавшейся ситуации в объединении двигателя внутреннего сгорания (допустим, что еще лет сто нам придется им пользоваться) с некоторой принципиально отличной системой снабжения автомобиля энергией. Это может быть, например, механический рекуператор, поглощающий энергию при торможении автомобиля и позволяющий трогаться с места без включения основного двигателя.

Следует иметь в виду, что с помощью одних законов развития технических систем очень трудно получить конкретное решение такой общей задачи. В данном случае можно лишь указать направление развития системы, а затем, с помощью специальных средств (как это показано в других разделах) конкретизировать решение.

**Задача 1.12.** Быстродействие матричных печатающих устройств для первых компьютеров было ограничено механическими характеристиками. Они несколько улучшаются с применением многолепестковых и сферических печатающих головок, однако этого явно недостаточно... Как (с позиции законов развития) объяснить дальнейшее совершенствование быстропечатающих устройств?

**Решение.** Почему эта система была нежизнеспособной? Не было согласования ритмики ее частей. Быстродействие решающей части компьютера наталкивалось на во много раз более медленный процесс вывода - печатанья результата. Программисты шли на всяческие ухищрения: отказывались, например, от вывода некоторых промежуточных результатов, жертвуя ценной информацией, а нередко даже рискуя пропустить ошибку, которую можно было бы легко выявить по промежуточным результатам. Дисплей также не решал всех

проблем: во многих случаях оператор-человек предпочитает иметь дело с листком бумаги, на котором «все написано».

Итак - нужно согласовывать ритмику и бороться с неравномерностью развития частей этой системы. Традиционно эффективный способ - перевод части системы (инструмента) на микроуровень. На первый взгляд, это мало реально: знаки печатались шрифтовыми литерами (это и был инструмент). Как перевести их на микроуровень?

Проблему решили матричные печатающие устройства. Шрифтовая литера в них формируется иглообразными печатающими элементами матрицы, что дает возможность не только выбирать шрифт по своему усмотрению, но и сократить значительную часть механических передач. Дальнейшим развитием могло стать формирование матричным способом целая строка и даже несколько строк. Поскольку выдвижение «игл» производится электрическими силами, а также ввиду того, что одна печатающая литера не должна уступать место другой, - быстродействие подобного устройства многократно возрастает.

Перевод литер на микроуровень в свою очередь стимулировал повышенные требования к качеству красящей ленты. В конечном счете (в силу выполнения закона 2.5), пришлось вообще отказаться от ленты как основного средства поставки красящего компонента к литере и к бумаге. Это стало еще одним резервом повышения быстродействия печатающих устройств – появились струйные, а затем и лазерные принтеры.

Следующий шаг – спрогнозировать их развитие, основываясь на законах.

**Задача 1.13.** В магнитном печатающем аппарате используется пленочная печатающая головка, включающая пьезоэлектрический датчик, которая создает строку механических напряжений на бумаге. Магнитная головка создает сильное магнитное поле и в точках совпадения максимумов напряжений механического и магнитного полей формируются знаки. Способ высокопроизводительный, но требующий специальной бумаги для печати. Предложите улучшение этого способа.

**Решение.** Пример задачи, очень сложной для решения. Взята хорошо выполненная техническая система. Соблюдены законы жизнеспособности, двоянный инструмент максимально

переведен на микроуровень (работает магнитное и механическое поля). Показан только один (основной) недостаток, менее значительные недостатки в условии задачи отсутствуют. В таком случае возможен только самый общий прогноз. Как действовали дальше разработчики французской фирмы «НВ», предложившие и выполнившие этот аппарат?

Рассмотрим наиболее вероятный путь, который проходят практически все технические системы. В ближайшие несколько лет после появления новой системы будут улучшаться отдельные детали аппарата. Когда завершится этап «подгонки» всех частей друг к другу - аппарат (и способ) начнут «подгонять» к другим, родственным аппаратам и способам. Так наверняка обнаружится, что способ незаменим для выпуска книг для слепых (написанных тактильной азбукой Брайля). Со временем, когда более широкое распространение получит микрокапсулирование, отпадет затруднение со специальной бумагой. Долгое время не будет попыток увеличивать быстродействие аппарата (спервоначально знаки формировались со скоростью 57 тысяч метров в секунду). Затем (когда система уже получит массовое распространение) наступит период ее моральной старости. Он будет отмечен вторым всплеском усовершенствований, «продлевающих жизнь» отмирающей системе. Нечто подобное происходит сейчас с механическими рычажными пишущими машинками: уже появились принципиально новые способы принтерной печати, а конструкторы попрежнему совершенствуют старые образцы.

**Задача 1.14.** Авиакомпания «Юнайтед эрлайнс» предложила метод посадки пассажирских реактивных самолетов, значительно снижающий уровень шума в зоне аэродрома. Суть метода - в оригинальной траектории подхода самолета в посадочной полосе, которая выполняется по командам компьютера. На первом этапе самолет снижается под значительно более крутым углом, чем при обычной посадке. Примерно за 2,5 км до полосы самолет выходит на нормальную глиссаду пологого планирования и совершает посадку обычным образом. Какие законы развития технических систем проявились при реализации этого метода?

**Решение.** Прежде всего нужно определить составные части и функцию нашей технической системы. В наличии самолет, летящий по определенной траектории, шум, который он производит, и район аэродрома, который вынужден этот шум воспринимать. Приходится мириться с шумом на взлетно-посадочной полосе, когда самолет практически уже находится на

земле. Другое дело - шум вне полосы. Но он возникает неминуемо при приближении самолета к земле, а для нормальной посадки нужна, к тому же, определенная траектория. Итак, «инструмент шумообразования» - траектория. Законы развития технических систем (исходя из своих общих соображений) рекомендуют переводить инструмент на микроуровень. Другими словами, траектория должна быть разбита на участки, причем для нормальной посадки достаточно иметь строго определенную траекторию лишь непосредственно перед посадкой... Теперь стала выявляться и другая функция траектории самолета - шумоустраняющая. Естественно, эти части развиваются неравномерно. В идеале (закон 2.5) нужно вообще устранить часть шумящей траектории посадки, расположенную вне взлетно-посадочной полосы. Частично это и сделано в описанном методе.

**Задача 1.15.** Обычная свеча зажигания в двигателях внутреннего сгорания хорошо выполняет свои функции. Но если рассмотреть ее работу с точки зрения законов развития технических систем, легко обнаружить недостаток, устранив который можно добиться значительного улучшения работы двигателя. Что можно предложить?

**Решение.** Условия жизнеспособности системы соблюдены (включая жестко согласованную ритмику частей). Но свеча должна еще и развиваться. И хотя закон 2.5 - увеличение степени идеальности – почти замыкает перечень тенденций развития ТС, - по важности он один из первых. Отсюда вывод - свеча должна стремиться стать идеальной. Идеальная свеча должна отсутствовать, в то время как ее основная функция - зажигание топлива - выполняется. Однако такой идеальный конечный результат уже реализован в дизельных двигателях, а для них необходим специальное топливо, сильное сжатие горючей смеси.

Придется отступить на шаг от идеала - и здесь обнаружится другая возможность развития. Идеальная (в этом случае) свеча должна одновременно воспламенять смесь во всем объеме камеры сгорания. Этот идеал также реализован в дизелях, но там каждая капля топлива сама себя воспламеняет. В двигателе внутреннего сгорания воспламенять топливо должна всё же свеча - инструмент...

Фирма «У.Рейнард» (Лидс) выпускает свечу особой конструкции, которая дает искру одновременно в двух точках камеры сгорания.

Наверное, это только начало линии совершенствования свечи зажигания.

### **1.3. Задачи для самостоятельного решения.**

**Задача 1.16.** Установлено (Национальный институт питания, Токио), что ядовитые тяжелые металлы лучше выводятся организмом через потовые железы, чем посредством почек. Для ядовитых легких металлов зависимость обратная. Используя законы развития ТС предложите применение этого эффекта для диагностики и лечения.

**Задача 1.17.** В последнее время опять распространяются специализированные счетные линейки, например, для расчета прогибов несущих элементов из стали, бетона, дерева (фирма «Индустра»). На основании каких законов развития ТС возможно их использование и дальнейшее совершенствование?

**Задача 1.13.** В свое время обычные двигатели внутреннего сгорания устояли под натиском роторных двигателей Ванкеля. Однако конструкторы этих машин ищут новые, более совершенные модификации. Так был создан двигатель, ротор которого смонтирован на наклонном относительно оси вращения диске (он может вращаться и прецессировать). Новый двигатель, в отличие от предшественников, хорошо уравновешен и может развивать высокие обороты. Однако при этом возникают значительные осевые нагрузки. Как быть?

**Задача 1.19.** В одной из статей журнала «Флайт» указывается на большое значение электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры для самолетостроения. Можно ли указать основные проблемы, связанные с этим явлением, зная только школьную (университетскую) физику и - законы развития технических систем?

**Задача 1.20.** Электрические измерительные приборы, как правило, имеют очень незначительную инерционность. Это хорошо - можно измерять краткосрочные изменения параметров. Но есть существенный недостаток - оператор часто не успевает заметить пиковый показатель, из-за чего не только падает точность измерений, но и возникают аварийные ситуации. Как быть?

**Задача 1.21.** На автозаправочных станциях фирмы «Эвери-Хавдол» используются абонентные контрольные карточки, которые необходимо вставить в считывающее устройство, а затем выполнить ряд технологических операций (например, заземление), предусмотренных правилами. После чего следует собственно заправка. Если правила нарушаются - считывающее устройство запоминает карточку и при повторном её использовании срабатывает аварийная сигнализация. Предложите дальнейшее усовершенствование этой системы.

**Задача 1.22.** Благодаря улучшенному медицинскому обслуживанию уменьшается срок пребывания в больницах. Соответственно, больничная одежда на протяжении одного и того же срока стирается сейчас чаще, чем раньше. В связи с этим предлагается использовать более дорогие, но долговечные синтетические материалы. Однако против синтетики активно возражают врачи... Какие законы развития технических систем проявились в этой ситуации? Проследите эволюцию дальше.

**Задача 1.23.** Лесные пожары, вызванные ударами молний, - достаточно распространенное явление. Предположим, найден абсолютно надежный способ защиты леса от молний (например, на каждом дереве установлен молниеотвод). Обоснуйте целесообразность (или нецелесообразность) его применения.

**Задача 1.24.** Предложен такой метод охлаждения электронных схем: между двумя платами с печатными схемами располагается лист гофрированного алюминия, который выполняет одновременно функции несущей конструкции и радиатора. На основе законов развития технических систем предложите дальнейшее усовершенствование этого способа.

**Задача 1.25.** Ежегодно в американских городах сжигают или закапывают в землю более 200 миллионов тонн мусора, а вместе с ним и энергию, которой (по подсчетам журнала «Бизнес Уик») хватило бы для удовлетворения 10% потребности США в электроэнергии. Не случайно в последнее время утилизации технического мусора уделяют повышенное внимание. Но есть мусор природный - и его по-прежнему продолжают сжигать. Предложите направления утилизации природного мусора - опавших листьев, применив для этого законы развития технических систем. Какие задачи при этом возникают?

#### **1.4. Указания к решению задач.**

Развитие технических систем происходит через преодоление противоречий. Это в особенности нужно иметь в виду, применяя законы развития ТС. Разрешение противоречия осуществляется не путем компромисса между противоположными свойствами или действиями ТС, а посредством их диалектической взаимосвязи. Наиболее четко разрешение противоречий прослеживается в АРИЗ-85В (см. **раздел 5 «АРИЗ»**).

Следует подчеркнуть, что применение законов развития технических систем к анализу той или иной ситуации дает, как правило, только знание общего направления развития конкретной ТС, ее перспектив. В дальнейшем должна следовать детальная проработка технической системы с помощью АРИЗ и стандартов, затем - конструкторская и технологическая доводка (также с применением ТРИЗ).

Рассмотрим в качестве примера развитие системы «магнитная звукозапись». Необходимо преобразовать акустическое поле в магнитное и зафиксировать это поле для дальнейшего воспроизведения. Две главные функции предполагают две технические системы для их реализации, либо - одну систему с универсальными, совмещенными функциями. Второй путь ближе к идеальному, больше соответствует законам развития ТС. Переход к идеальной системе предполагает, в частности, замену большого агрегата одним устройством, замену устройства одним веществом, выполняющим те же функции. Если в результате рассмотрения получено два вещества, выполняющих различные функции, желательно заменить их одним, совмещающим обе функции. Все эти выводы прямо вытекают из законов развития технических систем. Следовательно, для осуществления практически идеальной звукозаписи нужно получить вещество, преобразующее акустическое поле в магнитное и одновременно сохраняющее это поле в себе. Порознь такие вещества хорошо известны. Что же касается одного вещества, объединяющего оба свойства - сказать о нем что-либо определенное можно только после дальнейшей проработки полученной задачи с помощью ТРИЗ.

(Разбор этого примера будет продолжен в последующих главах.)

**Дополнительные указания к задачам.**

**Задача 1.16.** Применить закон 2.1.

**Задача 1.17.** Срабатывают законы 1.3, 2.3, 2.5. Желательно проследить дальнейшее развитие таких устройств.

**Задача 1.18.** Осевые усилия компенсируются путем создания двигателя с двумя роторами (закон 2.3).

**Задача 1.19.** Автор журнальной статьи выделил четыре основные аспекта электромагнитной совместимости аппаратуры: ложные сигналы; связь между приборами посредством полей; восприимчивость к сигналам другого прибора; наличие сигнала в период времени, в течении которого прибор чувствителен к помехам (см. «Флайт Интернэйшнл», т.103, с.3335, автор статьи Х.Ковин). Однако это далеко не полный перечень.

**Задача 1.20.** Фирма «Гай-Мисураторн Электроникс» (Милан, Италия) производит запоминающие вольтметры, позволяющие уверенно фиксировать пиковые напряжения. Допустимое время нарастания импульса - 500 наносекунд. При необходимости минимальный интервал фиксации можно увеличивать (фиксировать более грубые изменения напряжения).

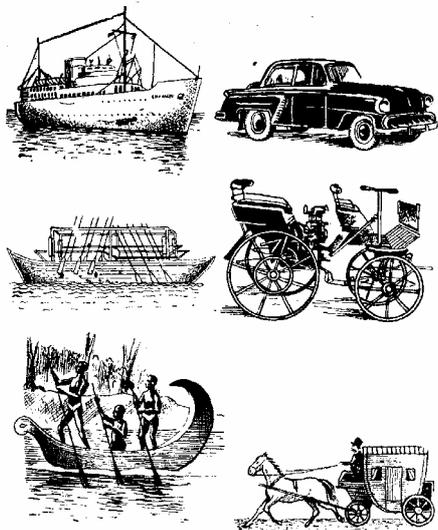
**Задача 1.21.** Поскольку АЗС принадлежат одной фирме допустимо, например, информацию о неверном пользовании карточкой (заправкой) передавать на все станции. Тогда нарушитель не сможет пользоваться ни одной из АЗС.

**Задача 1.22.** В этом упражнении особый интерес представляет действие закона 2.2, хотя оно далеко не очевидно.

1.23. Журнал «Сайенс Ньюс» (США), т.102, с.20 считает, что не следует полностью защищать лес от ударов молний. Полагают, что обычно также пожары только способствуют поддержанию экологического баланса леса. Защита необходима только в период засух, когда за короткий срок возникает слишком много возгораний леса.

**Задача 1.24.** Фирма «Хьюз эйркрафт» предлагает очевидный способ: продувание системы охлажденным сжатым воздухом. Возможен другой - с использованием физических эффектов, но в таком случае к задаче лучше вернуться после проработки **раздела 3 «Физические эффекты»**.

**Задача 1.25.** Если задача кажется слишком общей - возьмите более конкретную: какие задачи возникают при изготовлении из опавших листьев, например, бумаги?



## Раздел 2. Вепольный анализ

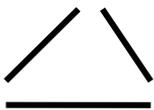
### 2.1. Теоретическая часть.

Решить учебную задачу с применением вепольного анализа означает указать правило, по которому можно решить данную задачу. В ответе на задачу необходимо дать конкретный ответ, основанный на этом правиле.

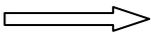
Распространенной ошибкой является то, что некоторые пытаются угадать ответ. Этого делать не нужно. Потому, что, научившись на легких задачах правильно строить вепольные схемы, вы приобретете опыт, и в дальнейшем сможете решать более трудные задачи, необходимые для вашей работы.

На первых порах при обучении построению вепольных схем, т.е. представлению технических систем в виде веполей, иногда наталкиваются на психологические трудности. Если внимательно изучать правила построения и преобразования веполей, то эти трудности можно преодолеть быстрее.

Принятые обозначения.



- условная схема веполя в общем виде;



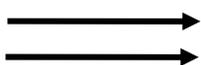
- двойная сплошная стрелка обозначает направление от «дано» к «получено».



- указание на полезное действие или взаимодействие между веществами и полями;



- указание на прекращение действия или взаимодействия;



- указание на усиленное действие вещества под действием поля;



- указание на неудовлетворительное, вредное действие (или взаимодействие) между веществами и полями;



действие или взаимодействие между веществами и полями, которое нужно ввести по условию задачи;



- поле на входе, поле «действует» (располагать сверху, над веществом),



- поле на выходе, его можно изменить, измерить, обнаружить и так далее (располагать снизу под веществом),



- поле на входе до изменения;



- тоже поле, но измененное, на выходе;

#

- значок наличия структурированного поля и вещества;

## **V1**

- первое вещество (всегда изделие);

## **V2**

- второе вещество (всегда инструмент);

## **V /**

- видоизмененное вещество (в зависимости от данных по условию задачи веществ – изменение V1 или V2);

## **V1V2**

- добавка внешняя (одно вещество «прилипло» к другому)

## **(V1V2)**

- скобки обозначают добавку внутреннюю (одно вещество смешано с другим веществом и связано с ним теперь внутренними связями);

В вепольных формулах вещества записываются в строчку. Поля на входе всегда записываются сверху, над веществами. Поля на выходе всегда записываются снизу, под веществами.

Например:

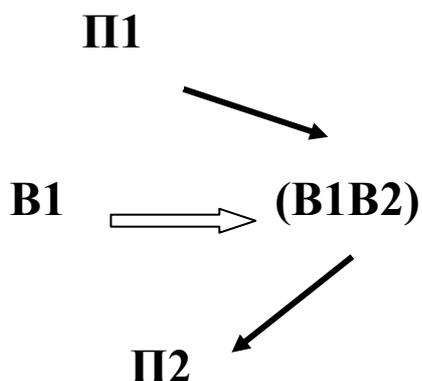


Рис. 2.1.

Правило 1. Веполь (от «вещество» и «поле») – минимально работоспособная техническая система - состоит по меньшей мере из трех частей: двух веществ и поля. Если дан неполный веполь - необходимо достроить систему до полного веполя, тогда она станет работоспособной.

Правила достройки веполей:

1.1.Если дано одно вещество (В1), то для построения вепольной схемы необходимо добавить второе вещество (В2) и поле (П),  
Например:

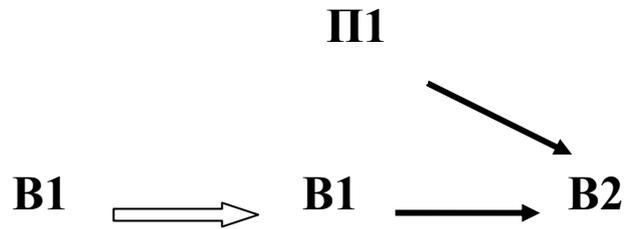


Рис. 2.2

1.2.Если дано два вещества (В1 и В2), то для построения вепольной схемы необходимо добавить поле (П).  
Например:

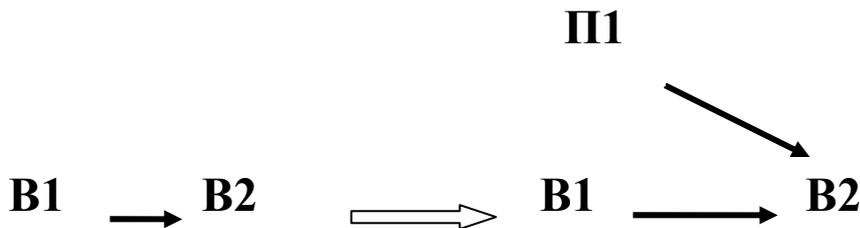


Рис. 2.3.

1.3.Если дано одно вещество (В1) и поле (П), то для построения вепольной схемы необходимо добавить второе вещество (В2).

Например:

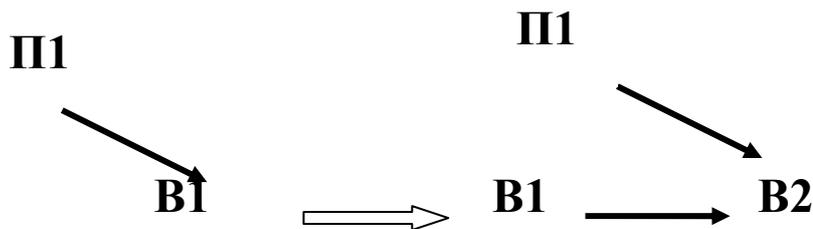


Рис. 2.4.

1.4. Если дано только одно поле (П), то добавляем для построения полной схемы два вещества (В1 и В2).

Например:

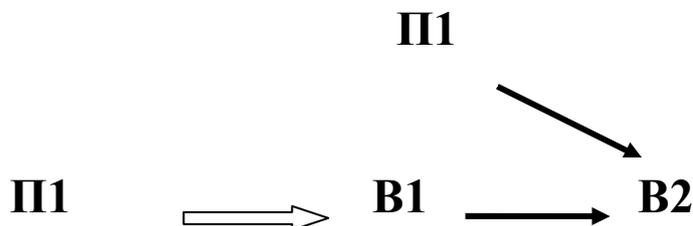


Рис. 2.5.

Направление действия или взаимодействия между веществами и полями необходимо обязательно указывать стрелками. Без указания направления стрелками полная система не жизнеспособна, она абстрактна и не дает нам нужной информации.

Рассмотрим пример на правило 1.

**Пример 1.** Как обнаружить просачивание жидкости через сверхузкое отверстие? Дан неполный веполю (одно вещество), нужно его достроить. Добавляем в жидкость люминофор и, облучая систему ультрафиолетовым полем, находим место просачивания.

Анализ решения примера 1:

Дано: одно вещество В1 –масло (изделие),

Проблема: масло (В1) трудно обнаружить.

Нужно предложить способ для обнаружения масла.

По правилам достройки веполей находим, что эту задачу надо решать по правилу 1.1.

Давайте подумаем, какой нужно взять инструмент (В2) и какое понадобится поле (П) для того, чтобы увидеть капельки масла.

В природе не существует такого поля (П), которое помогло бы

обнаружить мелкие, незаметные глазу капельки масла (В1) сразу, без добавления другого вещества (В2). Поэтому необходимо добавить в масло (В1) такое вещество (В2), которое под воздействием какого-то поля «просигналило» бы нам: «масло здесь, рядом со мной».

Из курса физики известно, что существует ультрафиолетовое излучение, которое легко обнаруживает даже очень маленькое количество люминофора.

Решение: Перед тем, как использовать масло (В1) в какой-либо технической системе (например в холодильнике), вводят в это масло (В1) немного люминофора (В2). В случае необходимости, предполагаемое проблемное место облучают ультрафиолетовым излучением (Пуф). Эту работу проводят в затемненном помещении. Тогда там, где действительно появились микротрещины, будет видно свечение (Псв) люминофора.

Запишем вепольную схему решения:

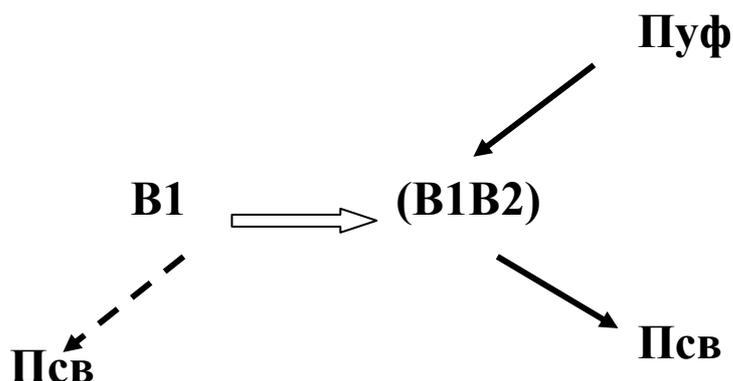
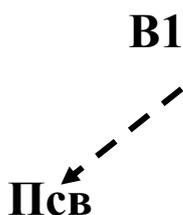
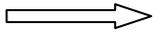


Рис. 2.6.

Где:



- прерывистая стрелка указывает на проблему (трудно обнаружить капельки масла).



- переходим от «дано» к «получено»;

## **В2**

- вещество люминофора (инструмент);

## **Пуф**



- ультрафиолетовое излучение (поле на входе);

## **Псв**



- видимое поле света (поле на выходе), легко обнаружить.

Вывод:

На этом примере хорошо видно, что ультрафиолетовое поле (Пуф) не работает без люминофора (В2), также, как В2 не светится без Пуф. Это подтверждает правило «в вепольной схеме должно быть не менее трех элементов, чтобы система стала работоспособной».

Вопрос: Какие источники ультрафиолетового излучения вам известны?

**Правило 2.** Нередко требуется разрушить вредный веполь. Наиболее эффективный способ - ввести между двумя веществами третье, которое является видоизменением одного или двух данных.

Правила разрушения веполя:

2.1. Для разрушения данного в задаче вредного веполя необходимо ввести в эту систему третье вещество. Но подбирать третье вещество надо только с учетом тех веществ, которые уже

есть в заданной технической системе. Делать так необходимо для того, чтобы найденное третье вещество не оказалось бы «чужим» в данной системе.

2.2. Чтобы решить задачу по правилу разрушения веполь необходимо преодолеть противоречие: «Нужно чтобы третье вещество было и чтобы третьего вещества не было» Тогда оно не сломается, не повысит стоимость системы, не нарушит работу машины и не принесет никаких других осложнений

2.3. Учитывая 2.1. и 2.2. надо решать проблему следующим образом:

Для того, чтобы разрушить вредный веполь, необходимо и достаточно ввести в систему такое третье вещество (V3), которое должно быть каким-то видоизменением от одного из веществ (V1 или V2), заданных по условию задачи.

Правило 2.3. подсказывает как преодолеть противоречие: «третье вещество есть и третьего вещества нет».

**Пример 2.** В светокопировальной машине по органическому стеклу движется калька с чертежом. Калька электризуется, прилипает к стеклу. Как быть? Нужно устранить вредный веполь: между движущейся калькой и органическим стеклом кладут неподвижную (чистую) кальку.

Анализ решения примера 2:

Дано:

V1 – вещество оргстекла ( изделие);

V2 – вещество кальки с чертежами (инструмент);

Пэл.-поле электризации (вредное действие).

Нужно устранить вредное действие.

Для решения задачи по правилу 2.1. надо ввести в систему третье вещество. Поиск третьего вещества будем проводить по правилу 2.3.

Согласно правилу 2.3 необходимо видоизменять либо V1, либо V2.

Проще видоизменять V2, т.к. калька дешевле оргстекла.

Эта видоизмененная калька должна находиться между V1 и V2.

Согласно правилу 2.2. преодолеваем противоречие введением в систему прозрачной кальки.

Решение: Определенное количество чистой кальки «протягивают» по оргстеклу и там оставляют. Прозрачная калька электризуясь под действием электростатического поля «прилипнет» к оргстеклу (В1), но при этом будет хорошо пропускать свет, необходимый для светокопирования. Калька с чертежами сможет уже свободно двигаться по уже прилипшей чистой кальке. Благодаря этому В2 уже не будет останавливать производственный процесс светокопирования.

Запишем вепольную схему решения:

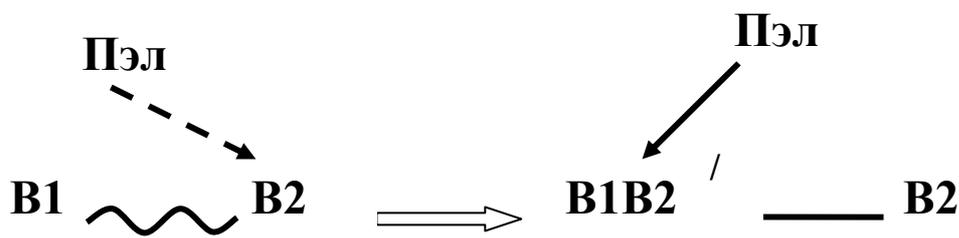
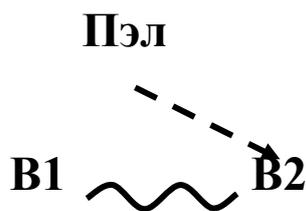
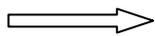


Рис. 2.7.

Где:



- дано вредное взаимодействие между веществами и полями;



- переходим от «дано» к «получено»;

**B1B2** /

- оргстекло и прилипшая к нему чистая калька (видоизмененное вещество);

## Шэл



электростатическое поле, которое появилось в результате трения между веществами. Полезное действие (прилипшая чистая калька заблокировала на себя вредное действие поля).

Вывод 1. Благодаря тому, что чистая калька прилипла к оргстеклу под действием поля, удалось устранить вредное действие между веществами и таким образом выполнить условие задачи.

Вывод 2. Анализируя решение примера 2, можно утверждать, что верный анализ, как и анализ по АРИЗ построен на выявлении и устранении противоречий.

Вопросы: 1. Какое противоречие было преодолено в этой задаче?  
2. Объясните, как возникает электростатическое поле.

**Правило 2.4.** Если невозможно разрушение условия по предыдущему правилу, нужно перейти к сложному условию, в котором первое поле «пересиливается» вторым полем непосредственно или через третье вещество.

**Пример 2а.** Для извлечения из корпуса прибора впрессованного шарика, в гнездо до запрессовки вводят каплю жидкости. Если теперь корпус нагреть - пар сам вытолкнет шарик.

Анализ решения примера 3.

Дано:

В1 – гнездо в корпусе прибора (изделие);

В2 – шарик (из металла, твердость которого надо исследовать) - инструмент;

Пмех - механическое поле (применяется для извлечения отработанного шарика из корпуса прибора).

Для определения твердости различных веществ существует специальный прибор. Этот прибор основан на том, что в

специальное гнездо (B1), которое находится в корпусе этого прибора, впрессовывают шарик (B2), образец вещества, который надо исследовать на твердость. Этот прибор дорого стоит. Исследовательский отдел может позволить себе купить, обычно, только один экземпляр такого прибора. Поэтому, для исследования различных металлов, отработанные образцы (в виде шариков) надо периодически менять.

Проблема: Сложно извлекать уже отработанный шарик (B2) из гнезда (B1) прибора при помощи механического поля.  
Нужно предложить новый способ для извлечения шарика.

Мы уже знаем, что для решения таких задач необходимо преодолеть противоречие: «Третье вещество есть, и третьего вещества нет» (Правило 2.2.). А правило 2.1. говорит, что нельзя вводить плохое третье вещество в систему. При таком условии получается, что третье вещество (B3) должно появиться только в нужный момент для выполнения требуемого действия (извлечь шарик из гнезда), а затем бесследно исчезнуть (как в сказке).

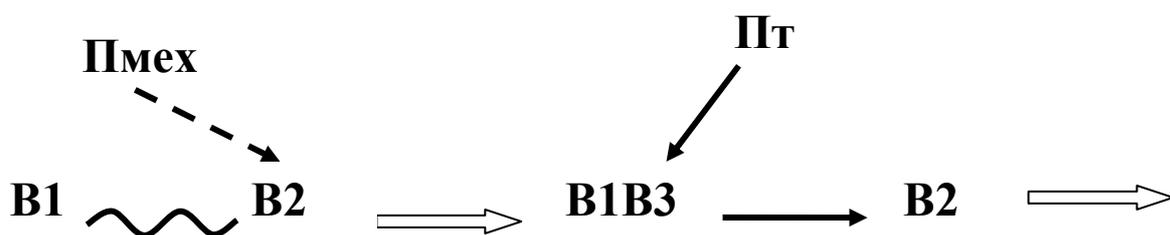
Сформулируем ИКР (идеальный конечный результат): шарик должен сам выполнить требуемое действие - выскочить из гнезда, не усложняя систему и вводя вредного действия.

Решение: Для преодоления противоречия, с учетом ИКР, решают проблему следующим образом: вводят каплю жидкости (B3) в гнездо (B1) до запрессовки шарика (B2) в корпус прибора.

Когда надо избавиться от шарика (B2), корпус прибора подогревают в том месте, где находится гнездо (B1) с впрессованным шариком.

Жидкость под действием теплового поля вскипает и превращается в пар. Пар выталкивает шарик. При этом третье вещество исчезает бесследно (испаряется).

Запишем вепольную схему решения:



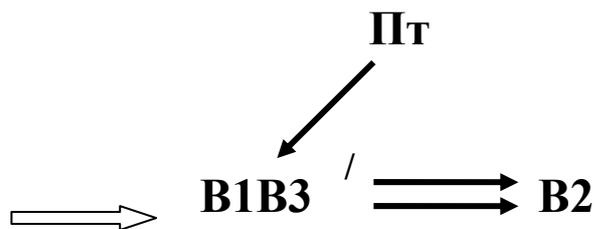
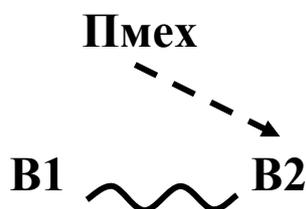


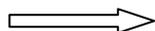
Рис. 2.8.

Такой веполь называется цепным, т.е. получаем решение постепенно, переходя от одного к другому (как по цепочке).

Где:



- гнездо прибора (B1) удерживает шарик (B2),  
Поэтому его сложно извлекать механическим полем



- переходим от «дано» к «получено»:

**B3**

- капля жидкости, (помещенная между B1 и B2);

**B3** /

- пар, полученный при нагревании жидкости

**Пт**

- тепловое поле, которое «пересилило» механическое поле.



- усиленное действие вещества под действием поля.

Из рисунка 2.8 видно, что необходимо строить три вепольные  
схемы,

чтобы показать последовательность решения задачи.

1. В первой схеме указана проблема:

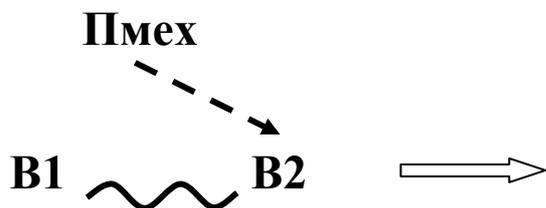


Рис. 2.9.

2. Во второй схеме есть указание на введение в техническую третье вещества (B3) в жидком состоянии:

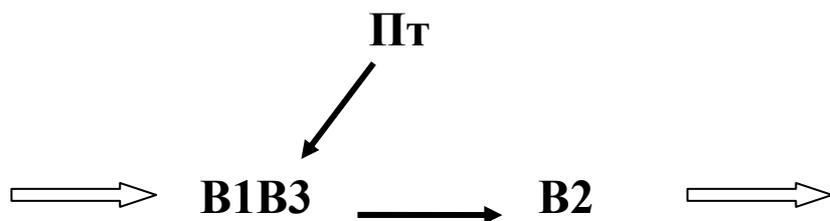


Рис. 2.10.

3. В третьей схеме третье вещество (B3) превращается из жидкого в газообразное (B!3) и только поэтому выполняет требуемое действие – выталкивает шарик (B2) из гнезда (B1):

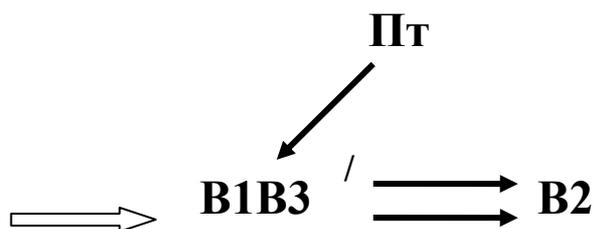


Рис. 2.11.

Требуемое условие выполнено. Но теперь уже решение не кажется сказочным, хотя формулировка решения осталась той же: шарик сам выскочил из гнезда, а третье вещество бесследно исчезло.

Вывод: При решении задачи было преодолено противоречие: «третье вещество есть, и третьего вещества нет». Из третьей вепольной схемы (Рис. 2.11) видно, что тепловое поле

«пересилило» поле механическое, т.е поле тепловое сильнее поля механического. При этом гнездо прибора уже не может удерживать шарик и поэтому он легко выскакивает сам под действием пара.

Надо напомнить, что пар толкает шарик при помощи внутреннего механического поля, образованного тепловым полем. Когда жидкость вскипает и превращается в пар, происходит взрывной эффект, при котором пар давит во все стороны при помощи возникшей силы – внутреннего механического поля, пытаясь вырваться наружу. Это поле создает очень сильное выталкивающее внутреннее поле, которое и выталкивает шарик из гнезда прибора, чтобы высвободить пар. Эти внутренние поля на вепольной схеме показывать не надо. Они возникают внутри системы, на короткое время, поэтому их обычно не показывают, чтобы не усложнять вепольную схему и не вводить путаницу.

Вопросы:

1. Из курса физики известно, что вода может иметь несколько состояний: жидкое, твердое, газообразное и кристаллическое.
2. Когда и где мы встречаемся с этими свойствами воды?

### Правило 3.

Вепольные системы имеют тенденцию к увеличению степени дисперсности одного из веществ (инструмента).

**Пример 3.** Разделитель для перекачки жидкостей выполняют не сплошным, а в виде дробинок-шариков.

К примеру 3.

(смотреть в разделе «Стандарты», класс 2, стандарт 2.2.2., подробный разбор будет дан в разделе «Комментарии»)

Вепольная схема решения:

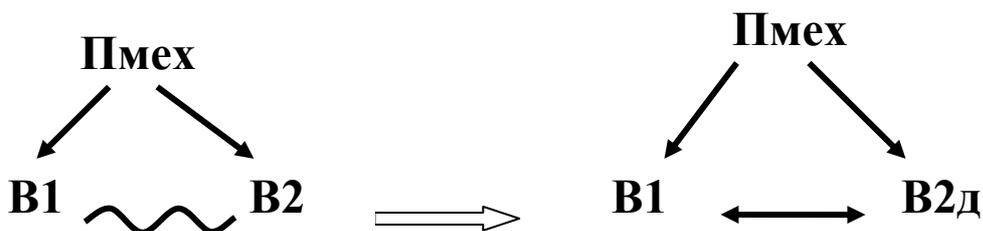


Рис. 2.12.

Где: В1-жидкость

В2-разделитель жидкостей;

П- поле, которое двигает и жидкости и разделитель;

Вд.2 – увеличение дисперсности (сильного размельчения)  
разделителя жидкостей.

#### Правило 4.

Вепольные системы имеют тенденцию к замене тепловых, механических и других полей электромагнитными полями.

К правилу 4.(Смотреть в разделе «Стандарты», класс 2, стандарт 2.4.2.)

Чтобы лучше управлять технической системой надо те поля, которые плохо поддаются управлению (механическое тепловое, гравитационное, акустическое), заменить другими полями, которыми можно управлять (магнитное, электромагнитное). Если в технической системе нет веществ с магнитными свойствами, то такие вещества надо ввести.

Пример вепольной схемы:

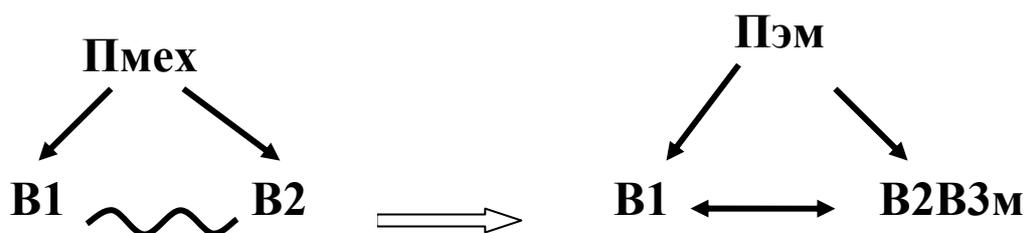


Рис. 2.13.

#### Правило 5.

Вепольные системы имеют тенденцию к развитию второго вещества в самостоятельный веполь. Также веполи называются цепными.

Пример вепольной схемы:

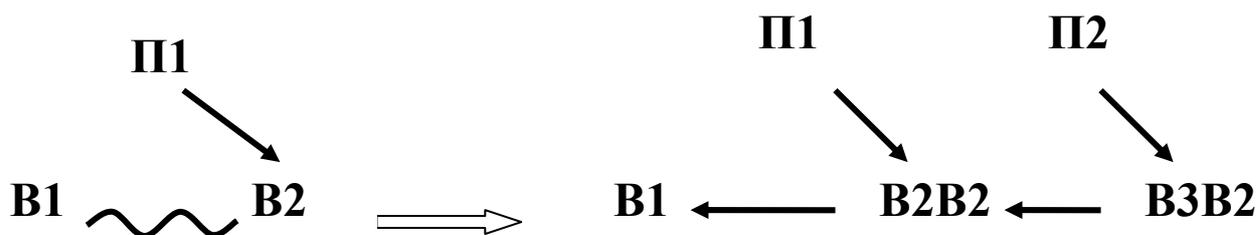


Рис. 2.14.

**Пример 5.** Для регулировки толщины проката в малых пределах (сотенные доли миллиметра) на вещество прокатного валка воздействуют (непосредственно или через третье вещество) электромагнитным полем, способным сжимать и разжимать металл (магнитно-стрикционный эффект).

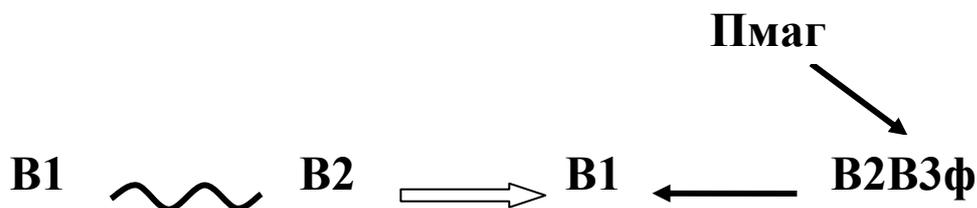


Рис. 2.15.

**Правило 6.**

Вепольные системы имеют тенденцию перехода в феполи, т.е. в веполи с магнитным полем и вторым веществом в виде мелкодисперсных ферромагнитных частиц.

**Пример 6.** Как автоматизировать очистку яиц от налипшей грязи? Яйца очищают вихревым потоком ферромагнитных частиц (порошка) во вращающемся магнитном поле.

Анализ решения примера 6.

Дано:

B1 – яйцо;

B2 – грязь, налипшая на яйцо;

Пмех – механическое поле, для очистки яиц от грязи.

Проблема: Механическим полем очищать яйца от грязи сложно и долго. Механическое поле плохо поддается управлению. Необходимо предложить способ для увеличения скорости очистки яиц от грязи.

Противоречие: Поле для очистки яиц должно быть сильным, чтобы очищать хорошо, и не должно быть сильным, чтобы не нарушить целостность скорлупы.

В задаче дано поле (Пмех.), которое плохо поддается управлению. Из правила 4 известно, что такое поле можно заменить управляемым полем, например электромагнитным (Пэл.м.).

Необходимо ввести в систему такое третье вещество (В3), которое должно появляться только в нужный момент, когда надо очищать яйца от грязи, и оно (В3) должно исчезнуть, когда яйца станут чистыми. Обязательным условием для этого вещества (В3) является то, что оно (В3) должно обладать магнитными свойствами чтобы реагировать на электромагнитное поле.

Решение: Яйца помещают в металлический контейнер (но без содержания железа). Засыпают на яйца ферромагнитный порошок (железные опилки, поддающиеся управлению магнитным полем). Затем подают в контейнер электромагнитное поле, но не обычное, а структурированное (=). Этому полю (Пэл.м.) придают свойства создавать вихревые потоки (создают определенную структуру поля) специальными устройствами.

Ферромагнитный порошок (В3ф.), вращаясь под действием электромагнитного структурированного поля (Пэл.м. =) очищает яйца от грязи.

Запишем вепольную схему решения:

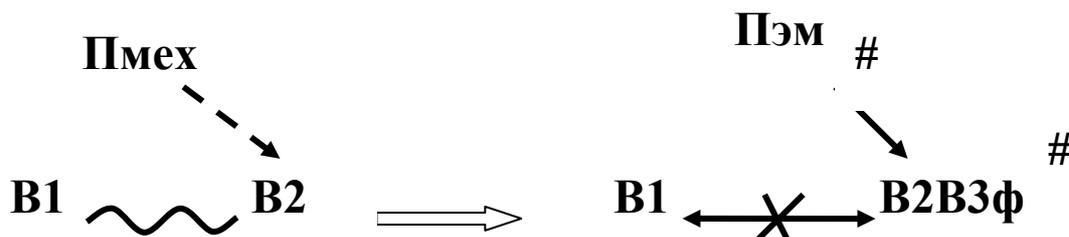
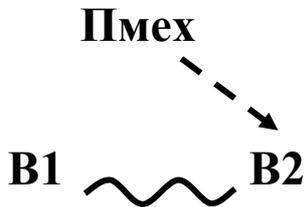


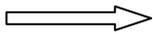
Рис. 2.16.

Где:



- дано указание на проблему;

- грязь (B2) прилипает к яйцу (B1) – взаимодействие между ними вредное, а механическое поле (Пмех.) не может быстро и хорошо очистить яйца от грязи (связь между полем и грязью недостаточная, плохая).



- переходим от «дано» к «получено».

#  
**ВЗф**

- ферромагнитный порошок, структурирован, вращается.

**Пэм #**

- электромагнитное поле, структурированное, вращается (вихревое).



- указание на то, что взаимодействие между яйцом и грязью прекращено (яйцо очищено от грязи).

Во время такой очистки образуются внутренние поля. Это внутренние механические и поля вращения. Эти поля находятся внутри системы и поэтому на вепольной схеме их показывать не надо.

Вывод:

Феррочастицы под действием электромагнитного поля,

соприкасаясь с яйцами при сильном вращении сдирают (при помощи внутреннего механического поля) грязь с яиц. Когда необходимо убрать ферропорошок с яиц - переключают структурирование электромагнитного поля. Чистые яйца можно достать из контейнера без грязи и третьего вещества.

Вопросы:

Объясните, зачем надо вводить именно такое третье вещество? Опишите его свойства, сформулируйте противоречие, которое преодолено.

### Правило 7.

Преобразование одного поля в другое посредством вещества также записывается в виде веполя, причем название необходимого физического эффекта получают простым сочетанием полей на входе и выходе, например, магнито-оптический, термо-электрический, магнито-гидродинамический.

К правилу 7.

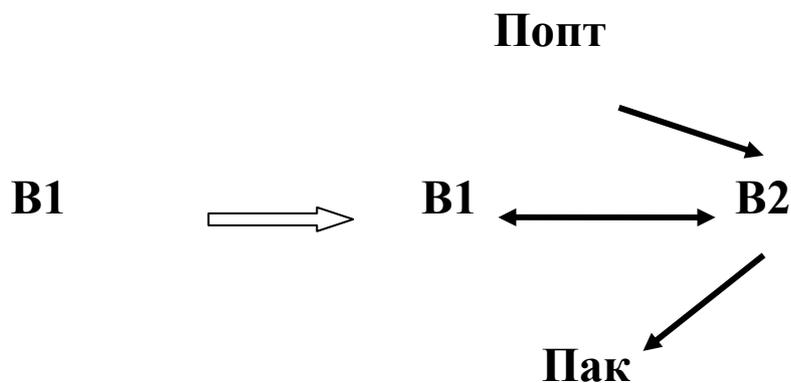


Рис. 2.17.

Опτικο-акустический эффект.

### Правило 8.

Пространственная структура передается по цепи вепольных связей. Поэтому для придания изделию (первому веществу) определенной структуры достаточно, чтобы эту структуру имело поле или второе вещество.

(См. рис. 2.16).

Правила вепольного анализа отражают реально существующие тенденции развития технических систем, значительно конкретизируя их по сравнению с более общими законами

развития технических систем. Поэтому вепольный анализ очень часто непосредственно применяется для решения технических изобретательских задач. Кроме того, вепольные модели учитываются при использовании физических эффектов (см. **раздел 3 «Физические эффекты»**) и для создания стандартов на решение изобретательских задач (см. **раздел 4 «Стандарты»**).

При решении задач вепольные модели желательно представлять в графическом виде. На рисунках показано такое представление для вышеизложенных правил вепольного анализа.

Примеры 3 и 5 будет подробно рассмотрены в **Комментариях**.

## **2.2. Разбор задач с использованием вепольного анализа.**

**Задача 2.1.** Копирование машинописной продукции для внутренних потребностей предприятия – не так давно было достаточно сложной проблемой. Обычно для этой цели использовалась светокопировальная аппаратура. Однако очевидны сложности ее эксплуатации: необходим мощный

источник света (кварцевая лампа), проявление изображения производится с помощью ацетона (это и сложно и вредно для персонала), специальную бумагу необходимо тщательно оберегать от попадания прямых солнечных лучей. Используя принципы вепольного анализа, покажите линию развития к более удобному (лишенному указанных недостатков) способу копирования.

**Решение.** Светокопировальный процесс - типичная вепольная система. Ее нужно сделать эффективнее. Правила вепольного анализа предлагают несколько путей для повышения эффективности системы, однако далеко не все они работают в данном конкретном случае. Так, например, трудно повысить степень дисперсности вещества-инструмента. Для этого нужно использовать инструмент более мелкий, чем фотоны - кванты света. Зато хороший результат дает использование другой тенденции: переход веполя в феполь. Следуя этому правилу необходимо заменить оптическое поле магнитным, а вещество, реагирующее на оптическое поле, - веществом, чувствительным к магнитному полю.

Аппарат, работающий на описанном принципе, разработала фирма «Миннесота майнинг энд мануфакчуринг компани». Преимущества нового способа очевидны: отпадает необходимость в проявке изображения (оно появляется сразу же в процессе экспозиции), магниточувствительная бумага не засвечивается на свету, а магнитные поля достаточной для привнесения искажений силы как правило отсутствуют в местах хранения и использования производственной документации.

**Задача 2.2.** Многоканальные радиопередатчики наряду со многими положительными качествами обладают существенным недостатком: при делении основной частоты на составляющие трудно стабилизировать каждую новую частоту - мешает несовершенство аппаратуры. Что делать?

**Решение.** Для чего делают многоканальные передатчики? Для улучшения качества процесса передачи радиосигнала. Причем, способ улучшения совпадает с рекомендациями вепольного анализа: один из элементов системы (несущая частота) увеличивает степень дисперсности. Однако улучшение одной части системы привело к неравномерности в развитии системы в целом. Если раньше стабилизация частоты, проведенная сразу же после ее генерации, была делом относительно простым, то сейчас произошло ухудшение - как следствие улучшения! Противоречие

устраняется выравниванием уровней системы: переходу к дисперсному состоянию другой части системы.

На практике это реализуется путем обеспечения стабилизации каждой из частот многоканального передатчика. Так, фирма «Плесси радио» в комбинированном высокочастотном передатчике стабилизирует отдельным кварцевым стабилизатором частоту каждого из десяти рабочих каналов.

**Задача 2.3.** Для удаления нефтепродуктов с поверхности воды используется пенопласт «пластапор», применяемый в качестве тепло- и звукоизолятора в строительстве. Он хорошо впитывает нефтепродукты, оставаясь при этом на поверхности воды. Однако куски «пластапора» не пропитываются нефтепродуктами полностью - мешает воздух, который остается внутри. Что делать?

**Решение.** Речь идет о повышении эффективной вепольной модели. Как и в предыдущей задаче, хороший результат (при минимальных затратах) дает увеличение степени дисперсности вещества-инструмента.

По данным специалистов нефтехимического комбината в Шведте (Германия), измельченный до размеров 1 - 6 мм «пластапор» удаляет с поверхности воды 90% разлитых нефтепродуктов за 3 - 5 минут. При этом вещество-инструмент используется практически полностью.

Параллельно возникает новая задача: как повторно использовать «пластапор» для очистки воды от нефтепродуктов? В настоящее время вещество работает один раз: пропитывается нефтью, а затем сжигается. Оказывается, правила вепольного анализа хорошо работают и в этом случае. Нужно еще больше увеличить степень дисперсности вещества-инструмента, вдобавок - перевести веполь в феполь. Капиллярно-пористое вещество должно образовываться мелкими частичками пластика с вкраплениями ферропорошка. Вся эта система удерживается вместе собственным постоянным магнитным полем. После того, как нефтепродукт собран, магнитное поле убирается, гранулы рассыпаются в порошок, исчезает эффект удерживания - нефть освобождается. И возникает новая задача: как многократно использовать новый материал. Такую задачу можно решить, применяя **физические эффекты и явления.**

**Задача 2.4.** В условиях открытого космоса обычная фотоаппаратура дает сбой: применяемая в ней смазка сублимирует и оседает на линзах объектива. К тому же, ухудшается регулирование, например, фокусного расстояния. Как быть?

**Решение.** Формулировка задачи типична - и потому неудовлетворительна. Условие всегда нужно проверить на соответствие законам развития технических систем. В данном случае, законы подсказывают, что смазки в аппаратуре не должно быть вообще: полезная в нормальных земных условиях, в космосе она имеет два негативных свойства - и ни одного положительного. Поэтому задача приобретает новый вид: как регулировать, например, фокусное расстояние объектива фотокамеры - без смазки. Веполь - в данном случае - состоит из двух веществ, между которыми из-за механического поля возникает вредное взаимодействие (значительно ухудшается точность работы). Вепольный анализ рекомендует для таких систем вводить между двумя плохо взаимодействующими веществами третье, которое является видоизменением одного или двух данных веществ.

Фирма «Адаенье» (Франция) разработала (в полном соответствии с этим правилом) камеру для космических исследований. В этой камере все подшипники скольжения заменены шарикоподшипниками. Здесь шарики - видоизмененные трущиеся части фотокамеры, которое устраняют вредное взаимодействие.

**Задача 2.5.** Эксперименты показывают, что, применяя некоторые редкоземельные элементы, можно создать новые магнитные материалы, которые имеют гораздо лучшие свойства, чем традиционные (при том же весе). Наибольшая сложность осуществления способа заключается при этом в получении магнита необходимой формы из новых материалов. Не подходит, например, плавление с последующим литьем: это приводит к необратимым ухудшениям магнитных свойств материалов. Как быть?

**Решение.** Перед нами вепольная схема, в которой присутствуют ферромагнитные вещества. Однако перевести данный веполь в феполь - идея неперспективная. Здесь лучше срабатывает правило перевода инструмента в дисперсное состояние (правило прямо вытекает из закона 2.2).

Магнитный материал размалывают в инертной атмосфере до порошкообразного состояния, а затем прессуют в магнит необходимой формы (способ разработан и внедрен швейцарской фирмой «Браун Бовери»).

**Задача 2.6.** Зубья шестеренчатых передач в процессе работы истираются и могут выйти из строя в самый неподходящий момент. Поэтому для контроля за состоянием зубьев их передаточный механизм время от времени разбирают и осматривают. Для этого машину нужно останавливать, нередко - на значительный срок. Это не всегда допустимо и всегда нежелательно. Как изменить способ контроля?

**Решение.** Как и при решении задачи 2.4 требуется предварительное уточнение условий с помощью законов развития технических систем. Кроме того, следует иметь в виду, что если предыдущие задачи были задачами на изменение систем, то данный пример - задача на измерение. Требуется создать идеальную измеряющую систему: идеальная система отсутствует, но ее функции выполняются. В данном случае, основную часть измерения должна выполнять сама измеряемая система.

Вепольный анализ подсказывает, что необходимую информацию должно нести некоторое поле, проходящее сквозь техническую систему. Таким носителем может быть механическое поле - обычный шум в механизме. По характеру этого шума специалисты (или компьютер) судят о возможных нарушениях в системе. Важное преимущество этого способа в том, что измерение тех или иных параметров производится без остановки машины. Таким способом, в частности, пользуются специалисты фирмы «Филадельфия гир корпорейшн».

**Задача 2.7.** Готовясь к зимней спячке, летучие мыши уменьшают в своем организме содержание бромистых солей и в результате этого впадают в состояние, аналогичное эпилептическому припадку. Рассмотрите ситуацию с точки зрения вепольного анализа.

**Решение.** Имеется типичный полный веполь. Вещество-инструмент через поле химических взаимодействий меняет состояние другого вещества - организма. Следует отметить высокую степень управляемости инструментом. Его количество регулируется по мере необходимости: если мышь разбудить - она легко приходит в себя, передвигается, находит новое, спокойное место - и снова засыпает.

Как известно, бромистые препараты широко используются для лечения людей. Однако в данном случае степень управляемости ниже: дозировка лекарств далеко не всегда бывает оптимальной. Очевидно, есть смысл подумать о биохимическом способе введения препаратов в организм, т.е. решить задачу, применив **физические** (или химические) **эффекты**.

**Задача 2.8.** В последнее время все большее распространение получает железнодорожный транспорт на воздушной подушке. Используя правила вепольного анализа, спрогнозируйте направление развития двигателей для таких составов.

**Решение.** Проект, разработанный фирмой «Трэкд ховеркрафт» (Англия), решает эту задачу переходом к фепольной системе: ее вагоны на воздушной подушке снабжены линейными электродвигателями.

Но перспективным представляется и другое направление: использование для поддержки вагона и его передвижения одного и того же поля - механического. С другой стороны - магнитное поле более управляемо, чем механическое. Поэтому целесообразно рассмотреть вагон с линейным электродвигателем и - на магнитной подвеске.

Можно продолжить анализ дальше и проследить не только взаимосвязь способов движения и подвески вагона, но и развитие вообще транспорта со специальным покрытием. Причем, решая эту задачу необходимо вначале рассмотреть ситуацию с точки зрения законов развития технических систем.

**Задача 2.9.** Витамин С способствует удалению холестерина из организма и тем самым играет немалую роль в предупреждении сердечных приступов... Рассмотрите ситуацию с точки зрения вепольного анализа.

**Решение.** Проблема (как и в задаче 2.7) - в управляемости.

В больших дозах любой витамин нежелателен и даже опасен. В то же время в организме всегда (для профилактики) должна присутствовать необходимая доза этого вещества. Ситуация обычная при решении изобретательских задач. И она предусматривает обычное преодоление возникшего противоречия. Оптимум достигается тем, что вводится максимально возможно количества вещества, а избыток убирается (см. **раздел 4**

«Стандарты»). Напомним о законе 2.5 - избыток должен исчезать сам. Возникает задача: больной должен постоянно глотать таблетки, но содержание витамина в организме не должно превышать определенного значения. Обычный путь здесь - достройка веполя: вещество (излишек витамина) убирается полем, которое возникает при добавлении в систему некоторого второго вещества. Причем, очевидно, что у вещества должна быть достаточная степень дисперсности, чтобы его «срабатывание» происходило не сразу, а только по мере необходимости.

Реализация этого решения внедрена, в частности, датскими фармацевтическими фирмами. В каждую таблетку лекарства, которое может в больших дозах вызвать нежелательный эффект, добавляют незначительное количество рвотного препарата. «Критическая масса» этого препарата распределена между тремя - пятью (в зависимости от основного лекарства) таблетками. Такие таблетки можно принимать без врачебного контроля и в неограниченном количестве: организм усвоит только необходимую дозу.

**Задача 2.10.** Электрическое поле грозового облака (как показали исследования специалистов Национального управления океанских и атмосферных исследований США) нарастает до определенного значения, а затем ослабевает. На основании вепольного анализа предложите способ, позволяющий ускорить процесс ослабления напряжения.

**Решение.** Хороший эффект дает обычная достройка веполя. Необходимо добавить вещество, которое переводило бы поле с высоким напряжением в поле с низким напряжением. Простые физические соображения (см. раздел 3 «Физические эффекты») подсказывают, что при попадании в облако вещество должно иметь свободные заряды. Таким требованиям удовлетворяют ионы элементов или металлы.

Эксперимент показал, что "засевание" грозового облака нейлоновыми армированными волокнами, которое проводили специалисты упомянутого управления, убыстряет ослабление электрического поля грозового облака примерно в пять раз.

**Задача 2.11.** Вливание внутривенных растворов нередко спасает больному жизнь, однако может вызвать целый ряд воспалительных реакций. Допустим, удалось полностью устранить вредный эффект биологической несовместимости и

вирусной инфекции, а воспаление всё ещё есть. Что можно предложить?

**Решение.** Нужно повысить эффективность работы вепольной технической системы. Поскольку переход к фепольной системе в данном случае нецелесообразен - используем другой путь: перевод вещества-инструмента в более дисперсное состояние. Другими словами - перед внутривенным вливанием раствор необходимо фильтровать.

Такое предложение прямо вытекает из правил вепольного анализа, но это еще не значит, что оно очевидное. До самого последнего времени такое фильтрование не проводилось. С другой стороны - примерно у 50% больных, которым требуется длительное внутривенное вливание, возникают опасные осложнения. А предварительная фильтрация растворов по данным медицинского центра университета штата Кентукки (США), снижает количество осложнений до 2%.

**Задача 2.12.** Нужно быстро и точно измерять конусность вращающихся деталей. Известны различные способы таких измерений. Покажите их вепольные модели и оцените (с этой точки зрения) преимущества.

**Решение.** При разборе задач с помощью вепольного анализа, как это уже указывалось в **теоретической части**, желательно графически представлять вепольную модель систем. Особенно это касается сложных случаев построения, например, комплексных веполей, цепных веполей... Для данной задачи на измерение желательно перевести систему в комплексный феполь и, естественно, применить инструмент с очень высокой степенью дисперсности. Легко понять, что речь идет об измерении с помощью полевых воздействий.

Так, фирма «К.Е.Медик» (Карлсруэ, Германия) разработала электронный микрометр для бесконтактных измерений размеров и конусности вращающихся деталей. Измерения, благодаря емкостному принципу действия микрометра, высокоточны.

Приведенное решение показывает, в частности, общую тенденцию вепольных систем: на высоком уровне развития для дальнейшего совершенствования системы необходимо применить **физические эффекты** и явления. Они нашли свое выражение в создании **стандартов** на решение изобретательских задач и поэтому в данной главе не рассматривается.

**Задача 2.13.** Во многих громоздких приборах нередко применяются болтовые соединения. В процессе работы болты довольно скоро ослабевают, их необходимо подтягивать. Для этого за панелью оставляют место для руки и ключа, из-за чего портится внешний вид изделия. Что делать?

**Решение.** Есть полезный веполь (болт-гайка-механическое поле), который разрушается в процессе работы. Вредное действие нужно устранить, желательно - средствами самого веполя. В данном случае нецелесообразно дробить инструмент (сдвоенная гайка - тривиальный путь решения). Фиксирующие гайки, обычно предлагаемые как контрольный ответ, также не решают проблему окончательно.

Лучше применить фепольную модель, в которой механическое поле работает наряду с магнитным. Интересен вариант с переменной, управляемой силой магнитного сцепления крепежных деталей.

**Задача 2.14.** В автостроении и, особенно, в авиастроении необходимо защищать крепежные детали от случайного развинчивания. Для этого устраивают специальные крышки для болтов, окраску в другие цвета. Однако эти усилия не всегда дают надежные результаты. Нужно предложить (с помощью вепольного анализа) как можно более надежный способ.

**Решение.** Если в предыдущей задаче речь шла о перспективах развития крепежных деталей вообще, то в данном случае необходимо лишь слегка усовершенствовать имеющуюся систему.

Почему возникают случайные развинчивания? Как правило из-за ошибки. Есть множество болтов (винтов) - и ключи (отвертки), которые легко их развинчивают (легко с ними взаимодействуют). Имеется типичный веполь, между веществами которого иногда возникает вредное действие - а его очень сложно отличить от полезного. Правила вепольного анализа точно указывают как разрушить вредный веполь, а **закон 2.5** требует идеальности: ключ или отвертка сами должны не дать человеку развинтить по ошибке другой винт.

Это требование реализовано в нестандартных головках винтов и соответствующих нестандартных (треугольных, ромбических...) ключах. Они делают машину несколько дороже, зато

гарантируют важные узлы от некомпетентного или ошибочного вмешательства.

**Задача 2.15.** Предложен метод определения величины и распределения механических напряжений в материале. Изготавливается копия изделия из специальной эпоксидной смолы, которая поворачивает поляризованный световой луч на определенный угол, зависящий от механического напряжения в данной точке. По возникающему узору светлых и темных линий легко судить о величине и распределении напряжений. Способ (его разработали в Геринговском научно-исследовательском институте прочности материалов в Кёльне, Германия) достаточно прост и удобен. Однако во многих случаях необходимо также контролировать величину и распределение нагрузки непосредственно во время работы изделия. Как быть?

**Решение.** Чем лучше способ, взятый в качестве прототипа, тем легче получить его хорошее усовершенствование. В данном случае прекрасно работает модель с **физэффектом**. Работает на модели. Для перехода к реальному изделию достаточно достроить вепольную схему (изделие - смола – свет), объединить ее в одно целое.

На практике изделие покрывают тонким слоем эпоксидной смолы и во время работы освещают изделие поляризованным светом. Изменение характера напряжений изделия будет немедленно (одновременно) вызывать соответствующие изменения в покрытии и, следовательно, менять угол поляризации света. Таким образом, не мешая работе некоторого механизма, можно непрерывно контролировать его состояние, вовремя заменить деталь, в которой возникли опасные для нее механические нагрузки.

Интересно (с помощью **физэффектов**) рассмотреть возможность проведения таких измерений для быстровращающихся деталей. Как в таком случае наблюдать за картиной распределения напряжений?

### **3.3. Задачи для самостоятельного решения.**

**Задача 2.16.** Фирма «Уилинг-Питсбург стил корпорейшн» выпускает листовую сталь, предварительно смазанную с обеих сторон. Слой смазки (эмульгированное соединение масла ж

мыла) толщиной 0,06 мм не препятствует сварке и при засыхании сохраняет гибкость в течении нескольких месяцев. Оцените (с точки зрения вепольного анализа) преимущества такой стали при изготовлении штампованных изделий. Спрогнозируйте дальнейшее развитие метода.

**Задача 2.17.** В обычных пенопластах поры образуются газами вспенивающего вещества. Но, зачастую, особенно когда пенопласт должен работать в воде, пустота внутри материала нежелательна. Что делать?

**Задача 2.18.** Шведская фирма «СААБ» разработала простой и дешевый метод подъема фундамента домов, опустившихся в результате оседания грунта. Применяются резиновые подушки, в которые закачивается воздух. Каждая подушка поднимает 20 тонн на 5 - 6 сантиметров за 30 минут. Предложите (на основе этого метода) новый способ подъема, позволяющий автоматически корректировать положение фундамента.

**Задача 2.19.** Для людей многих профессий (актеров, летчиков...) необходимы контактные линзы вместо очков. Однако обычные стеклянные контактные линзы при длительном ношении вызывают обезвоживание роговицы глаза, мешает нормальному газообмену между глазом и атмосферой. Предложите выход с позиций вепольного анализа.

**Задача 2.20.** При изменении нагрузки на стальной трос, материал которого имеет достаточную магнитную проницаемость, гистерезисная петля поворачивается в сторону оси индукции В или напряженности Н (в зависимости от направления приложенных сил). В результате происходит симметричное искажение петли и при наличии соответствующего переменного тока эти искажения обуславливают появление третьей гармоники с амплитудой, пропорциональной изменениям сил натяжения. Такой эффект можно использовать для измерения нагрузки на трос. Это хорошо, но не всегда материал троса имеет достаточную магнитную проницаемость (особенно когда он должен выдерживать значительные нагрузки). Что нужно сделать?

**Задача 2.21.** Из-за недостатка упругости здания с бетонным каркасом хорошо отражают и проводят вибрацию. Жильцы в таких домах подвержены сильному воздействию неприятных шумов, вибраций, хлопков... Проанализируйте ситуацию и предложите простой выход.

**Задача 2.22.** В одной из университетских библиотек на юге Англии в корешки всех книг встроены металлические полоски. При попытке вынести книгу из библиотеки срабатывает охранная сигнализация. При законной выдаче книги сигнальную полоску вынимают. Однако в таком случае вынуть подоску может и злоумышленник. Как быть?

**Задача 2.23.** Для измерения небольших изменений поверхности материала при упругой деформации участок поверхности материала снимается на две голограммы с определенным временным интервалом. Совмещая затем полученные голограммы, по интерференционной картине судят об изменениях поверхности. Однако весьма сложно совместить два снимка так, чтобы они находились в совершенно одинаковом положении. А малейшее отклонение безнадежно искажает интерференционную картину...

**Задача 2.24.** На верфях «Карлскронаварвет» (Швеция) построен минный тральщик с немагнитным корпусом из армированной стекловолокном пластмассы. Немагнитность - не единственное преимущество нового корабля. Так, внутренние слои корпуса гасят ударную волну от возможного взрыва мины. Достигнуто это простым способом, прямо вытекающим из правил вепольного анализа. Найдите его.

**Задача 2.25.** Бетонные плиты аэродромов интенсивно разрушаются, изнашиваются. Необходимо без значительного усложнения технологии увеличить ударную прочность бетона в 10 - 20 раз.

## **2.4. Указания к решению задач.**

**Закон 2.5** развития ТС - увеличение степени вепольности - представляет собой комплекс изложенных в теоретической части правил вепольного анализа. Таким образом, вепольный анализ находится на полпути от законов до конкретного аппарата преобразования ТС. Можно также сказать, что вепольный анализ - это язык, на котором проще всего и удобнее всего описывать поведение технических систем. На этом языке можно представить любую техническую систему со всеми присущими ей техническими свойствами, отвлекаясь от ненужных (а иногда попросту мешающих) подробностей, не относящихся к ее функционированию. В этом смысле вепольный анализ

напоминает по универсальности математику: безразлично, описывается стыковка космических кораблей или работа двигателя внутреннего сгорания - если эти системы имеют одинаковую вепольную модель их можно смело преобразовывать тождественным способом. Не играет роли также отраслевая принадлежность той или иной технической системы. Как правило, разделение по отраслям далеко не всегда отражает распределение по типам технических систем. Скорее наоборот: в каждой отрасли встречаются типы, выражающиеся теми же вепольными моделями, что и в других отраслях. Разница состоит лишь в уровне развития ТС, который определяется уровнем развития (вернее - уровнем экономической важности) отрасли.

Решая задачи с помощью вепольного анализа можно стремиться получить конкретный технический ответ: во многих случаях, особенно после известной практики, это вполне реально. Однако, отсутствие такого ясного ответа еще не повод для беспокойства. Выяснив перспективы развития ТС и описав ее модель по правилам **вепольного анализа**, можно переходить к дальнейшему решению — с помощью применения **физэффектов**.

Продолжим рассмотрение примера из **раздела 1**. После анализа ситуации (система «магнитная звукозапись») с помощью **законов развития** ТС выяснилось, что она свелась к более конкретной проблеме: нужно получить вещество, преобразующее акустическое поле в магнитное и записывающее на себе это магнитное поле. Для технологов в этом большой проблемы нет. Недавно, в частности, внедрена в производство технология изготовления магнитозаписывающих материалов, процесс магнитной записи в которых происходит на уровне доменов. Вепольная схема (модель) системы достаточно ясна: акустическое поле преобразуется веществом в магнитное поле; при этом вещество-преобразователь само превращается в магнитозаписывающее вещество. Здесь начинают проявляться противоречивые требования к веществу-инструменту. Оно должно быть одновременно преобразующим и записывающим (реагирующим на магнитное поле), чтобы происходил процесс магнитной звукозаписи, и не должно быть одновременно преобразующим и записывающим, чтобы вновь приходящие акустические колебания не деформировали ранее выполненную запись. Дальнейшее решение задачи желательно проводить по **АРИЗ**, предварительно испробовав на ней **физэффекты** и **стандарты** на решение изобретательских задач.

Во всех случаях после проведения **вепольного анализа** следует для получения окончательного, технического решения применить **АРИЗ** и **стандарты**.

### **Дополнительные указания к задачам.**

**Задача 2.16.** Правила вепольного анализа требуют повышения степени дисперсности инструмента. Предварительно смазанные поверхности облегчают процесс штамповки, создавая, однако дополнительные сложности (необходимо переналаживать и даже заменять оборудование). Помочь здесь может различная степень смазки двух сторон стального листа.

Еще в СССР был освоен выпуск стали с различной шероховатостью сторон, реализующий это (и некоторые другие) преимущество именно для штамповки. В то же время, смазка гораздо динамичнее шероховатости, ею можно управлять по мере необходимости.

**Задача 2.17.** Имеется хороший веполь в котором, тем не менее, одно из веществ дает нежелательный эффект (поры поглощают воду). Необходимо заменить это вещество другим, обладающим тем же (или почти тем же) полезным свойством - и не обладающим вредным свойством.

Швейцарские специалисты разработали пенопласты, в которых поры образуются полыми микрошариками из стекла, керамики или пластмассы. Такие материалы помимо водонепроницаемости обладают также высокой удельной прочностью, превышающей удельную прочность обычных пенопластов. Удельный вес эпоксидной смолы, наполненной стеклянными микрошариками, - от 780 до 880 килограммов на кубический метр. Это позволяет использовать материал, например, в качестве поплавка при глубоководных погружениях.

**Задача 2.18.** Имеется недостаточно управляемый веполь (нужно специально следить за количеством воздуха в подушках, если оставлять их надолго под фундаментом). Для повышения степени управляемости нужно ввести обратную связь между подушками и фундаментом (создать «отзывчивость» подушек на движения фундамента). Кроме того, желательно использовать в веполе вещество, которое может легко саморегулироваться в конкретной системе.

В частности, фирма «СААБ» рекомендует соединять заложенные под фундамент подушки с системой водоснабжения дома, что и позволяет автоматически корректировать уровень фундамента. Этот же метод используется для нивелировки полов в заводских цехах, для фиксации бетонных плит взлетно-посадочных полос аэродромов.

**Задача 2.19.** Нединамичное вещество-инструмент - беда многих вепольных систем. Однако, как не тривиален переход к высокодисперсному веществу (это не обязательно порошок, но может быть и гибкая пленка, жидкость, газ) - его не всегда выполняют сразу при разработке технической систем. В результате этого приходится тратить много времени и сил для доводки плохо работающей системы. Прошло немало времени с момента разработки и использования контактных корректирующих линз, пока не пришло очевидное с точки зрения вепольного анализа решение: заменить жесткое стекло мягкой, удерживающей воду пластмассой (журнал «Медикал Трибюн энд Медикал Ньюс», том 14, с.3).

**Задача 2.20.** Типичный случай построения вепольной модели' (хотя при переходе от условий, скорее всего, получился комплексный веполь). Имеется вещество, которое очень хорошо выполняет свою функцию: трос из специальной стали сам сигнализирует о нагрузке, которую он в данный момент несет. Однако применение этого материала ограничено (малая грузоподъемность, высокая цена...). Рекомендации вепольного анализа здесь безоговорочны: нужно объединить небольшое количество данного вещества с другим, восполняющим то, что недостает первому. Так, в стальном тросе достаточно иметь всего три - пять (из ста) нитей с необходимыми параметрами. Это не скажется на надежности троса, будет доступно по цене и позволит проводить точные измерения.

**Задача 2.21.** Дан вредный веполь, который нужно разрушить. Следует обратить внимание на то, что считать компонентами веполя, а что - веполем, как системой. Для разрушения веполя вовсе не обязательно разрушать его компоненты (не разрушать же дом!) - достаточно нарушить между ними связь. Способы разрушения связей предусмотрены вепольным анализом.

В данном случае между двумя бетонными плитами требуется ввести их видоизменение. Шведский институт коммунального хозяйства рекомендует использовать для этой цели пенобетон или звукопоглощающие пластмассы. Эксперимент показывает,

что две бетонные плиты, разделенные таким слоем толщиной всего в один миллиметр, равноценны по звукопоглощению свинцовой стене таких же размеров.

**Задача 2.22.** Работает хорошая измерительная вепольная система с ферромагнитным компонентом и магнитным полем. Но управляется она механическим полем (полоска вынимается и вставляется назад вручную) - это уже существенный недостаток с точки зрения ТРИЗ. И этим могут воспользоваться злоумышленники. Естественно, нужно перестроить вепольную модель таким образом, чтобы управление пластинкой-вставкой осуществлялось также магнитным полем. Понятно, что при этом не обязательно извлекать пластинку из книги (механический путь), достаточно управлять ее магнитными свойствами.

Американская фирма «ЗИ», которая разработала эту систему, предложила также простой прибор, вмонтированный в стол библиотекаря: при законной выдаче книги прибор снимает возбуждение со встроенной в книгу пластинки. Как только книга возвращается в библиотеку, она (на том же столе) проходит обратную операцию.

**Задача 2.23.** Построена далеко не идеальная система: два веполя в конечном счете сводят в один - и получается плохо. Намного лучше с самого начала использовать один веполь - дважды. Меньше затрат и больше эффект. Поэтому необходимо в данном случае проводить съемку на одну голограмму, это в значительной мере устраняет искажения, повышает точность измерений.

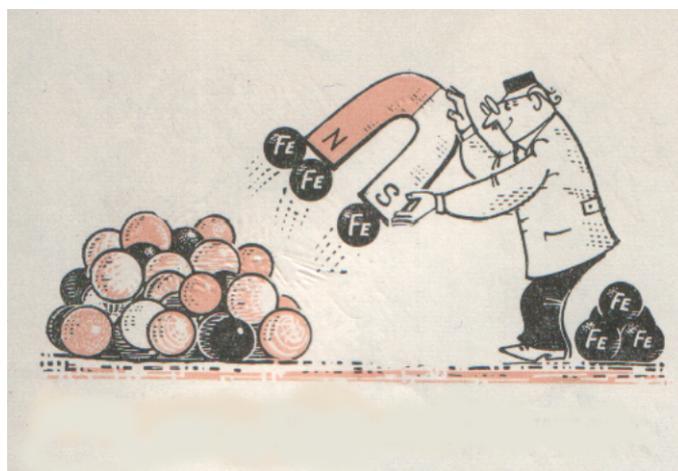
**Задача 2.24.** Есть очень вредный веполь (взрывная волна – осколки мины - корпус корабля). Можно было бы пойти по обычному пути - поставить еще более прочную броню, но тогда неминуемо ухудшатся мореходные качества корабля, возникнет множество других проблем, А нужно всего лишь известными средствами разрушить веполь.

Шведские кораблестроители выполнили наружный слой корпуса из армированной стекловолокном пластмассы (немагнитность!), а внутренний - из высокосортной хлорвиниловой пены. Осколки мины хорошо пробивают наружный слой корпуса, но вязнут во втором, не причиняя заметного ущерба всему кораблю.

**Задача 2.25.** Есть бетон, который противостоит механическому полю, т.е. - неполный веполь. Требования к системе невысоки: нет необходимости управлять прочностью, делать ее переменной.

Достаточно просто повесить ее. Что дает простая достройка веполя?

Фирма «Бекирт стил уайр корпорейшн» (Питсбург, США) выпускает стальные волокна длиной 5 см. Эти волокна соединяются растворимым в воде клеем в пучки по 5 - 30 штук и однородно распределяются в жидком еще бетоне. Как показали испытания, при толщине плиты вдвое меньше обычной, бетон в 10 - 30 раз превосходит неармированный материал по ударной стойкости (по прочности на изгиб – вдвое). К тому же - такие плиты сохраняют свои свойства и при наличии трещин.



## **Раздел 3. Физические эффекты.**

### **3.1. Теоретическая часть.**

Наиболее сильные решения технических изобретательских задач получаются при использовании физических эффектов и явлений. Частично физэффекты работают в **стандартах** на решение изобретательских задач (см. **раздел 4 «Стандарты»**). Разработаны также таблицы непосредственного применения физических эффектов и явлений - прямые и обратные. По ним определяется:

- А) необходимый физэффект по заданному (требуемому) действию;
- Б) необходимое действие по заданному (наиболее удобному) физэффекту.

Ниже приведены обе эти таблицы.

#### **Таблица А.**

##### **А1. Измерение температуры.**

Тепловое расширение и вызванное им изменение собственной частоты колебаний. Термоэлектрические явления. Спектр излучения. Изменение оптических, электрических, магнитных свойств вещества. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкинса и Баркхаузена.

##### **А2. Повышение температуры.**

Электромагнитная индукция. Вихревые токи. Поверхностный эффект. Диэлектрический нагрев. Электрические разряды. Поглощение излучения веществом. Термоэлектрические явления.

##### **А3. Понижение температуры.**

Фазовые переходы. Эффект Джоуля-Томсона. Эффект Ранка. Магнитокалорический эффект. Термоэлектрические явления.

##### **А4. Стабилизация температуры.**

Фазовые переходы (в том числе переход через точку Кюри).

##### **А5. Индикация положения и перемещения объекта.**

Введение меток - веществ, преобразующих внешние поля (люминофоры) или создающих свои поля (ферромагнетики) и потому легко обнаруживаемых. Отражение и испускание света. Фотоэффект. Деформация. Рентгеновское и радиоактивное

излучение. Люминесценция. Изменение электрических и магнитных полей. Электрические разряды. Эффект Доплера.

#### **A6. Управление перемещением объектов.**

Действие магнитным полем на объект или на ферромагнетик, соединенный с объектом. Действие электрическим полем на заряженный объект. Передача давления жидкостями и газами. Механические колебания. Центробежные силы. Тепловое расширение. Световое давление.

#### **A7. Управление движением жидкости и газа.**

Капиллярность. Осмос. Эффект Томса. Эффект Бернулли. Волновое движение. Центробежные силы. Эффект Вайссенберга.

#### **A8. Управление потоками аэрозолей (пыль, дым, туман).**

Электризация. Электрические и магнитные поля. Давление света.

#### **A9. Перемешивание смеси, образование растворов.**

Ультразвук. Кавитация. Диффузия. Электрические поля. Магнитное поле в сочетании с ферромагнитным веществом. Электрофорез. Солюбилизация.

#### **A10. Разделение смесей.**

Электро- и магнитосепарация. Изменение кажущейся плотности жидкости-разделителя под действием электрических и магнитных полей. Центробежные силы.

#### **A11. Стабилизация положения объекта.**

Электрические и магнитные поля. Фиксация в жидкостях, твердеющих в магнитном и электрическом поле. Гирскопический эффект. Реактивное движение.

#### **A12. Силовое воздействие. Регулирование сил. Создание больших давлений.**

Действие магнитным полем через ферромагнитное вещество. Фазовые переходы. Тепловое расширение. Центробежные силы. Изменение гидростатических сил путем изменения кажущейся плотности магнитной или электропроводной жидкости в магнитном поле. Применение взрывчатых веществ. Электрогидравлический эффект. Оптико-гидравлический эффект. Осмос.

#### **A13. Изменение трения.**

Эффект Джонсона-Рабека. Воздействие излучением. Явление Крагельского. Колебания.

#### **A14. Разрушение объекта.**

Электрические разряды. Электрогидравлический эффект. Резонанс. Ультразвук. Кавитация. Индуцированное излучение.

#### **A15. Аккумуляция механической и тепловой энергии.**

Упругие деформации. Гироскопический эффект. Фазовые переходы.

#### **A16. Передача энергии:**

##### **A16.1. Механической:**

Деформации. Колебания. Эффект Александра. Волновое движение, в том числе ударные волны.

##### **A16.2. Тепловой, лучистой:**

Излучения. Теплопроводность. Конвекция. Явление отражения света (световоды). Индуцированное излучение.

##### **A16.3. Электрической:**

Электромагнитная индукция. Сверхпроводимость.

#### **A17. Установление взаимосвязи между подвижным (меняющимся) и неподвижным (неменяющимся) объектами.**

Использование электромагнитных полей (переход от «вещественных» связей к «полевым»).

#### **A18. Измерение размеров объекта.**

Измерение собственной частоты колебаний. Нанесение и считывание магнитных и электрических меток.

#### **A19. Изменение размеров объекта.**

Тепловое расширение. Деформация. Магнито- и электрострикция. Пьезоэлектрический эффект.

#### **A20. Контроль состояния и свойств поверхности.**

Электрические разряды. Отражение света. Электронная эмиссия. Муаровый эффект. Излучения.

#### **A21. Изменение поверхностных свойств.**

Трение. Адсорбция. Диффузия. Эффект Баушингера. Электрические разряды. Механические и акустические колебания. Ультрафиолетовое излучение.

#### **A22. Контроль состояния и свойств в объеме.**

Введение «меток» - веществ, преобразующих внешние поля (люминофоры) или создающих свои поля (ферромагнетики), зависящие от состояния и свойств исследуемого вещества. Изменение удельного электрического сопротивления в зависимости от изменения структуры и свойств объекта. Взаимодействие со светом. Электро- и магнитооптические явления. Поляризованный свет. Рентгеновские и радиоактивные излучения. Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонансы. Магнитоупругий эффект. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкинса и Баркхаузена. Изменение собственной частоты колебаний объекта. Ультразвук. Эффект Мёссбауэра. Эффект Холла.

### **A23. Изменение объемных свойств объекта.**

Изменение свойств жидкости (кажущейся плотности, вязкости) под действием электрического и магнитного полей. Введение ферромагнитного вещества и действие магнитным полем. Тепловое воздействие. Фазовые переходы. Ионизация под действием электрического поля. Ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивное излучения. Деформация. Диффузия. Электрические и магнитные поля. Эффект Баушингера. Термоэлектрические и магнитооптические эффекты. Кавитация. Фотохромный эффект. Внутренний фотоэффект.

### **A24. Создание заданной структуры. Стабилизация структуры объекта.**

Интерференция волн. Стоячие волны. Муаровый эффект. Магнитные поля. Фазовые переходы. Механические и акустические колебания. Кавитация.

### **A25. Индикация электрических и магнитных полей.**

Осмоз. Электризация тел. Электрические разряды. Пьезо- и сегнетоэлектрические эффекты. Электреты. Электронная эмиссия. Электрооптические явления. Эффекты Гопкинса и Баркхаузена. Эффект Холла. Ядерный магнитный резонанс. Гиромагнитные и магнитооптические явления.

### **A26. Индикация излучения.**

Оптико-акустический эффект. Тепловое расширение. Фотоэффект. Люминесценция. Фотопластический эффект.

### **A27. Генерация электромагнитного излучения.**

Эффект Джозефсона. Явление индуцированного излучения. Туннельный эффект. Эффект Ганна. Люминесценция. Эффект Черенкова.

### **A28. Управление электромагнитными полями.**

Экранирование. Изменение состояния среды, например, увеличение или уменьшение ее электропроводности. Изменение формы поверхностей тел, взаимодействующих с полями.

### **A29. Управление потоками света. Модуляция света.**

Преломление и отражение света. Электро- и магнитооптические явления. Фотоупругость. Эффекты Керра и Фарадея. Эффект Ганна. Эффект Франца-Келдыша.

### **A30. Инициирование и интенсификация химических превращений.**

Ультразвук. Кавитация. Ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивные излучения. Электрические разряды. Ударные волны. Мицеллярный катализ.

## **Таблица Б.**

### **Б1. Переход теплового поля в механическое.**

#### **Физический смысл:**

- а) Тепловое расширение материалов;
- б) Сдвоенный эффект - изменение размеров двух связанных объектов с различными коэффициентами теплового расширения;
- в) Фазовые переходы первого рода - изменение агрегатного состояния;
- г) Фазовые переходы второго рода - перестройка кристаллической структуры объекта под действием теплового поля.

#### **Возможные применения:**

Небольшие, но точные перемещения. Измерение температуры. Управление положением и взаимодействием элементов технических систем. Регулировка зазоров, отверстий и т.д. Герметизация. Соединение и разъединение деталей, их временное крепление. Изгиб стержней и пластин. Саморегулирование элементов технических систем. Создание напряжений в материалах и конструкциях. Преобразование тепловой энергии в механическую. Деформация. Разрушение материалов. Перемещение (спуск, укладка) тяжелых объектов. Создание повышенного газового давления (без машин). Самоудаление монтажных деталей и веществ, используемых для обработки.

Восстановление первоначальной формы деформированного объекта.

## **Б2. Переход магнитного поля в механическое.**

### **Физический смысл:**

- а) Перемещение частиц вещества, связанных с ферропорошком, осуществляется магнитным полем - феполь (см. раздел 2 «Вепольный анализ»);
- б) По легко обнаруживаемому магнитному полю ферропорошка определяют перемещение связанных с ним частиц вещества;
- в) Переход через точку Кюри - потеря веществом магнитных свойств выше определенной температуры - и связанное с этим прекращение влияния магнитного поля на движение вещества.

### **Возможные применения:**

Перемещение тел (преимущественно зернистых, сыпучих, жидких), управление потоками. Фиксация сыпучих веществ. Ориентирование мелких объектов. Фильтрация. Смешивание сыпучих и жидких материалов. Разделение смесей. Очистка и обработка, поверхностей. Защита поверхностей от абразивного воздействия. Управление напряжением, деформацией, формообразованием. Дробление мелких подвижных объектов. Повышение прочности веществ. Изготовление растающих устройств, например, литейных форм. Индикация труднообнаруживаемых объектов, контроль за перемещением. Различные измерения, например, вязкости, температуры.

## **Б3. Магнитные жидкости.**

### **Физический смысл:**

Жидкость (вода, керосин, минеральные и силиконовые масла) с взвешенными в ней частицами ферропорошка (размер частиц - не только микрометров). Содержание феррочастиц в жидкости - 50% и более. Под действием магнитного или электрического поля магнитная жидкость перемещается, меняет плотность, оптические свойства и т.п.

### **Возможные применения:**

Перемещение тел. Обработка поверхностей. Создание напряжений в материалах. Управление положением и взаимодействием элементов технических систем. Соединение и разъединение деталей, их временное крепление. Герметизация зазоров. Разделение веществ с разной плотностью. Оптические

затворы. Индикация веществ. Контроль за перемещением. Преобразование энергии.

#### **Б4. Коронный разряд.**

##### **Физический смысл:**

Электрический разряд в газе вокруг проводника с током. Неоднородное электрическое поле высокого напряжения ионизирует газ вокруг проводника, движение ионов сопровождается свечением, имеющим вид короны.

##### **Возможные применения:**

Источник свободных зарядов. Использование управляемых потоком ионов для создания заряженных слоев на больших поверхностях, зарядки аэрозолей, дозировки порошков, регулирования теплопередачи. Изучение физики ионов. Измерение параметров газа: состава газовых смесей, параметров взвешенных в газе аэрозолей, давления газа, скорости газовых потоков. Коронные стабилизаторы напряжения. Измерение кривизны поверхности (радиусов проводов, кромок). Осуществление химических реакций: озонаторы, аэроионизаторы, воздействие на поверхность.

#### **Б5. Пена.**

##### **Физический смысл:**

Дисперсная система из ячеек -пузырьков газа (пара), разделенных пленками жидкости (или твердого вещества). Основные свойства: кратность (отношение объема пены к объему раствора, затраченного на ее изготовление), стабильность (время жизни пузырька или группы пузырьков), дисперсность (средний диаметр пузырьков) и структурно-механические свойства (например, способность в течении некоторого времени сохранять свою первоначальную форму).

##### **Возможные применения:**

Заполнение больших объемов при малом расходе вещества. Звукоизоляция, глушение ударных волн. Пожаротушение. Тепло- и холодоизоляция. Борьба с пылеобразованием. Изменение свойств жидкой среды. Интенсификация процессов в жидкой среде. Покрытие поверхности жидкости. Разделение взвесей, очистка жидкостей. Обнаружение течей. Изучение воздушных потоков. Защита хрупких объектов. Моделирование оболочек.

## **Б6. Закон Архимеда.**

### **Физический смысл:**

В гравитационном поле на всякое тело, погруженное в жидкость, действует сила, направленная противоположно силам поля и равная силе притяжения части жидкости, вытесненной телом. Для возникновения подъемной силы тело обязательно должно иметь нижнюю поверхность. Если тело и жидкость сжимаемы, то подъемная сила может меняться внешним давлением.

### **Возможные применения:**

Регулирование плавучести тел. Компенсация веса объектов. Сборка тяжелых или громоздких объектов. Разделение, сортировка, сепарация объектов по удельному весу. Измерение плотности, вязкости. Измерение уровня. Измерение параметров магнитного поля.

## **Б7. Электрическое притяжение и отталкивание.**

### **Физический смысл:**

Одноименные электрические заряды отталкиваются, а разноименные притягиваются с силой, пропорциональной расстоянию между ними (в минус второй степени).

### **Возможные применения:**

Управление положением и движением частиц, капель, волокон, нитей и т.п. Определение заряда, размеров и скорости частиц, нитей и т.п. Регулирование теплового взаимодействия со средой. Создания сил притяжения и отталкивания между слоями веществ. Деформация. Безопорная подвеска. Ликвидация статического электричества.

## **Б8. Пьезоэффект.**

### **Физический смысл:**

При деформации некоторых кристаллов на его противоположных гранях появляются электрические заряды. Те же кристаллы испытывают деформацию при подведении к их граням электрического заряда. К пьезоэлектрикам относятся турмалин, кварц, сегнетова соль, титанат бария, сульфид сурьмы, цирконат-титанат свинца.

### **Возможные применения:**

Получение искровых разрядов. Получение заряженных частиц, ионизация газов, борьба со статическим электричеством.

Измерение механических усилий, давления, ускорения. Индикация трещин в хрупких телах, улавливание различных шумов. Преобразование механических колебаний в электрические. Микродеремещения. Преобразование электрических колебаний в механические, звуковоспроизведение, генерирование ультразвуковых колебаний. Компенсация сил трения. Преобразование электросигналов: задержка во времени, фильтрация, трансформация.

### **Б9. Центробежные силы.**

#### **Физический смысл:**

При вращении объекта вокруг некоторой оси возникают силы, направленные от центра вращения (точнее, по касательной к окружности вращения). Во вращательное движение может быть трансформировано практически любое механическое поле.

#### **Возможные применения:**

Создание усилий, давлений. Деформация. Измерение усилий. Регулировка и измерение скорости вращения. Управление формой поверхности жидкости. Регулирование гидростатического напора. Получение тел сферической формы (шарики, дробинки и т.д.). Перемещение жидкостей. Разделение смесей. Смешивание.

### **Б10. Резонансные колебания.**

#### **Физический смысл:**

Если ритмы колебаний двух частей системы совпадают - возникает резкое взаимное усиление амплитуды этих колебаний. Если ритмы совпадают в противофазе - колебания гасятся.

#### **Возможные применения:**

Улучшение процесса транспортировки. Разрушение материалов. Смешивание, разделение смесей. Избирательная вибрация отдельных элементов системы. Использование параметров объекта (масса, жесткость, размеры и т.д.), измерение их. Измерение параметров среды, в которой находится объект. Обнаружение трещин и других повреждений. Гашение резонансных колебаний.

### **Б11. Вещества с памятью формы.**

#### **Физический смысл:**

Если сплав с памятью формы (например, нитинолу) при высокой температуре придать определенную конфигурацию, а затем охладить, то как бы мы не деформировали теперь вещество сплава - нагревание до прежней температуры восстановит первоначальную конфигурацию сплава (за счет фазового перехода второго рода). Некоторые сплавы выдерживают десятки тысяч циклов возвращения к первоначальной форме.

**Возможные применения:**

Преобразование тепловой энергии в механическую. Перемещение. Деформация. Соединение и разъединение объектов.

**Б12. Капиллярно-пористые материалы.**

**Физический смысл:**

Вещество, содержащее капиллярные отверстия (сквозные и несквозные), обладает свойствами не характерными для сплошного вещества, например, избирательной проницаемостью, тонкой отзывчивостью на ряд физических эффектов.

**Возможные применения:**

Поглощение жидкостей. Разделение смесей, фильтрование. Поглощение полей. Дозирование. Управление потоками жидкости и газа. Подача смазки, охлаждающей жидкости и т.д. Интенсификация процессов, идущих на поверхности тел.

**Б13. Озон (сильный окислитель).**

**Физический смысл:**

Озон - молекула из трех атомов кислорода, очень нестойкая, легко отделяет от себя один атом кислорода, являющегося (в атомарном состоянии) сильным окислителем.

**Возможные применения:**

Интенсификация горения. Окисление и разрушение вредных примесей, очистка воды и воздуха. Отбеливание. Уничтожение бактерий, консервирование, активизация (и подавление) биопроцессов. Интенсификация химических реакций. Контроль герметичности.

**Таблица А и Таблица Б** не являются исчерпывающими. В настоящее время фонд применения физических эффектов и явлений для решения технических изобретательских задач пополняется и систематизируется. На базе информационного

фонда ТРИЗ разработаны таблицы использования химических, геометрических, биологических и некоторых других эффектов.

### **3.2. Решение задач с использованием физических эффектов.**

**Задача 3.1.** Для заделки оптических волокон в металлические и пластмассовые разъемы применяют эпоксидный компаунд. Для лучшего контроля затекания компаунда во втулки разъема, компаунд выполняют цветным. На основе физических эффектов спрогнозируйте развитие способа.

**Решение.** При разборе задач с использованием физических эффектов и явлений нельзя, безусловно, забывать о **законах развития технических систем, вепольном анализе**, а также об **АРИЗ, стандартах и приемах преодоления психологической инерции**. Хорошие результаты дает именно комплексное использование ТРИЗ. В данном случае желательно контролировать не только пространственное движение компаунда (затекание), но и движение во времени (затвердевание). Соответствующий раздел таблицы А - 22 (контроль состояния и свойств в объеме). Из предлагаемых разделом эффектов, в данном случае, выбирать нужно тот, который не требует для выявления специальных приборов, устройств. Усложнение первоначальной системы оправдывается только в том случае, если есть возможность вынести усложняющие части в надсистему.

Фирма «Эпокси технолоджи» (штат Массачусетс, США) предлагает в качестве решения поставленной задачи компаунд, который при затвердевании превращается из ярко-красного в темно-красный. Принцип действия материала не сообщается, но, по всей вероятности, срабатывает пункт «Поляризованный свет». Как известно, при деформации и затвердевании некоторые эпоксидные смолы изменяют угол поляризации света. Это, в частности, можно наблюдать как потемнение или посветление материала.

**Задача 3.2.** Для автоматической установки фокусного расстояния в фото и кинокамерах делались многочисленные попытки использовать те же оптические принципы, что и при ручной наводке на резкость. Однако автоматизация этого способа весьма затруднительна. Предложите способ, основанный на другом физическом принципе.

**Решение.** Как правило, в реальных задачах в очень редких случаях вопрос ставится именно так: предложить новый принцип действия. Обычно есть указание усовершенствовать существующий, при этом его анализ с позиций ТРИЗ не производится. Отсюда - многочисленные и безрезультатные попытки «что-то предложить». Оптический способ наводки на резкость при всей его простоте и очевидности рассчитан на человека, как на важную часть этой системы. Проблема распознавания раздвоенного или нераздвоенного изображения настолько сложна, что ее недостаточно хорошо решают самые современные компьютеры. Учитывая этот широкоизвестный факт, легко придти к выводу о необходимости построения новой технической системы, основная функция которой - определение расстояния от камеры до объекта съемки. В такой постановке задача сразу упрощается, тем более, что подобные системы хорошо известны в технике (и в природе). Проблема, повидимому, состоит в отыскании наиболее подходящего принципа действия для локатора, который будет установлен на фото или кинокамере.

Фирма «Поляроид» (Кембридж, США), например, оснащает некоторые свои камеры встроенными звуковыми локаторами: при наводке видоискателя на объект съемки локатор автоматически осуществляет фокусировку.

**Задача 3.3.** Экран кинескопа для цветных телевизоров - весьма сложное устройство. В некоторых системах на нем нужно разместить в строго определенном порядке много тысяч точек люминофоров трех основных цветов. Предложите принцип работы кинескопа, существенно упрощающий его изготовление.

**Решение.** От кинескопа отказываться нельзя - это основное условие задачи. Допустим, задача возникла на заводе по производству кинескопов - естественно, что предложение изменить сам принцип воспроизведения телеизображения будет здесь немедленно отвергнуто. Такого рода ограничения нередки в практике решения изобретательских задач. И к ним (до известных пределов) нужно относиться с пониманием. Действительно, нет смысла сразу отказываться от надежно работающей, крупносерийной, достаточно технологичной системы только потому, что некоторое время спустя принцип ее работы устареет. Новый принцип нужно, безусловно, разрабатывать, развивать, но пока он не найдет столь же широкого применения, как и прежний, следует заниматься также доводкой старой системы.

В данном случае, существуют достаточно эффективные средства, позволяющие усовершенствовать прежний способ, затратив не так много на переналадку аппаратуры. Экран кинескопа должен засветиться в том месте, где на него упал электронный луч. Так происходит в обычном черно-белом телевизоре. Для получения цветного изображения цвет светящегося пятна должен меняться. Экран «должен знать» как ему светиться. В обычных цветных телевизорах такое узнавание определяется попаданием луча на определенную точку экрана. Отсюда - сложности с фокусировкой и - с технологией изготовления экрана. Но почему информацию должно нести только пространственное перемещение? Носителем информации может быть любой параметр электронного луча, который связывает экран со всеми остальными частями телевизора. Например, напряжение.

Так, фирма «Дженерал электрик компани» (Кливленд, штат Огайо, США) разработала однородный многоцветный состав для кинескопов, который наносится одним тонким слоем (это повышает яркость изображения). Состав дает красное свечение при ускоряющем напряжении 5 киловольт, а при изменении напряжения до 10 киловольт постепенно меняет цвет на оранжевый, желтый, зеленый...

**Задача 3.4.** При изготовлении полупроводниковых материалов часто требуется ввести в них точно дозированные добавки. Обычно это делается термическим путем. Однако, многие полезные свойства полупроводников исчезают (говорят, что полупроводники резко ухудшают свои характеристики) после термообработки. Нужен новый принцип введения добавок - эффективный и надежный.

**Решение.** Требуется новый физический принцип, но с точки зрения ТРИЗ необходимо просто заменить плохую вепольную систему другой, с более высокой степенью управляемости. Другими словами, нужна более эффективная вепольная система. По таблице А находим раздел 6 (управление перемещением объектов). Прежде, чем анализировать ее рекомендации, запишем отдельно объект, который необходимо управляемо перемещать. Это - примесь, точнее - ионы некоторых элементов. Теперь легко выбрать по таблице действие электрическим полем на заряженный объект или действие магнитным полем на объект. В данном случае это наиболее подходящее решение, поскольку ионы всегда «отзывчивы» на электрическое и магнитное поля. С другой стороны, именно эти поля позволяют выполнять, например, очень точные перемещения объектов.

Английский журнал «Электроникс Уикли» № 642 сообщил о методе введения примесей в полупроводниковые материалы путем фокусировки ионного потока примеси с помощью магнитной призмы. Здесь одновременно работают два вида полей, хорошо дополняя друг друга.

**Задача 3.5.** Для защиты от акул применяется пневматическое ружье, стреляющее разрывными пулями. Такие пули практически наверняка убивают акулу, однако выделяющаяся в большом количестве кровь привлекает новых хищниц. Что делать?

**Решение.** Идеальное решение - пуля должна наверняка поражать акулу, но при этом не позволять крови течь из раны. Задача, поставленная таким образом, уже наполовину решена. Теперь нужно только учесть, что оба действия должны реализовываться одним физическим эффектом. В таблице применения физэффектов не предусмотрено раздела «Поражающие факторы», нет также раздела «Остановка кровотечения». Впрочем, нетрудно вспомнить, что кровь хорошо застывает при охлаждении. Таким образом, пуля, попадая в акулу, должна ее хорошо охлаждать, чтобы из раны не выделялась кровь. Одновременно пуля должна лишать акулу подвижности (более конкретное требование). Таблица А рекомендует для понижения температуры использовать фазовые переходы. Очевидно» речь может идти о фазовом переходе вещества пули. Теперь ответ ясен: нужна пуля, которая при попадании в акулу совершит фазовый переход из твердого состояния в жидкое или газообразное, охладив при этом рану и лишив акулу подвижности. Предпочтительнее переход в газообразное состояние: при этом поглощается больше энергии (лучше охлаждение) и газ будет занимать больший объем...

Аквалангисты ВМС США используют для защиты от акул пневматическое ружье, стреляющее пулями из твердой двуокиси углерода. При попадании такой пули, акула раздувается, как воздушный шар, всплывает, становится абсолютно безопасной для человека и - не привлекает других акул. Такие ружья, в частности (по данным журнала «Сайенс Дайджест» том 72, № 6), использовались аквалангистами во время посадок космических кораблей «Аполлон».

**Задача 3.6.** Биоразлагающий препарат «Шелл Хердер» при распылении его над пленкой нефти, уменьшает размеры пятна более чем вдвое. На этом основано его применение в качестве

добавки при сборе нефтепродуктов с поверхности воды. Где еще можно использовать такой препарат?

**Решение.** Эта задача - на использование таблицы Б, причем на использование ее пока отсутствующей части. Дан препарат, указано его действие в некоторых условиях, требуется некоторым образом расширить сферу применения препарата... Типичный случай в химической промышленности, например. Ход решения здесь, как правило, такой: по таблице А в разделе, соответствующем действию, которое производит вещество, находим ряд других веществ или эффектов. Затем по таблице Б для этих веществ и эффектов выявляем сферу их применения. Как правило, новое вещество в той или иной мере способно работать в каждой из выявленных сфер, естественно, в ограниченной степени.

Так, препарат «Шелл Хердер» изменяет размеры объекта. В этом же разделе таблицы А находим пьезоэффект. На первый взгляд, поиск совпадений здесь бесперспективен. Однако, если исключить те проявления пьезоэффекта, которые присущи только электрическому полю, остаются, например (см. таблицу Б), измерение механических усилий, давления, ускорения. Как с помощью препарата измерять давление? Определенное количество препарата вызывает определенное по величине изменение нефтяного поля. Если же величина изменения другая - это свидетельствует, например, о наличии некоторого усилия, изменяющего размеры пятна.

**Задача 3.7.** Процесс фотографии при всей своей привычности достаточно сложен. Необходимость готовить и обрабатывать в темноте пленки и фотобумагу не всегда нас устраивает. В то же время, широкое распространение ламп-вспышек позволяет коренным образом решить эту проблему... Как именно? Что еще упрощается в результате применения нового способа?

**Решение.** Задача учебная, поэтому в ней, как в хорошем вопросе, заложен почти весь ответ. В идеале (вспомните **законы развития технических систем**) пленку можно просто на свету зарядить в аппарат, произвести съемку (с лампой-вспышкой!) и опять же на свету заменить другой пленкой. Если представить все это в вепольной форме, то из этого сразу будет следовать, что свет, излучаемый лампой вспышкой, должен отличаться от обычного света и именно это отличие будет вызывать засветку фотопленки.

Такой способ разработан и внедрен фирмой «У.Г.Брэди компани» (Милуоки, штат Индиана, США). Ультрафиолетовая лампа-вспышка заставляет «срабатывать» специальную пленку, рассчитанную только на ультрафиолетовое излучение. При этом появляется дополнительное преимущество способа: изображение на такой пленке (негатив) можно немедленно - без долгого проявления и фиксирования - использовать для получения позитивов.

**Задача 3.8.** Обычная лампа накаливания много света расходует (направляет) туда, где этот свет практически не используется. Такое излучение не только бесполезно, но и вредно, так как разрушает саму лампу. Как быть?

**Решение.** Снова ограничение: нельзя предлагать качественное улучшение, например, люминесцентную лампу. Нужно усовершенствовать устаревающую, но всё еще выгодную лампу накаливания. Поскольку эта техническая система - на стадии широкого применения, то даже незначительное усовершенствование может дать значительный экономический эффект.

Миллионную экономию дала, например, замена пайки выводов лампы накаливания точечной сваркой, предложенная украинским Институтом электросварки имени Е.О.Патона. Капля олова, сохраняемая при изготовлении каждой лампы, при огромном выпуске ламп в стране превращается в тонны металла.

Вернемся к лампе накаливания. Она излучает свет во все стороны практически равномерно. Немалая его часть попадает в область цоколя, где приводит к перегреву лампы. Как устранить перегрев? Прежде, чем обращаться к таблице применения физэффектов, необходимо рассмотреть вепольную модель технической системы. Она сразу покажет причину перегрева лампы. В данном случае их две: прямой нагрев от лампы (световой) и нагрев из-за теплообмена между корпусом лампы ж газом-наполнителем. Для устранения перегрева необходимо разорвать одну из связей в веполе.

Так, уже выпускаются лампы накаливания с небольшим рефлектором из полированного алюминия, расположенного возле цоколя. Рефлектор охраняет цоколь ламам от перегрева - и направляет в нужном направлении часть светового потока, которая раньше тратилась зря.

Эта система, однако, не спасает корпус лампы от перегрева газом-наполнителем. Причина - в неудачной форме корпуса лампы. Близкий к сфере, он обладает практически минимальной поверхностью при заданном объеме. Поэтому здесь хорошо срабатывает «геометрический эффект»: увеличение площади поверхности тела при заданном объеме. Такие лампы - с корпусом необычной формы уже выпускаются и срок службы у них (при прочих равных параметрах) на много больше, чем у других ламп.

**Задача 3.9.** Для лучшего сгорания нефтепродуктов, например, в двигателях внутреннего сгорания, в топливо добавляют... воду. Почему при этом работа двигателя улучшается?

**Решение.** Если показатель технической системы улучшился - значит сработал один из принципов вепольных преобразований, возможно - в сочетании с физическим эффектом. Что происходит с водой, когда она попадает в камеру сгорания? Осуществляется фазовый переход - вода вскипает. Поскольку вода равномерно распределена в топливе - топливо превращается в пену. Происходит явление, подсказанное таблицей Б для пены: интенсификация процесса в жидкой среде. Сгорание (окисление) топлива происходит только по поверхности его контакта с воздухом. Пена многократно увеличивает эту поверхность, увеличивая скорость и полноту сгорания топлива. За счет этого уменьшается также токсичность продуктов сгорания.

Метод пригоден не только для использования в двигателях внутреннего сгорания. Английская фирма «Эссо», например, повышает таким образом коэффициент полезного действия доменных печей, применяя для их разогрева нефте-водяную эмульсию.

**Задача 3.10.** Шведская фирма «Уддехолм» разработала новую систему выплавки нержавеющей стали: плавление вначале производят в электропечи, а затем расплавленный металл направляют в очистной резервуар, куда подается смесь кислорода и водяного пара. Объясните, почему (по каким физическим причинам) такой метод выгоднее традиционных?

**Решение.** Не нужно быть специалистом в области металлургии, чтобы знать: выплавка стали производится для удаления из нее примесей. Выгодность, эффективность того или иного металлургического процесса во многом определяется именно скоростью и качеством процесса удаления примесей. Теперь

посмотрим как ведет себя водяной пар во время этого процесса. От высокой температуры вода разлагается на кислород и водород. Функции кислорода обычны и потому вполне ясны: он окисляет примеси, переводит их в шлак. Здесь есть и недостаток - избыток кислорода окисляет также легирующие добавки (например, хром). Поэтому при выплавке стали растворенную в ней окись углерода обычно разбавляют инертными газами (аргоном), имеющими немалую стоимость. Рассмотрев вепольную модель процесса, логично предположить, что техническая система, развиваясь, становится всё более идеальной: ограничивается число используемых веществ и полей, зато расширяются функции имеющихся компонент. Водяной пар уже выполняет одну полезную функцию: поставляет окислитель. Проверим, может ли он поставляет также и разбавитель для окиси углерода? Достаточно обратиться к обыкновенному химическому справочнику, чтобы установить: водород в данном случае вполне может заменить аргон. Таким образом, водяной пар выполняет одновременно две полезные функции, значительно упрощая вепольную схему процесса, приближая техническую систему к идеальной.

В данное пособие не вошли таблицы использования химических, геометрических и некоторых других эффектов, разработанные специалистами по ТРИЗ. Они построены по принципу таблицы использования физических эффектов и явлений и в последнее время широко применяются при решении технических изобретательских задач. Данная и некоторые другие задачи иллюстрируют работу этих эффектов.

**Задача 3.11.** Пучок релятивистских (разогнанных до околосветовой скорости) электронов представляет собой чрезвычайно мощный электрический ток. При этом даже возникает явление самофокусировки пучка. Как можно использовать возможность получения таких электронных пучков?

**Решение.** Имеется физический эффект: самофокусировка мощного релятивистского электронного пучка. Электроны в нем практически не рассеиваются, т.е. коэффициент передачи очень близок к единице. До сих пор такое свойство было обнаружено только у мощного оптического пучка (получаемого с помощью лазера). Построим вепольную модель происходящего явления. Здесь сразу возникает полезная трудность: считать электроны веществом или полем? В данном случае допустимо (хотя с точки зрения физики и не совсем точно) признать электроны веществом, транспортирующим электрическое поле. Такое представление

(хорошо согласующееся с вепольной моделью) позволяет сделать прогноз на использование мощного электронного пучка: это перспективное средство для передачи электрического поля на расстояние фактически без потерь.

В связи с решением этой задачи возникает ряд дополнительных проблем, в частности, - серийное создание ускорителей электронов и, в особенности, приемников-накопителей. Последнюю проблему интересно рассмотреть в качестве отдельной задачи. Полезно так же рассмотреть надсистему процесса с точки зрения ТРИЗ.

Эта задача неоднократно использовалась в качестве учебной - и практически всегда после построения вепольной модели следовало обоснованное предложение: использовать пучок для передачи на расстояние электрического поля. Во многих случаях предложение сопровождалось постановкой и разбором задачи на создание приемника электронов. Реальная разработка способа передачи электроэнергии с помощью пучка ускоренных электронов появилась позже. И, таким образом, вчерашнее качественное, прикидочное решение стало обычным контрольным ответом на задачу.

**Задача 3.12.** Электрохимические люминесцентные элементы очень удобны в самых разнообразных случаях, однако у них есть существенный недостаток: их действие непрерывно. На каких физических принципах можно построить техническую систему, содержащую люминесцентный элемент прерывистого действия.

**Решение.** Аналогичная задача рассматривалась в разделе 2 «Вепольный анализ». Там решение было получено с помощью построения простой вепольной модели. В данном случае нужно использовать эту модель (или построить ее самостоятельно) и таблицу А. Раздел 23 (изменение объемных свойств объекта) рекомендует целый ряд физических эффектов, с помощью которых можно получить прерывистость в стационарной, как правило, реакции.

Такие же принципы использованы, например, в разработках исследовательского центра фирмы «Баттель» (Женева, Швейцария). Предложен, в частности, элемент, в котором флюоресцирующий состав разлагается электролизным путем, при этом на аноде и катоде элемента образуются положительные и отрицательные ионы состава. При взаимодействии последних в растворе происходит восстановительная реакция с

высвобождением энергии, причем энергия испускается в виде люминесцентного излучения. Восстановленные молекулы вновь попадают на электроды и распадаются при электролизе.

Интересен случай использования для создания свечения кавитации. Таблица А подсказывает, что с помощью этого явления можно регулировать течение химических реакций, а в идеале - получать световое излучение. Недавно этот легко предсказуемый эффект - свечение схлопывающихся кавитационных пузырьков - был обнаружен экспериментально...

**Задача 3.13.** Замечено, что электризация облака происходит при одновременном возрастании в нем трех компонент: ледяных крупинки, переохлажденных водяных капель и кристалликов льда. На основе этих данных и таблиц применения физических эффектов предложите способ борьбы с грозowymi облаками.

**Решение.** Есть вредный веполь: кристаллики льда, трущиеся о капельки переохлажденной воды. При этом возникает электризация и - нарастание электрического потенциала грозового облака. Мелкие ледяные крупинки и переохлажденная вода также образуют вредный веполь... Следовательно, разрушать нужно сразу две вепольные системы. Поскольку они обе содержат одинаковый компонент - переохлажденную воду - **закон стремления к идеальности** требует начинать именно с этого компонента-вещества. Требуется видоизменить его таким образом, чтобы веполь разрушился (чтобы прекратилась электризация/). Таблица А подсказывает для данного случая использование фазовых переходов.

Переохлажденная вода легко превращается в крупинки льда под действием некоторой добавки (например, кристалликов иодистого серебра). Отсутствие жидкой воды нарушает процесс электризации (данные журнала «Сайенс Ньюс», том 102, № 20). Здесь, однако, возникает еще одна, чисто исследовательская задача: почему капли переохлажденной воды замерзают (осуществляется фазовый переход когда инициатором кристаллизации становится йодистое серебро, и не замерзают (фазового перехода нет) в присутствии естественных инициаторов кристаллизации воды - кристалликов льда?

**Задача 3.14.** Для закручивания гаек с необходимым усилием часто используются калибровочные ключи. Однако калибровочная шкала может случайно деформироваться и тогда ошибка при работе неизбежна. Как быть?

**Решение.** Контрольный ответ (рекомендуемый английским журналом «Файненшл Таймс» № 25967) является простым развитием существующей вепольной модели: поскольку калибровочный ключ может оказаться ненадежным, калибровочной должна быть также и гайка (т.е. согласовывается структура веществ, входящих в веполь). Однако при таком способе (нанесение калибровочных рисок на гайку) физические эффекты не работают, следовательно - не рассматриваются потенциально более качественные решения.

Поэтому следует обратиться к таблице А (раздел 22 - контроль состояния и свойств в объеме). Из рекомендованных в разделе физических эффектов следует отобрать те, которые обеспечивают наибольшую точность - при введении минимального количества новых веществ и полей. В предыдущих задачах рассматриваюсь, например, использование поляризованного света. Однако можно успешно использовать также другие эффекты: магнитоупругий, магнитооптический... Причем, физические эффекты желательно использовать не только для контроля, но и для регулирования свойств объекта.

Так, в рассматриваемой задаче магнитоупругий эффект, например, должен служить своеобразным предохранителем от перенагрузки гайки. Закручивание должно само прекращаться, как только усилие нагрузки достигнет критической величины. Понятно, что для этого в ключе (инструмент) должна быть некоторая магнитная связь, прерывающаяся (из-за срабатывания магнитоупругого эффекта) при достижении критического усилия.

**Задача 3.15.** Одна из главных причин автомобильных аварий в ночное время - ослепление водителей фарами встречных машин. Предложите эффективный способ защиты от этого вредного фактора.

**Решение.** Задача долгое время относилась к числу неразрешимых в силу, как ни странно, своей повсеместности. Подавляющее большинство технических решений этой проблемы (были и нетехнические) сводились к переходу в надсистему: автоматическое уменьшение света собственных фар при появлении встречного автомобиля, менее яркий свет левой фары по сравнению с правой... Такие предложения были бы вполне удовлетворительны, если бы появились в начале разработки системы «автомобиль». Однако сейчас, когда повсеместно распространены машины самых разных марок и систем,

практически невозможно рассчитывать на быстрое и полное оснащение новой системой включения фар всех автомобилей. А ведь подобное предложение практически полезно только в том случае, когда нет ни одной машины, работающей в другом режиме.

Вторая причина неудачи - несоблюдение законов развития технических систем: при переводе системы на более высокий уровень не был осуществлен одновременный перевод инструмента на микроуровень.

Решение задачи по ТРИЗ требует ужесточения условий: трудную задачу легче решать, в ней четче выявляется противоречие в системе. Подробнее о формулировании и преодолении противоречий в системах будет рассказано в **разделе 5 «АРИЗ»**, а пока сформулируем задачу в усложненном виде: требуется защитить водителя автомобиля от ослепления излишне ярким источником света. Вепольный анализ в данном случае требует разрушить вредный веполь, прервать поток энергии от некоторого источника на пути к глазу водителя. Здесь одновременно могут дать эффект сразу несколько разделов таблицы А (разберитесь – какие). Практически во всех случаях в качестве вещества-инструмента выступает лобовое стекло автомобиля. Оно может, например, менять свою прозрачность под действием наружного света. Хорошие результаты дает применение ультрафиолетовой лампы, освещающей лобовое стекло: создается надежный световой барьер против наружного света.

### **3.3. Задачи для самостоятельного решения.**

**Задача 3.16.** При поражениях самолета молнией часто наблюдается «двойной удар» - практически одновременный прямой (облако-земля) и обратный разряды. Почему так происходит и как использовать это явление?

**Задача 3.17.** Атомы гелия-3 отличаются от атомов обычного гелия-4 отсутствием в ядре одного нейтрона. В результате этого при низкой (2,7 миллиградуса Кельвина) температуре гелий-3 переходит в фазовое состояние со странными термодинамическими и магнитными свойствами, которые отсутствуют у гелия-4. С другой стороны, в гелий-3 не наблюдается сверхпроводимости и сверхтекучести...

Проанализируйте ситуацию и предложите ее возможные применения.

**Задача 3.18.** Условия радиоприема в дневное и ночное время резко отличаются. Чем это можно объяснить? Как использовать это отличие в других областях?

**Задача 3.19.** Предложен водопаровой ракетный ускоритель. При вспышке смеси в камере сгорания образуется волна давления, а за ней - волна разрежения, которая всасывает с камеру новую порцию холодного воздуха ж топлива. Зажигание (кроме первого) происходит от соприкосновения смеси с горячими газами. Почему этот ускоритель (эффективный и дешевый) нельзя использовать как основной двигатель?

**Задача 3.20.** Акустические и электромагнитные способы связи не всегда работают в экстремальных условиях. Предложите и обоснуйте новые способы связи.

**Задача 3.21.** Иногда возникает необходимость размагнитить образец материала. Для этого образец помещают в поле, компенсирующее магнитное поле Земли и постепенно размагничивали. Замечено, однако, что при вращении образца во время процесса возникают паразитные магнитные моменты... Необходимо обратить вред в пользу.

**Задача 3.22.** Смеси фтористых соединений металлов аккумулируют в 2-3 раза больше тепла, чем другие материалы и в 30 раз больше энергии, чем обычные аккумуляторы. В чем (с физической точки зрения) сложность применения таких эффективных соединений? Как ее можно устранить?

**Задача 3.23.** Клинические исследования показывают, что склеротические поражения стенок сосудов возникает в местах турбулентности потока крови (и наоборот - наличие турбулентности почти всегда свидетельствует о болезни сосудов). Предложите способ профилактики и лечения атеросклероза, основанный на этом явлении.

**Задача 3.24.** Для электросистем космических кораблей многократного использования сложной проблемой является изготовление легких трансформаторов. Жидкое масло, которое в них используется, плохо переносит перегрев, возникающий при спуске, нередко портится при перегрузках. Как быть?

**Задача 3.25.** Для освещения внутренних помещений нефтехранилищ применяется химический светильник: эластичная пластмассовая трубка, заполненная некоторым реагентом, а внутри трубки - стеклянная ампула. При легком изгибании трубки ампула разламывается, внутрь трубки поступает новый химический компонент, что вызывает реакцию, сопровождающуюся испусканием желто-зеленого света. Светильник работает около трех часов, но нужен он иногда всего час в день. Предложите способ «включать» и «выключать» такой светильник.

### 3.4. Указания к решению задач.

Одно из правил вепольного анализа помогает определить конкретный физический эффект, необходимый для дальнейшего развития технической системы. Иногда применение этого правила дает неожиданные результаты: требуется эффект, которого нет ни в указателе, ни в специальной литературе. Нет, например, кавитационно-магнитного эффекта, а его применение напрашивалось при решении одной из учебных задач. Что делать в таких случаях? Прежде всего - применить другой эффект (или комбинацию эффектов) в соответствии с таблицами. С другой стороны - необходимо проверить полученный эффект на соответствие законам природы (теоретически и экспериментально). Если же такой возможности нет - остается только запомнить для себя необычное сочетание, оно вполне может пригодиться в дальнейшем. Не следует считать, что поскольку такая комбинация является сочетанием хорошо известных компонентов, то в ней не может быть ничего нового. Достаточно вспомнить сравнительно недавно вошедший в науку магнито-гидро-динамический эффект.

Иногда анализ по ТРИЗ некоторой физической ситуации (часто такой анализ проводят стихийно и называют «свежим, непредвзятым взглядом») приводит к выявлению совершенно неожиданных следствий. Так, существует мнение, что объект, движущийся со скоростью, близкой к скорости света, неподвижный наблюдатель будет видеть сжатым по направлению своего движения. Только через 50 лет после опубликования специальной теории относительности было обнаружено, что, хотя сжатие объекта имеет место, - наблюдатель увидит его неискаженным, но повернутым на некоторый угол («Физикал Ревю», том 116). До сих пор считается, что скорость объекта может неограниченно приближаться к скорости света, однако,

поскольку масса его постоянно возрастает, рано или поздно наступает момент, когда неподвижный наблюдатель обнаружит, что плотность объекта стала равной плотности коллапсара соответствующей массы. Дальнейшее увеличение скорости по современным физическим представлениям невозможно. Эти результаты прямо получаются из анализа соответствующих ситуаций с помощью ТРИЗ. Однако следует предостеречь от чрезмерно оптимистического, некритического применения аппарата ТРИЗ в областях, не относящихся непосредственно к технике (например, в искусстве). Там действуют другие специфические законы.

### **Дополнительные указания к задачам.**

**Задача 3.16.** Удар молнии в самолет - явление далеко не редкое и очень опасное. Поставленная в таком виде задача невольно смещает внимание на устранение последствий электрического разряда или на его устранение, вообще. Однако вопрос поставлен по-другому: как использовать... Рассмотрим вепольную модель удара молнии. В ней имеется очень мощное электрическое поле и носители заряда: электроны и ионы. Поскольку их заряды противоположны по знаку, то в электрическом поле электроны и ионы движутся в противоположных направлениях. Во время грозового разряда происходит ионизация воздуха и возникает два потока частиц (электронов и ионов), движущихся по одному каналу в противоположных направлениях. Естественно, разряд в ионизированном газе возникает не только во время грозы. Определите (по **таблицам А и Б**) области его применения и проверьте, что приносит туда двойной разряд.

**Задача 3.17.** Нет необходимости вдаваться (в данном случае) в физические тонкости явления. Достаточно знать, что свойства гелия-3 отличаются от свойств гелия-4, а сам гелий-3 отличается от гелия-4 отсутствием в ядре одного нейтрона. Задача типична для вепольного анализа и физический эффект, необходимый для ее решения легко находится по таблицам. Следует только воспользоваться переходом инструмента на микро-уровень...

Развитые технические системы должны обладать изменяемыми (управляемыми) свойствами. Можно ли управлять свойствами гелия? Для этого нужно научиться превращать гелий-3 в гелий-4 и обратно. Сделать это можно, вводя или удаляя из ядра элемента один нейтрон. Такая операция при существующем уровне техники трудна, но уже осуществима. Это может дать самые неожиданные результаты. Допустим (такие эксперименты пока не

проводились), что охлаждать гелий-3 проще или энергетически выгоднее, чем гелий-4. Тогда, охладив гелий-3 до температуры ниже 4°К и превратив его в гелий-4, можно будет несколько проще, чем сейчас, получать сверхпроводящие материалы.

**Задача 3.18.** Если отличие состоит только во времени суток - значит на условия радиоприема влияет (прямо или косвенно) наличие солнечного излучения. С другой стороны (исходя из простых физических соображений) условия радиоприема определяются наличием радиопрозрачных и радиоотражающих зон в атмосфере. Следовательно, излучение некоторым образом изменяет объемные свойства вещества (смотрите соответствующие разделы **таблиц А и Б**).

Экспериментально установлено, что ионы металлов рекомбинируют в атмосфере очень медленно (примерно в 100 тысяч раз медленнее, чем ионы других элементов), поэтому ночью они под действием магнитных токов и полей верхних слоев атмосферы опускаются вниз, создавая своеобразное электромагнитное «зеркало». Над магнитным экватором слой ионов имеет толщину около 6 километров и скорость опускания 1 метр в секунду. Рекомбинация ионов металлов заканчивается примерно через 6-7 часов после захода Солнца (журнал «Нью Сайентист», том 58, № 841).

**Задача 3.19.** Специалисты конкурирующих фирм насчитали у этого двигателя много недостатков: длительный предварительный разогрев, малую продолжительность работы... Однако (по данным журнала «Технише Рундшау» № 9) стоимость взлета самолета «Пилатус» с помощью такого ускорителя составляет меньше одного доллара. Соответствующая цифра для ускорителя на твердом топливе - около четырех тысяч долларов. Кроме того, новый ускоритель почти не загрязняет атмосферу.

Главный же недостаток становится очевиден после построения вепольной схемы данной ТС: эффективность системы обусловлена высокой степенью отработанности ее составляющих, достигнутой «заимствованием» достижений у родственных систем. Сама же ТС «водопаровой ускоритель» излишне сложна, возможности ее развития ограничены. Однако вепольный анализ подсказывает пути совершенствования данной ТС за счет применения новых физических принципов. Спрогнозируйте эти принципы, используя таблицы применения физэффектов.

**Задача 3.20.** В Аргоннской национальной лаборатории проведен эксперимент по передаче информации на мююнах (мю-мезонах). Информация кодом Морзе была передана на расстояние 135 метров, причем мююннй поток прошел сквозь бетонную стену и фургон с радиоэлектронной аппаратурой. Предполагается, что такая система связи будет уверенно функционировать на расстоянии до 800 километров.

Новизна этого вида связи - в применении поля, до сих пор не используемого в этих целях и не подверженного обычным помехам. Ранее исследовалась возможность применения для получения нового вида связи нейтронного излучения. Однако нейтроны сильно тормозятся и поглощаются средой с высоким содержанием водорода, поэтому радиус действия такой связи весьма ограничен.

Обычно при разборе этой задачи рисуют простую вепольную схему и рассматривают раздел 16 (передача энергии) таблицы А. В то же время без внимания оставляют весьма перспективный раздел 22 (изменение объемных свойств объекта), другие разделы, связанные с изменением свойств - эти изменения можно использовать в качестве индикатора информации,

**Задача 3.21.** Используя некоторый физический эффект, натолкнулись на его побочное действие (новый эффект). Простейший путь - использовать его по прямому назначению: применить эффект там, где необходимо получать намагниченность в материалах. Исследования, проведенные в Ливерпульском университете, показали, что при таком способе намагничивания (в компенсирующем поле о вращением) величина намагничивания на два порядка превышает обычный безгистерезисный способ.

Таблицы применения физэффектов предсказывают также «обратное» действие - измерение вращения по остаточному намагничиванию. Эффект позволяет также контролировать степень компенсации геомагнитного поля.

**Задача 3.22.** Правильно проведенный анализ заданной ситуации покажет, что фтористые соединения металлов - весьма перспективный аккумуляторный материал. Эти соединения выдерживают в твердом состоянии температуру не ниже 630°C (некоторые - более 800°C), химически стойки.

Исследования, проведенные фирмой «Филипс» (Эйндховен, Голландия), не выявили отрицательных результатов при использовании таких аккумуляторов. Теоретический анализ также показывает только положительные результаты. Если же при решении задачи всё-таки обнаружилось существенные недостатки – значит сделано открытие... Или неверно проведен анализ.

**Задача 3.23.** В местах турбулентности потока крови происходит не только поражение стенок сосудов, но и травмирование кровяных телец. Следовательно, от турбулентности нужно избавляться. Проблема, несмотря на медицинское «оформление» чисто техническая, изобретательская. Ее можно хорошо решить, применив правило разрушения вредных веполей. Хорошо срабатывает и раздел 7 (управление движением жидкости ж газа) таблицы А. Он, в частности, рекомендует использовать эффект Томса: при добавлении в поток (турбулентный) длинноцепочных полимеров трение между потоком и стенками трубы, сосуда и т.п. резко снижается. Обусловлено это возникновением на границе «поток-стенка» слоя видоизмененного потока - молекулярного раствора. Эффект уже научились использовать пожарные: полимерные добавки позволяют в несколько раз увеличить дальность струи воды или пены не изменяя мощность гидронапора.

Принципиальный ответ на задачу ясен: нужно вводить длинноцепочный полимер в кровь. Однако, при этом возникают дополнительные задачи...

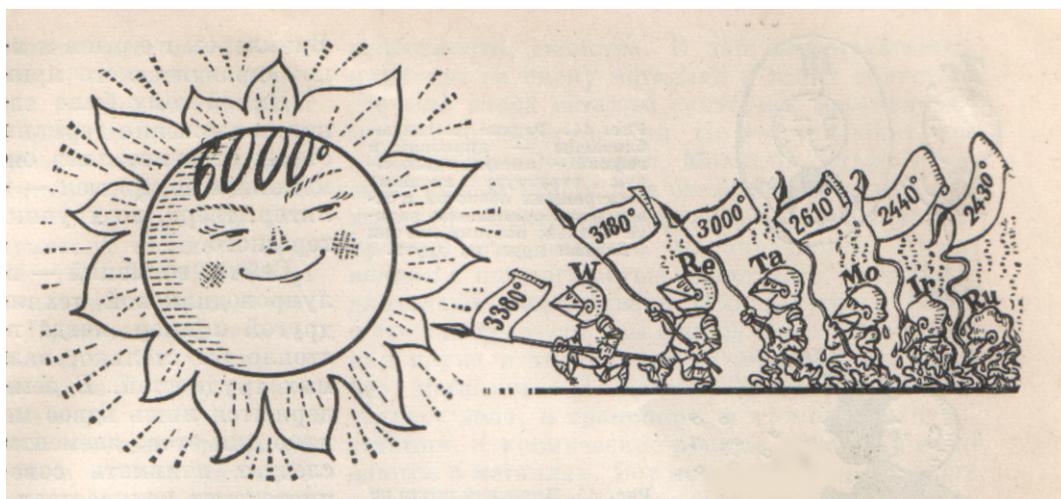
**Задача 3.24.** Компания «Ферранти» разработала легкие трансформаторы для самолетных и космических электросистем, в которых вместо масла используется специальная пластмасса. Эти трансформаторы выдерживают большие перегрузки и перегрев без разложения заполнителя (достаточно сказать, что новые трансформаторы на протяжении двух часов выдерживают четырехкратную перегрузку).

Однако при решении задачи с помощью таблицы физических эффектов и вепольного анализа должны были появиться и лучшие идеи. Например, таблица А подсказывает применение наполнителя с переменным агрегатным состоянием. Не исключено, что в процессе решения появится «новый принцип» трансформации, основанный, скажем, на пьезоэлектрическом, магнитоупругом или другом эффекте.

Постоянно решая технические изобретательские задачи, следует регулярно повторять основные разделы физики, знакомиться с литературой, в которой даются описания и применения физэффектов. Таблицы, приведенные в этой главе, могут служить только первым шагом для более подробного знакомства.

**Задача 3.25.** Решение, приведенное в одной из ранее разобранных задач, в данном случае не годится: конструкция светильника уже задана, менять ее нельзя. И всё же есть возможность получить требуемое в условии действие.

Дан неуправляемый веполь. Нужно ввести некоторое внешнее воздействие, позволяющее «включать» и «выключать» химическую реакцию. Традиционный способ «выключения» - охлаждение. Однако, изменение температуры - слишком инерционный процесс. Поэтому в данном случае полезно воспользоваться комплексом эффектов: держать светильники охлажденными, а в нужный момент инициировать химическую реакцию, но не тепловым полем, а одним из способов раздела 30 таблицы А. Обратите внимание уже на первый эффект - ультразвук. Его можно создать с помощью обычного свистка...



## **Раздел 4. Стандарты**

### **4.1. Теоретическая часть.**

Стандарты на решение изобретательских задач - это правила синтеза и преобразования технических систем, непосредственно вытекающие из законов развития технических систем и вепольного анализа.

Каждый стандарт имеет свою, обусловленную в тексте, область применения и, как правило, выводит на сильное техническое решение. По своему содержанию стандарты – комплекс вепольных моделей, физических эффектов и приемов преодоления технических противоречий. К моменту подготовки этого учебника на практике использовалось 76 стандартов на решение изобретательских задач. Продолжается работа по пополнению этого фонда.

Стандарты представляют собой определенную систему, что облегчает пользование ими.

Ниже приводится система из 76-ти стандартов на решение изобретательских задач - в сокращенном виде, достаточном для начального обучения.

### **СТАНДАРТНЫЕ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ (76 стандартов)**

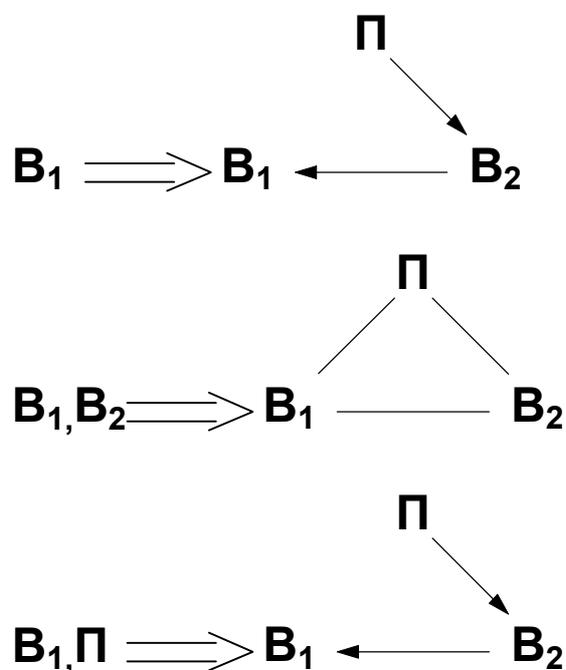
#### **Класс 1. Построение и разрушение вепольных систем**

##### **1.1. Синтез веполей**

Главная идея этого подкласса четко отражена в стандарте 1.1.1: для синтеза работоспособной технической системы необходимо — в простейшем случае перейти от невеполя к веполю, нередко построение веполя наталкивается на трудности, обусловленные различными ограничениями на введение веществ и полей. Стандарты 1.1.2 — 1.1.8 показывают типичные обходные пути в таких случаях.

### 1.1.1. Синтез веполя

Если дан объект, плохо поддающийся нужным изменениям, и условия не содержат ограничений на введение веществ и полей, задачу решают синтезом веполя, вводя недостающие элементы.



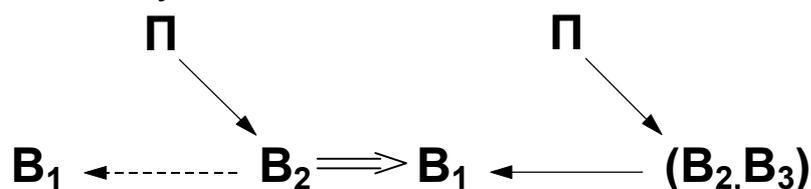
Чтобы дозированно подавать сыпучие или жидкие вещества, необходимо нанести их ровным слоем на легко удаляемый материал (например, бумагу). При подготовке такого «бутерброда» происходит переход от одного вещества к двум, а для удаления основы веполь достраивают введением поля (например, теплового или механического).

Веполи часто приходится образовывать при решении задач на выполнение операций с тонкими, хрупкими и легко деформирующимися объектами. На время выполнения этих операций объект объединяют с веществом, делающим его твердым и прочным, а затем это вещество удаляют растворением, испарением и т.д.

### 1.1.2. Переход к внутреннему комплексному веполю

Если дан веполь, плохо поддающийся нужным изменениям, и условия задачи не содержат ограничений на введение добавок в имеющиеся вещества, задачу решают переходом (постоянным или временным) к внутреннему комплексному веполю, вводя в  $V_1$  или  $V_2$  добавки, увеличивающие управляемость или придающие

веполу нужные свойства:



Здесь  $V_1$  — изделие,  $V_2$  — инструмент,  $V_3$  — добавка; скобками обозначена внутренняя комплексная связь (внешняя комплексная связь обозначается без скобок).

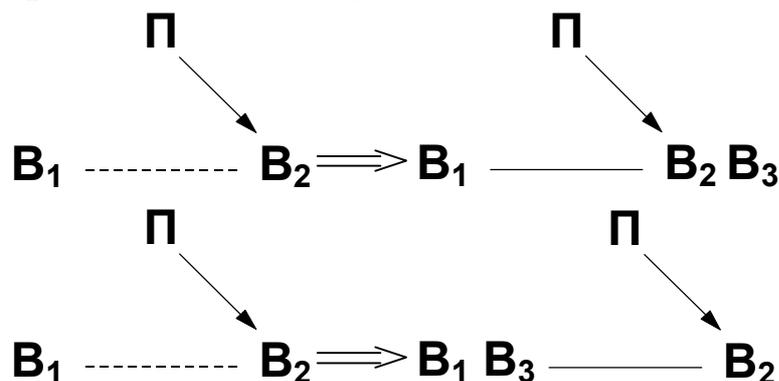
### Пояснения.

Нередко по условиям задачи даются два вещества, причем оба они плохо взаимодействуют с полем. Веполь как бы есть (все три элемента заданы) и его как бы нет, он не «складывается». Простейшие обходные пути в этом случае состоят во введении добавок — внутренних (в одно из веществ) и наружных (на одно из веществ). Такие веполь получили название комплексных (стандарты 1.1.2 и 1.1.3).

Иногда одно и то же решение — в зависимости от постановки задачи — может быть записано и как постройка веполь и как постройка комплексного веполь.

### 1.1.3. Переход к внешнему комплексному веполь

Если дан веполь, плохо поддающийся нужным изменениям, а условия содержат ограничения на введение добавок в имеющиеся вещества  $V_1$  или  $V_2$ , задачу решают переходом (постоянным или временным) к внешнему комплексному веполь, присоединяя к  $V_1$  или  $V_2$  внешнее  $V_3$ , увеличивающее управляемость или придающее веполь нужные свойства:



#### 1.1.4. Переход к веполю на внешней среде

Если дан веполь, плохо поддающийся нужным изменениям, а условия содержат ограничения на введение в него или присоединение к нему веществ, задачу решают достройкой веполя, используя в качестве вводимого вещества имеющуюся внешнюю среду.

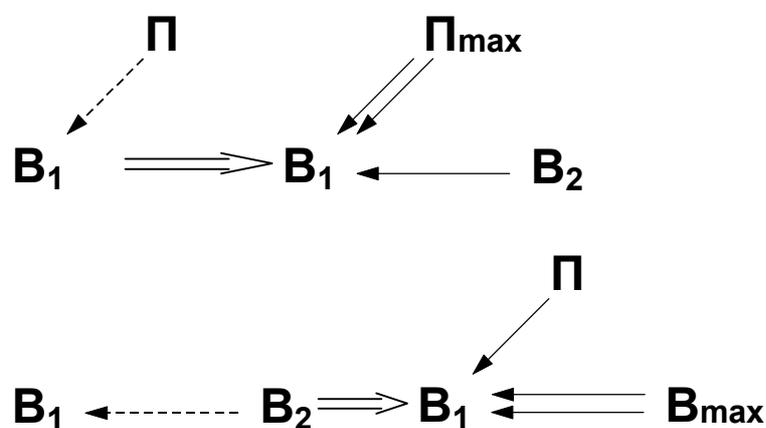
Если необходимо менять, вес движущегося тела, а это сделать нельзя, то телу надо придать форму крыла и, меняя наклон крыла к направлению движения, получить дополнительную направленную вверх или вниз силу.

#### 1.1.5. Переход к веполю на внешней среде с добавками

Если внешняя среда не содержит веществ, необходимых для построения веполя по стандарту 1.1.4, эти вещества могут быть получены заменой внешней среды, ее разложением или введением в нее добавок.

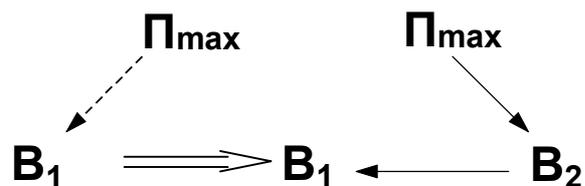
#### 1.1.6. Минимальный режим действия на вещество

Если нужен минимальный (дозированный, оптимальный) режим действия, а обеспечить его по условиям задачи трудно или невозможно, надо использовать максимальный режим, а избыток убрать. При этом избыток поля убирают веществом, а избыток вещества — полем. Избыточное действие обозначено двумя стрелками:



### 1.1.7. Максимальный режим действия на вещество

Если нужно обеспечить максимальный режим действия на вещество, а это по тем или иным причинам недопустимо, максимальное действие следует сохранить, но направить его на другое вещество, связанное с первым:



### 1.1.8. Избирательно-максимальный режим

Если нужен избирательно-максимальный режим (максимальный в определенных зонах при сохранении минимального в других), поле должно быть максимальным.

#### 1.1.8.1. Избирательно-максимальный режим: поле максимальное

В первом случае в места, где необходимо минимальное воздействие, вводят защитное вещество.

#### 1.1.8.2. Избирательно-максимальный режим: поле минимальное

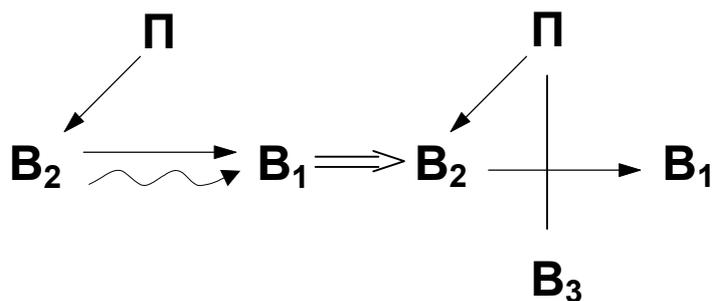
Во втором — в места, где необходимо максимальное воздействие, вводят вещество, дающее локальное поле, например, термитные составы — для теплового воздействия, взрывные составы — для механического воздействия (1.1.8.2).

## 1.2. Разрушение веполей

В подкласс 1.2 входят стандарты на разрушение веполей и устранение или нейтрализацию вредных связей в них. Наиболее сильная идея этого подкласса — мобилизация необходимых элементов за счет использования имеющихся вещественно-полевых ресурсов. Особенно важен стандарт 1.2.2, по которому функции нового вещества выполняет уже имеющееся в системе, но видоизмененное вещество.

### 1.2.1. Устранение вредной связи введением постороннего вещества

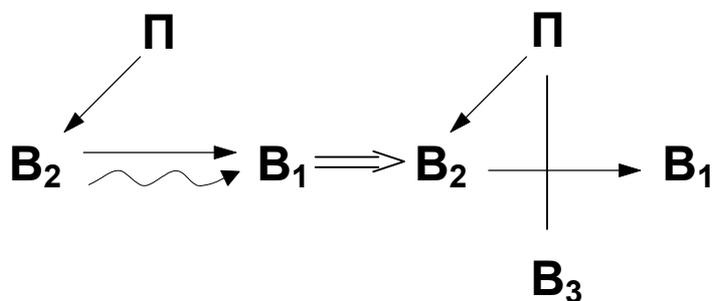
Если между двумя веществами в веполе возникают сопряженные — полезное и вредное — действия (причем непосредственное соприкосновение веществ сохранять необязательно), задачу решают введением между веществами постороннего третьего вещества, дарового или достаточно дешевого:



(Волнистой стрелкой обозначено взаимодействие, которое по условиям надо устранить.)

### 1.2.2. Устранение вредной связи видоизменением имеющихся веществ

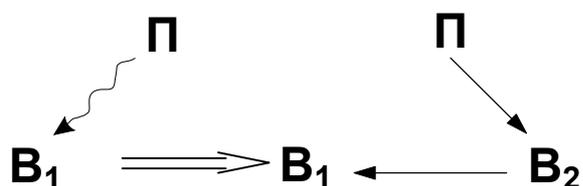
Если между двумя веществами в веполе возникают сопряженные — полезное и вредное — действия, причем непосредственное соприкосновение веществ сохранять необязательно, а использование посторонних веществ запрещено или нецелесообразно, задачу решают введением между веществами третьего, являющегося их видоизменением.



Вещество  $B_3$  может быть введено в систему извне в готовом виде или получено (действием  $\Pi_1$  или  $\Pi_2$ ) из имеющихся веществ. В частности,  $B_3$  может быть "пустотой", пузырьками, пеной и т. д.

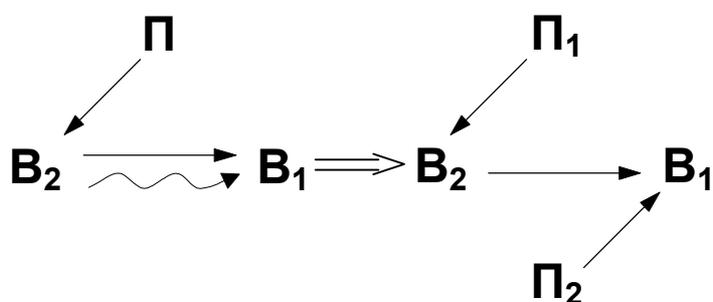
### 1.2.3. Оттягивание вредного действия поля

Если необходимо устранить вредное действие поля на вещество, задача может быть решена введением второго элемента, оттягивающего на себя вредное действие поля:



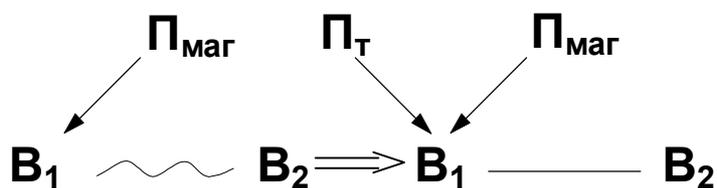
### 1.2.4. Противодействие вредным связям с помощью поля

Если между двумя веществами в веполе возникают сопряженные — полезное и вредное — действия, причем непосредственное соприкосновение веществ — в отличие от стандартов 1.2.1 и 1.2.2 — должно быть сохранено, задачу решают переходом к двойному веполу, в котором полезное действие остается за полем  $\Pi_1$ , а нейтрализацию вредного действия (или превращение вредного действия во второе полезное действие) осуществляет  $\Pi_2$ :



### 1.2.5. «Отключение» магнитных связей

Если надо разрушить веполь с магнитным полем, задача может быть решена с применением физэффектов, «отключающих» ферромагнитные свойства веществ, например, размагничиванием при ударе или при нагреве выше точки Кюри:



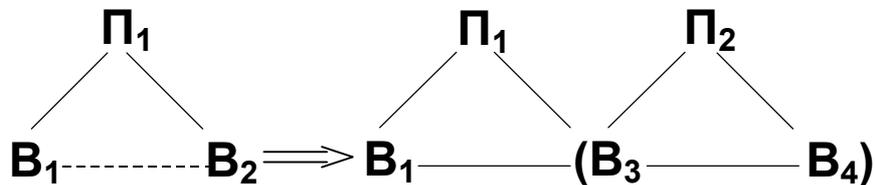
## Класс 2. Развитие вепольных систем

### 2.1. Переход к сложным вепольям

Повышение эффективности веполей может быть достигнуто прежде всего переходом от простых веполей к сложным — цепным и двойным. Усложнение здесь относительно небольшое, между тем переход обеспечивает появление новых и усиление уже имеющихся качеств, прежде всего управляемости системы.

#### 2.1.1. Переход к цепному веполю

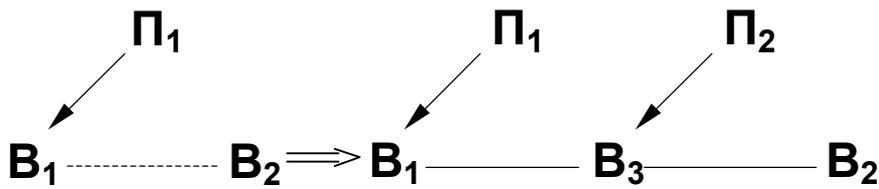
Если нужно повысить эффективность вепольной системы, задачу решают превращением одной из частей веполя в независимо управляемый веполь и образованием цепного веполя:



( $B_3$  или  $B_4$  в свою очередь может быть развернуто в веполь.)

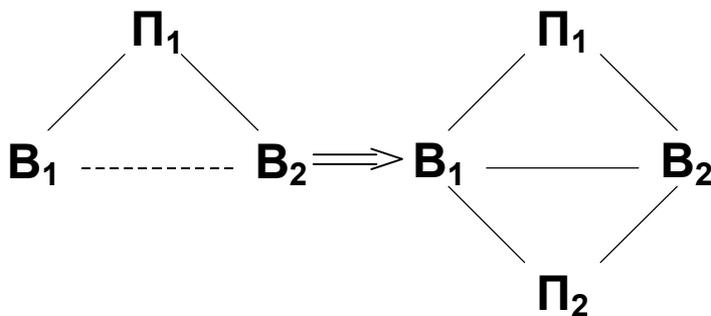
Если в технической системе имеется объект, который движется или должен двигаться под действием силы тяжести вокруг некоторой оси, и надо управлять движением этого объекта, задача решается введением в данный объект вещества, управляемо движущегося внутри объекта и вызывающего своим движением перемещение центра тяжести системы.

Цепной веполь может образовываться и при разворачивании связей в веполе. В этом случае связь  $B_1$  —  $B_2$  встраивается в звено  $P_2$  —  $B_3$ :



### 2.1.2. Переход к двойному веполю

Если дан плохо управляемый веполю и нужно повысить его эффективность, причем замена элементов этого веполя недопустима, задача решается постройкой двойного веполя путем введения второго поля, хорошо поддающегося управлению:



## 2.2. Форсирование веполей

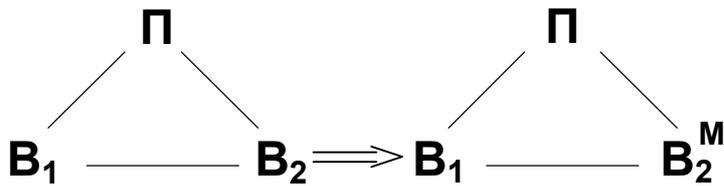
Общая идея шести стандартов, входящих в этот подкласс, заключается в увеличении эффективности веполей — простых и сложных — без введения новых полей и веществ. Достигается это форсированным использованием имеющихся вещественно-полевых ресурсов.

### 2.2.1. Переход к более управляемым полям

Если дана веполевая система, ее эффективность может быть повышена заменой неуправляемого (или плохо управляемого) рабочего поля управляемым (хорошо управляемым) полем, например, заменой гравитационного поля механическим, механического — электрическим и т.д.

### 2.2.2. Дробление инструмента

Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена путем увеличения степени дисперсности (дробления) вещества, играющего роль инструмента:



Пояснения.

1. Символом  $V^M$  обозначено вещество, состоящее из множества мелких частиц (песчинки, порошок, дробинки и т. д.).

2. Стандарт 2.2.1 отражает одну из основных закономерностей развития технических систем — тенденцию к измельчению инструмента или его части, непосредственно взаимодействующей с изделием.

### 2.2.3. Переход к капиллярно-пористому веществу

Особый случай дробления вещества — переход от сплошных веществ к капиллярно-пористым. Переход этот осуществляется по линии:

«сплошное вещество -->

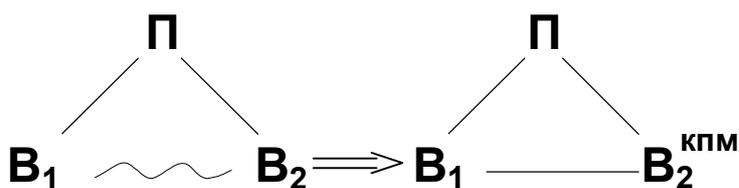
сплошное вещество с одной полостью -->

сплошное вещество со многими полостями (перфорированное вещество) -->

капиллярно-пористое вещество -->

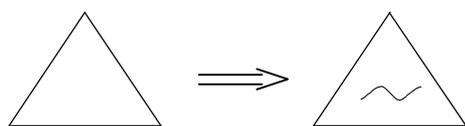
капиллярно-пористое вещество с определенной структурой (и размерами) пор».

По мере развития этой линии увеличивается возможность размещения в полостях-порах жидкого вещества и использования физических эффектов:



## 2.2.4. Динамизация веполя

Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена путем увеличения степени динамизации, то есть перехода к более гибкой, быстро меняющейся структуре системы:



Пояснения.

1. Треугольным символом с волнистой линией обозначена динамичная вепольная система, перестраивающаяся в процессе работы.

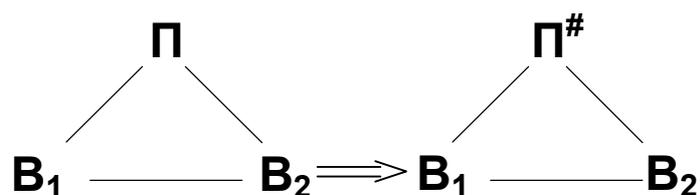
2. Динамизация  $B_2$  чаще всего начинается с разделения  $B_2$  на две шарнирно соединенные части. Далее динамизация идет по линии: один шарнир — много шарниров — гибкое  $B_2$ .

3. Динамизация  $\Pi$  в простейшем случае осуществляется переходом от постоянного действия поля (или  $\Pi$  совместно с  $B_2$ ) к импульсному действию.

Эффективная динамизация системы может быть осуществлена за счет использования фазовых переходов первого или второго рода.

## 2.2.5. Структуризация поля

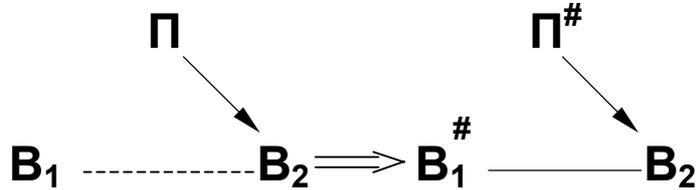
Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена переходом от полей однородных или имеющих неупорядоченную структуру к полям неоднородным или имеющим определенную пространственную структуру (постоянную или переменную):



Пояснения.

Значок # над буквой  $\Pi$  указывает, что поле имеет определенную пространственно-временную структуру.

Если веществу, входящему в веполь (или могущему войти), должна быть придана определенная пространственная структура, то процесс следует вести в поле, которое имеет структуру, соответствующую требуемой структуре вещества:

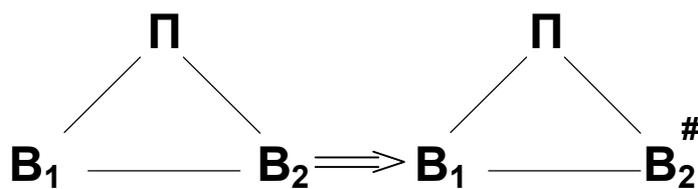


Если надо перераспределить энергию поля, например с целью концентрации, или, наоборот, создать зоны, где действие поля не проявляется, следует перейти к использованию стоячих волн.

Стандарт 2.2.5 часто используют в сочетании со стандартом 1.2.5 (отключение магнитных связей).

### 2.2.6. Структуризация вещества

Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена переходом от веществ однородных или имеющих неупорядоченную структуру к веществам неоднородным или имеющим определенную пространственную структуру (постоянную или переменную):



#### Пояснения.

Значок # над буквой В указывает, что вещество имеет определенную пространственно-временную структуру.

Если нужно получить интенсивное тепловое воздействие в определенных местах системы (точках, линиях), в эти места следует заранее ввести экзотермические вещества.

### 2.3. Форсирование согласованием ритмики

Подкласс 2.3 включает стандарты по форсированию веполей

особенно экономичными способами. Вместо введения или существенного изменения веществ и полей стандарты подкласса 2.3 предусматривают чисто количественные изменения — частот, размеров, массы. Таким образом, значительный новый эффект достигается при минимальных изменениях системы.

### **2.3.1. Согласование ритмики поля и изделия (или инструмента)**

В вепольных системах действие поля должно быть согласовано по частоте (или сознательно рассогласовано) с собственной частотой изделия (или инструмента).

### **2.3.2. Согласование ритмики используемых полей**

В сложных вепольных системах должны быть согласованы (или сознательно рассогласованы) частоты используемых полей.

### **2.3.3. Согласование несовместимых или ранее независимых действий**

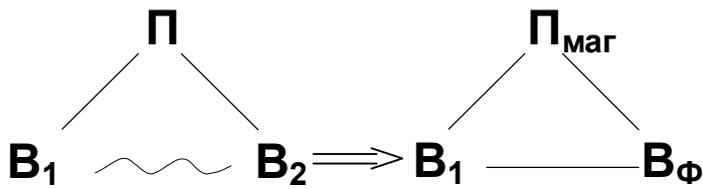
Если два действия, например, изменение и измерение, несовместимы, одно действие осуществляют в паузах другого. Помните: паузы в одном действии должны быть заполнены другим полезным действием.

## **2.4. феполи (Комплексно-форсированные веполи)**

Форсирование может идти сразу несколькими стандартными путями. Наибольшему форсированию поддаются феполи (то есть веполи с дисперсным ферровеществом и магнитным полем).

### **2.4.1. Переход к «протофеполю»**

Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена путем использования ферромагнитного вещества и магнитного поля:



Пояснения.

1. Стандарт о применении ферромагнитного вещества, не находящегося в измельченном состоянии. Речь идет о «протофеполях», «полуфеполях» — структуре на пути к феполям.
2. Стандарт применим не только к простым веполям, но и к комплексным, а также к веполям, включающим внешнюю среду.

#### 2.4.2. Переход к феполю

Чтобы повысить эффективность управления системой, необходимо перейти от веполя или «протофеполя» к феполю, заменив одно из веществ феррочастицами (или добавив феррочастицы) — стружку, гранулы, зерна и т. д. — и используя магнитное или электромагнитное поле.

Эффективность управления повышается с увеличением степени дробления феррочастиц, поэтому развитие феполей идет по линии:

гранулы —  
порошок —

мелкодисперсные феррочастицы.

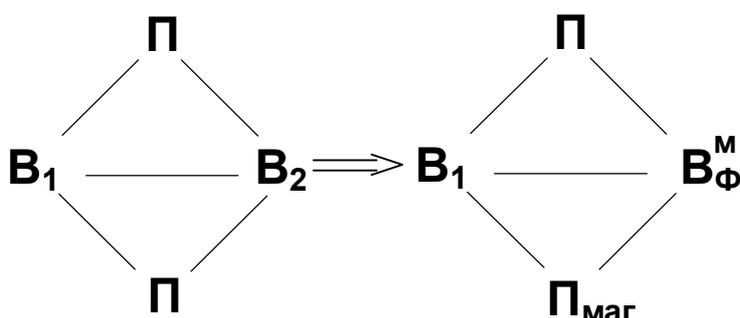
Эффективность повышается также с увеличением степени дробления вещества,

в которое введены феррочастицы. Развитие здесь идет по линии:

«твердое вещество —

зерна —  
порошок —

жидкость»:



Пояснения.

1. Переход к феполям можно рассматривать как совместное применение двух стандартов — 2.4.1 (введение ферровещества и магнитного поля) и 2.2.1 (дробление вещества).

2. Превратившись в феполь, вепольная система повторяет цикл развития веполей — но на новом уровне, так как феполи отличаются высокой управляемостью и эффективностью. Все стандарты, входящие в группу 2.4, можно считать своего рода «изотопами» нормального ряда стандартов (группы 2.1-2.3). Выделение «фепольной линии» в отдельную группу 2.4 оправдано (во всяком случае на этом этапе развития системы стандартов) исключительным практическим значением феполей. Кроме того, «фепольный ряд» удобен как тонкий исследовательский инструмент для изучения более грубого «вепольного ряда» и прогнозирования его развития.

### **2.4.3. Использование магнитной жидкости**

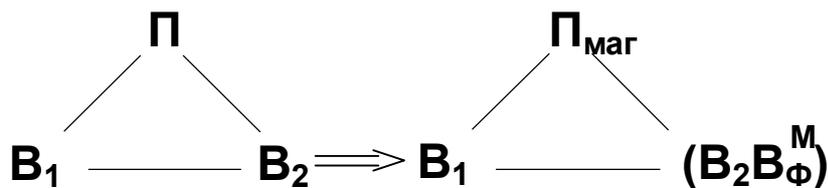
Эффективность феполей может быть повышена путем перехода к использованию магнитных жидкостей — коллоидных феррочастиц, взвешенных в керосине, силиконе или воде. Стандарт 2.4.3 можно рассматривать как предельный случай развития по стандарту 2.4.2.

### **2.4.4. Использование капиллярно-пористой структуры феполя**

Эффективность феполей может быть повышена за счет использования капиллярно-пористой структуры, присущей многим фепольным системам.

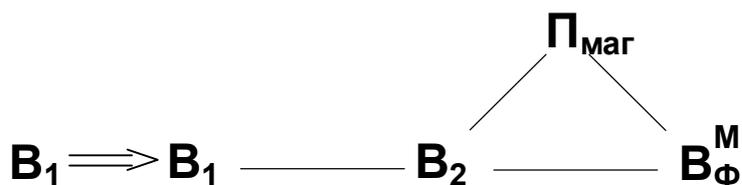
### **2.4.5. Переход к комплексному феполю**

Если нужно повысить эффективность управления системой путем перехода к феполю, а замена веществ феррочастицами недопустима, переход осуществляют построением внутреннего или внешнего комплексного феполя, вводя добавки в одно из веществ:



#### 2.4.6. Переход к феполю на внешней среде

Если нужно повысить эффективность управления системой путем перехода от веполя к феполю, а замена веществ феррочастицами (или введение добавок в вещества) недопустима, то феррочастицы следует ввести во внешнюю среду и, действуя магнитным полем, менять параметры среды, а следовательно, управлять находящейся в ней системой (стандарт 2.4.3):



Если в системе используются поплавки или одна часть системы является поплавком, то в жидкость следует ввести ферромагнитные частицы и управлять кажущейся плотностью жидкости. Управление можно также вести, пропуская сквозь жидкость ток и действуя электромагнитным полем.

В качестве внешней среды могут быть использованы также электрореологические жидкости, управляемые электрическими полями.

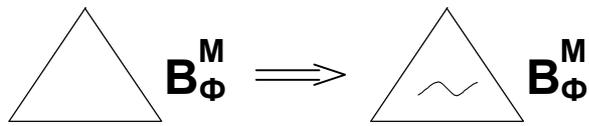
#### 2.4.7. Использование физэффектов

Если дана фепольная система, ее управляемость может быть повышена за счет использования физических эффектов.

#### 2.4.8. Динамизация феполя

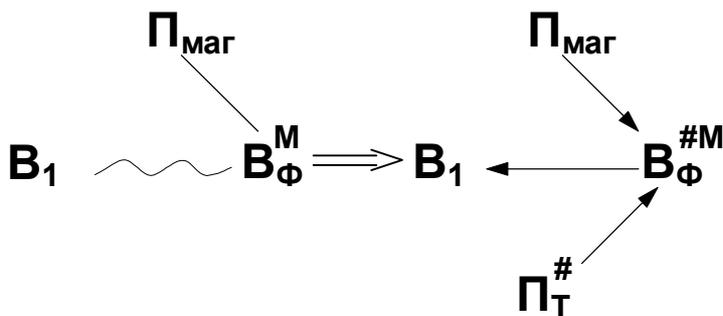
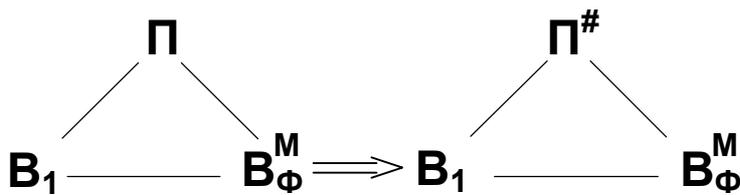
Если дана фепольная система, ее управляемость может быть

повышена путем динамизации, то есть перехода к гибкой, меняющейся структуре системы:

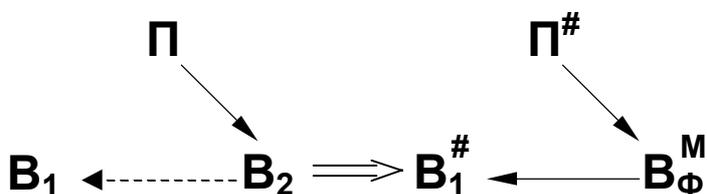


#### 2.4.9. Структуризация феполя

Если дана фепольная система, ее эффективность может быть повышена переходом от полей однородных или имеющих неупорядоченную структуру, к полям неоднородным или имеющим определенную пространственную структуру (постоянную или переменную):



Если веществу, входящему в феполь (или могущему войти в феполь), должна быть придана определенная пространственная структура, то процесс следует вести в поле, со структурой, соответствующей требуемой структуре вещества:



#### **2.4.10. Согласование ритмики в феполе**

Если дана "протофепольная" или фепольная система, ее эффективность может быть повышена согласованием ритмики входящих в систему элементов.

#### **2.4.11. Переход к эполю — веполю с взаимодействующими токами**

Если введение ферромагнетиков или намагничивание затруднены, следует воспользоваться взаимодействием внешнего электромагнитного поля с контактно подведенными или неконтактно индуцированными токами или взаимодействием этих токов между собой.

Пояснения.

1. Если феполы — системы, в которые введены ферромагнитные частицы, то эполы — системы, где вместо ферромагнитных частиц действуют (или взаимодействуют) токи.

2. Развитие эполей — как и развитие феполей — повторяет общую линию:

простые эполы —

комплексные эполы —

эполы на внешней среде —

динамизация —

структурирование —

согласование ритмики.

Материал по эполям накапливается, его анализ покажет — целесообразно ли выделить стандарты по эполям в отдельную группу.

#### **2.4.12. Использование электрореологической жидкости**

Особая форма эполей — электрореологическая суспензия (взвесь тонкого кварцевого порошка, например, в толуоле), с управляемой вязкостью. Если неприменима феррожидкость, может быть использована электрореологическая жидкость.

## **Класс 3. Переход к надсистеме и на микроуровень**

### **3.1. Переход к бисистемам и полисистемам**

Наряду с "внутрисистемным" совершенствованием (линия стандартов класса 2) существует линия "внешнесистемного" развития:

на любом этапе внутреннего развития система может быть объединена с другими системами в надсистему с новыми качествами.

#### **3.1.1. Переход к бисистемам и полисистемам**

Эффективность системы — на любом этапе развития — может быть повышена системным переходом 1-а: с объединением системы с другой системой (или системами) в более сложную бисистему или полисистему.

##### **Пояснения.**

1. Для образования бисистем и полисистем в простейшем случае объединяют два или более вещества  $B_1$  или  $B_2$  (бивещественные и поливещественные веполы).

2. Приведенный выше стандарт 2.2.1 также можно рассматривать как переход к полисистемам (хотя точнее его следует считать увеличением степени полисистемности). Единство противоположностей: разделение и объединение приводят к одному и тому же — образуются бисистемы и полисистемы.

Одна из главных особенностей полисистем: при образовании полисистемы возникает внутренняя среда (или создаются условия для ее возникновения) с особыми свойствами.

Другая характерная особенность бисистем и полисистем — эффект многоступенчатости.

##### **Пояснения.**

3. Возможно образование биполевых и полиполевых, а также вепольных систем, в которых одновременно мультиплицированы поля и вещества. Иногда мультиплицируется пара (П — В) или веполь в целом.

##### **Пояснения.**

4. В предыдущих работах по стандартам переход к надсистеме

рассматривался как завершающий этап развития систем. Предполагалось, что система сначала должна исчерпать резервы развития "на своем уровне", а потом перейти к надсистеме. Однако был накоплен обширный материал, свидетельствующий о том, что этот переход может совершаться на любом этапе развития системы. При этом дальнейшее развитие идет по двум линиям: совершенствуется образовавшаяся надсистема и продолжается развитие исходной системы. Нечто подобное имеет место в химии: более сложные химические элементы образуются за счет надстройки новых электронных орбит и за счет достройки незавершенных внутренних орбит.

### **3.1.2. Развитие связей в бисистемах и полисистемах**

Повышение эффективности синтезированных бисистем и полисистем достигается, прежде всего, за счет развития связей элементов в этих системах.

Новообразованные бисистемы и полисистемы часто имеют «нулевую связь», то есть представляют собой просто «кучу» элементов. Развитие идет в направлении усиления межэлементных связей. С другой стороны, элементы в новообразованных системах иногда бывают соединены жесткими связями. В этих случаях развитие идет в направлении увеличения степени динамизации связей.

### **3.1.3. Увеличение различия между элементами бисистем и полисистем**

Эффективность бисистем и полисистем повышается при увеличении различия между элементами системы (системный переход — 1-б):

от одинаковых элементов

к элементам со сдвинутыми характеристиками,

затем — к разным элементам

и инверсным сочетаниям типа "элемент и антиэлемент".

### **3.1.4. Свертывание бисистем и полисистем**

Эффективность бисистем и полисистем повышается при их свертывании, прежде всего, за счет сокращения вспомогательных

частей, например, двустволка имеет один приклад. Полностью свернутые бисистемы и полисистемы снова становятся моносистемами, цикл может повториться на новом уровне.

### **3.1.5. Несовместимые свойства системы и ее частей**

Эффективность бисистем и полисистем может быть повышена распределением несовместимых свойств между системой и ее частями. Это системный переход 1-в:

используют двухуровневую систему, в которой вся система в целом обладает свойством С, а ее части (частицы) — свойством анти-С.

## **3.2. Переход на микроуровень**

Есть два пути перехода к принципиально новым системам: переход к надсистеме («путь вверх» — стандарты подкласса 3.1) и переход к использованию «глубинных» подсистем («путь вниз» — подкласс 3.2).

### **3.2.1. Переход на микроуровень**

Эффективность системы — на любом этапе развития — может быть повышена системным переходом 2:

с макроуровня на микроуровень, когда систему или ее часть заменяют веществом, способным при взаимодействии с полем выполнять требуемое действие.

#### **Пояснения.**

2. В предыдущих работах по стандартам предполагалось (как и при рассмотрении перехода к надсистеме — см. пояснение 4 к стандарту 3.1.1), что переход на микроуровень целесообразен при исчерпании ресурсов развития системы. По современным представлениям переход на микроуровень возможен на любом этапе развития системы.

3. Переход "макро — микро" — понятие обобщенное. Существует множество уровней "микро" (домены, молекулы, атомы и т. д.) — соответственно имеется много разных переходов на микроуровень, а также множество переходов с одного

микроуровня на другой, более низкий. По этим переходам накапливается материал, который, вероятно, приведет к появлению новых стандартов подкласса 3.2.

## **Класс 4. Стандарты на обнаружение и измерение СИСТЕМ**

### **4.1. Обходные пути**

Измерения и обнаружения в системах обслуживают главное — "измерительное" — действие. Поэтому желательно так перестроить главное действие, чтобы оно исключало необходимость (или сводило к минимуму) измерительно-обнаружительного действия. Конечно, не в ущерб точности.

#### **4.1.1. Вместо обнаружения и измерения — изменение системы**

Если дана задача на обнаружение или измерение, целесообразно так изменить систему, чтобы вообще отпала необходимость в решении этой задачи.

#### **4.1.2. Использование копий**

Если дана задача на обнаружение или измерение и при этом нельзя применить стандарт 4.1.1, то целесообразно заменить непосредственные операции над объектом операциями над его копией или снимком.

Если нужно сравнить объект с эталоном с целью выявления отличий, то задачу решают оптическим совмещением изображения объекта с эталоном, причем изображение объекта должно быть противоположно по окраске эталону или его изображению. Аналогично решают задачи на измерение, если есть эталон или его изображение.

#### **4.1.3. Последовательное обнаружение изменений**

Если дана задача на измерение и нельзя применить стандарты 4.1.1 и 4.1.2, то целесообразно перевести ее в задачу на последовательное обнаружение изменений.

### **Пояснения.**

Любое измерение производится с определенной степенью точности. Поэтому в задачах на измерение, даже если речь в них идет о непрерывном измерении, всегда можно выделить элементарный акт измерения, состоящий из двух последовательных обнаружений.

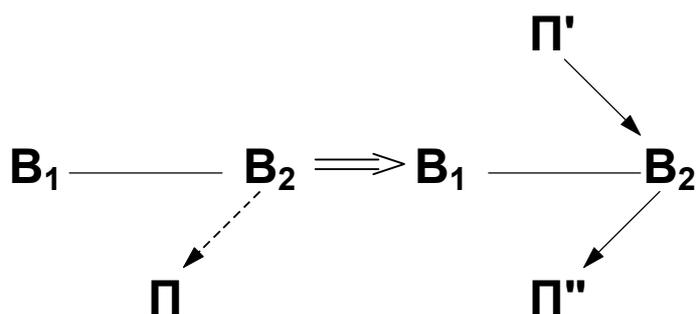
Переход от расплывчатого понятия "измерение" к четкой модели "два последовательных обнаружения" резко упрощает задачу.

## **4.2. Синтез измерительных систем**

В синтезе измерительных систем проявляется тактика, типичная для синтеза "измерительных" систем: любым путем достроить веполю, вводя недостающие вещества или поля. Отличается синтез измерительных веполей тем, что структура веполя должна обеспечить получение поля на выходе.

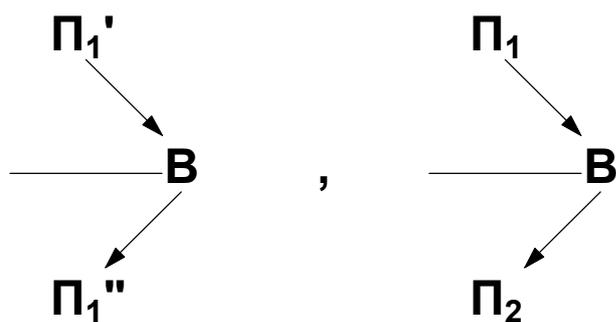
### **4.2.1. Синтез измерительного веполя**

Если невеполюсная система плохо поддается обнаружению или измерению, задачу решают, достраивая простой или двойной веполю с полем на выходе:



### **Примечание.**

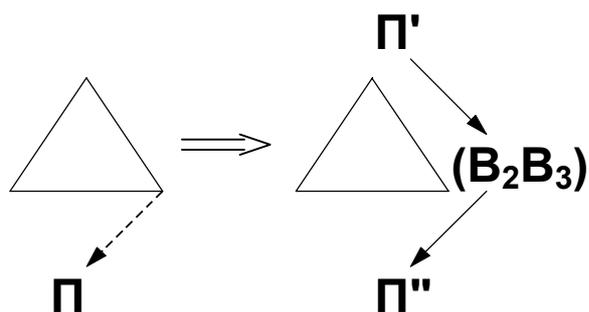
Веполюсные группы:



типичны для ответов на задачи по обнаружению и измерению.

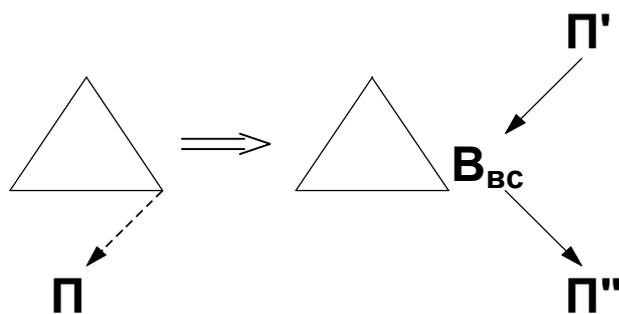
#### 4.2.2. Переход к комплексному измерительному веполю

Если система (или ее часть) плохо поддается обнаружению или измерению, задачу решают переходом к внутреннему или внешнему комплексному веполю, вводя легко обнаруживаемые добавки:



#### 4.2.3. Переход к измерительному веполю на внешней среде

Если систему трудно обнаружить или измерить в какой-то момент времени и нет возможности ввести в объект добавки, то эти добавки, создающие легко обнаруживаемое и легко измеряемое поле, следует ввести во внешнюю среду, по изменению состояния которой можно судить об изменении состояния объекта:



#### 4.2.4. Получение добавок во внешней среде

Если во внешнюю среду нельзя извне ввести добавки по стандарту 4.2.3, то эти добавки могут быть получены в самой среде, например, ее разложением или изменением агрегатного состояния.

В частности, в качестве таких добавок нередко используют газовые или паровые пузырьки, полученные электролизом, кавитацией и другими способами.

### 4.3. Форсирование измерительных веполей

Измерительные веполы могут быть форсированы применением физических эффектов и за счет согласования ритмики.

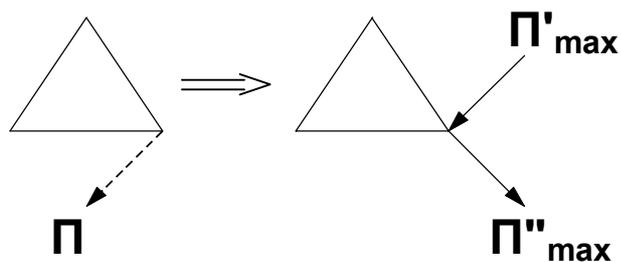
#### 4.3.1. Использование физэффектов

Если дана вепольная система, то эффективность обнаружений и измерений может быть повышена за счет использования физических эффектов.

В частности, желательно, чтобы вещества в веполе образовывали термопару, "безвозмездно" дающую сигналы о состоянии системы. "Сигнальное поле" может быть получено также за счет индукции.

### 4.3.2. Использование резонанса контролируемого объекта

Если невозможно непосредственно обнаружить или измерить происходящие в системе изменения, а также пропустить сквозь систему поле, то задачу решают возбуждением в системе резонансных колебаний (во всей системы или какой-то ее части), по изменению частоты которых можно определить происходящие в системе изменения.



### 4.3.3. Использование резонанса присоединенного объекта

Если невозможно применить стандарт 4.3.2, то о состоянии системы судят по изменению собственной частоты объекта (внешней среды), связанного с контролируемой системой.

## 4.4. Переход к фепольным измерительным системам

Измерительные веполи имеют особенно выраженную тенденцию перехода в фепольный ряд.

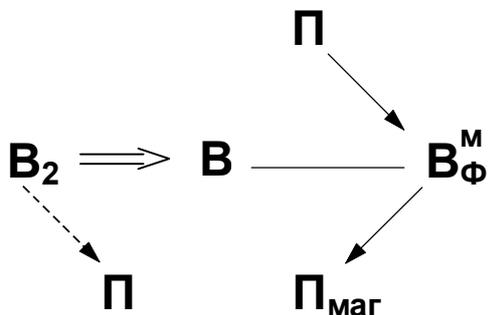
### 4.4.1. Переход к измерительному "протофеполю"

Веполи с немагнитными полями имеют тенденцию перехода в "протофеполи", то есть веполи с магнитным веществом и магнитным полем.

### 4.4.2. Переход к измерительному феполю

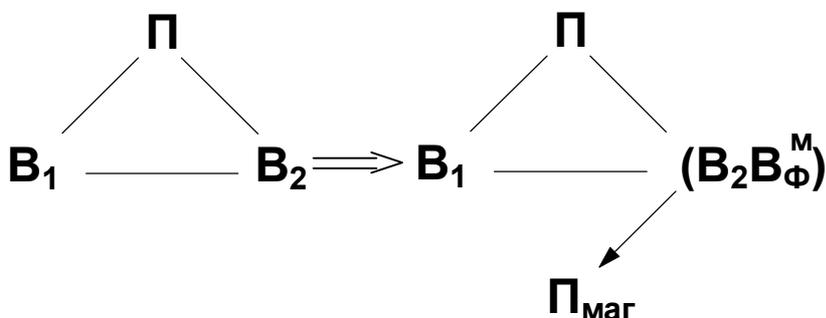
Если нужно повысить эффективность обнаружения или

измерения "протофепольными" и вепольными системами, то необходимо перейти к феполям, заменив одно из веществ ферромагнитными частицами (или добавив ферромагнитные частицы) и обнаруживая или измеряя магнитное поле:



#### 4.4.3. Переход к комплексному измерительному феполю

Если нужно повысить эффективность обнаружения или измерения системы путем перехода к феполю, а замена вещества ферромагнитными частицами недопустима, то переход к феполю осуществляют построением комплексного феполя, вводя добавки в вещество:



#### 4.4.4. Переход к измерительному феполю на внешней среде

Если нужно повысить эффективность обнаружения или измерения системы путем перехода от веполя к феполю, а введение феррочастиц недопустимо, то феррочастицы следует ввести во внешнюю среду.

#### 4.4.5. Использование физэффектов

Если нужно повысить эффективность фепольной измерительной системы, необходимо использовать физические эффекты, например, переход через точку Кюри, эффекты Гопкинса и Баркгаузена, магнитоупругий эффект и т.д.

#### **4.5. Направление развития измерительных систем**

Развитие измерительных веполей совершается обычными системными переходами, но имеет и специфические особенности.

##### **4.5.1. Переход к измерительным бисистемам и полисистемам**

Эффективность измерительной системы — на любом этапе развития — может быть повышена путем перехода к бисистеме и полисистеме.

##### **4.5.2. Переход к измерению производных**

Измерительные системы развиваются в направлении:  
измерение функции —  
измерение первой производной функции —  
измерение второй производной функции.

### **Класс 5. Стандарты на применение стандартов**

#### **5.1. Особенности введения веществ**

При постройке, перестройке и разрушении веполей часто приходится вводить новые вещества. Их введение либо связано с техническими трудностями, либо с уменьшением степени идеальности системы. Поэтому вещества надо "вводить, не вводя" и использовать различные обходные пути.

##### **5.1.1. Обходные пути**

Если нужно ввести в систему вещество, а это запрещено условиями задачи или недопустимо по условиям работы системы,

то следует использовать обходные пути:

**5.1.1.1. Вместо вещества используют "пустоту".**

**5.1.1.2. Вместо вещества вводят поле.**

**5.1.1.3. Вместо внутренней добавки используют наружную.**

**5.1.1.4. Вводят в очень малых дозах особо активную добавку.**

**5.1.1.5. Вводят в очень малых дозах обычную добавку, но располагают ее концентрированно — в отдельных частях объекта.**

**5.1.1.6. Добавку вводят на время.**

**5.1.1.7. Вместо объекта используют его копию (модель), в которую допустимо введение добавки.**

**5.1.1.8. Добавку вводят в виде химического соединения, из которого она потом выделяется.**

**5.1.1.9. Добавку получают разложением внешней среды или самого объекта, например электролизом, или изменением агрегатного состояния части объекта или внешней среды.**

## **5.1.2. Разделение изделия на взаимодействующие части**

Если дана система, плохо поддающаяся нужным изменениям, и условия задачи не позволяют заменить инструмент или ввести добавки, вместо инструмента используют изделие, разделяя его на части, взаимодействующие друг с другом.

Если же в систему входит поток мелкодисперсных частиц и надо увеличить степень управления этими частицами, поток следует разделить на части, заряженные одноименно и разноименно. Если весь поток заряжен одноименным электричеством, то противоположный заряд должна нести одна из частей системы.

## **5.1.3. Самоустранение отработанных веществ**

Введенное в систему вещество — после того, как оно сработало, — должно исчезнуть или стать неотличимым от вещества, ранее

бывшего в системе или во внешней среде.

#### **5.1.4. Использование надувных конструкций и пены**

Если нужно ввести большое количество вещества, а это запрещено условиями задачи или недопустимо по условиям работы системы, в качестве вещества используют "пустоту" в виде надувных конструкций или пены.

#### **Примечания.**

1. Применение надувных конструкций — стандарт на макроуровне. Использование пены — тот же стандарт на микроуровне.
2. Стандарт 5.1.4 часто используют совместно с другими стандартами.

#### **5.2. Введение полей**

При постройке, перестройке и разрушении веполей часто необходимо вводить новые поля. Чтобы не усложнять при этом систему, следует использовать стандарты подкласса 5.2.

##### **5.2.1. Использование поля по совместительству**

Если в вепольную систему нужно ввести поле, то следует прежде всего использовать уже имеющиеся поля, носителями которых являются входящие в систему вещества.

##### **5.2.2. Использование поля внешней среды**

Если нужно ввести поле, а по стандарту 5.2.1 это сделать невозможно, следует использовать поля, имеющиеся во внешней среде.

##### **5.2.3. Использование веществ-источников полей**

Если в систему необходимо ввести поле, а это нельзя сделать по стандарту 5.2.1 и 5.2.2, то следует использовать поля, носителями или источниками которых могут "по совместительству" стать

вещества, имеющиеся в системе или во внешней среде.

Если в системе имеются ферромагнитные вещества, используемые чисто механически, следует также использовать их магнитные свойства для получения дополнительных эффектов: улучшения взаимодействия элементов, получения информации о работе и состоянии системы и т. д.

### **5.3. Использование фазовых переходов**

Противоречивые требования к вводимым веществам и полям могут быть удовлетворены использованием фазовых переходов.

#### **5.3.1. Замена фазового состояния вещества**

Эффективность применения вещества — без введения других веществ может быть повышена фазовым переходом 1, то есть заменой фазового состояния имеющегося вещества.

#### **5.3.2. "Двойственное" фазовое состояние вещества**

"Двойственные" свойства могут быть обеспечены фазовым переходом 2, то есть использованием веществ, способных переходить из одного фазового состояния в другое в зависимости от условий работы.

#### **5.3.3. Использование явлений, сопутствующих фазовому переходу**

Эффективность системы может быть повышена за счет фазового перехода 3, то есть использования явлений, сопутствующих фазовому переходу.

#### **5.3.4. Переход к двухфазному состоянию вещества**

"Двойственные" свойства системы могут быть обеспечены фазовым переходом 4 — замена однофазового состояния двухфазным.

### **5.3.5. Использование взаимодействия между частями (фазами) системы**

Эффективность технических систем, полученных в результате фазового перехода 4, может быть повышена введением взаимодействия (физического, химического) между частями (или фазами) систем.

## **5.4. Особенности применения физэффектов**

Многие стандарты предусматривают применение физэффектов или могут быть использованы вместе с ними. При этом необходимо учитывать некоторые приемы, повышающие эффективность применения физэффектов.

### **5.4.1. Использование обратимых физических превращений**

Если объект должен периодически находиться в разных физических состояниях, то переход следует осуществлять самим объектом путем использования обратимых физических превращений, например, фазовых переходов, ионизации — рекомбинации, диссоциации — ассоциации и т.д.

### **5.4.2. Усиление поля на выходе**

Если необходимо получить сильное действие на выходе при слабом действии на входе, необходимо привести вещество-преобразователь в состояние, близкое к критическому. Энергия запасается в веществе, а входной сигнал играет роль "спускового крючка".

## **5.5. Экспериментальные стандарты**

### **5.5.1. Получение частиц вещества разложением**

Если для решения задачи нужны частицы вещества (например, ионы), а непосредственное их получение невозможно по

условиям задачи, то требуемые частицы надо получить разрушением вещества более высокого структурного уровня (например, молекул).

### **5.5.2. Получение частиц вещества объединением**

Если для решения задачи нужны частицы вещества (например, молекулы) и невозможно получить их непосредственно или по стандарту 5.5.1, то требуемые частицы надо получить достройкой или объединением частиц более низкого структурного уровня (например, ионов).

### **5.5.3. Простейшие способы получения частиц вещества**

При применении стандарта 5.5.1 простейший путь — разрушение ближайшего вышестоящего "целого" или "избыточного" (отрицательные ионы) уровня, а при применении стандарта 5.5.2 простейший путь — достройка ближайшего нижестоящего "нецелого" уровня.

## **4.2. Разбор задач с использованием стандартов.**

**Задача 4.1.** Разработан новый метод терапии рака, при котором радиоактивный источник доставляется к опухоли с помощью антител: их облучают и вводят в кровь пациента. Какие стандарты использованы здесь?

**Решение.** Для учебных целей в этой ситуации ставится другая задача: известно, что злокачественные опухоли разрушаются под действием радиоактивного излучения, однако непосредственное облучение организма во многих случаях нежелательно, т.к. связано с воздействием на здоровые ткани. Как быть? При этом обычно дополнительно сообщается, что определенное лечебное воздействие на опухоль оказывают некоторые антитела (например, антиферритин).

Решение такой задачи без применения ТРИЗ наталкивается на множество препятствий. Выделим две основные трудности:

нелегко получить удовлетворительную, работоспособную идею; нелегко определить действительную ценность полученной идеи. Отсутствие надежных критериев (при решении задач без применения ТРИЗ) с одной стороны - тормозит генерацию идей (сказывается психологическая инерция), с другой - мешает остановиться и углубить действительно хорошую идею. Применение стандартов на решение изобретательских задач, основанное на использовании законов развития технических систем, предписывает качественно другой путь.

В условии задана неработоспособная (невепольная) система. Ее необходимо изменить. Следовательно, обратиться нужно к первому разделу системы стандартов - к стандартам на изменение систем. Поскольку система невепольна - ее необходимо синтезировать (**под-класс 1.1**). В этом разделе всего восемь стандартов, причем область применения каждого из них (как и всех остальных) четко оговорена. В данном случае необходимо достроить веполь, т.е. выполнить предписание **стандарта 1.1.1**. В условии даны вещество (опухоль) и поле, которое воздействует на это вещество. Недостаёт второго вещества, которое должно доставлять поле по назначению (управляемо перемещать поле). Таким веществом может быть антитело, которое само (вместе с потоком крови) попадает в опухоль и накапливается там.

Этот метод, названный радиоиммуноглобулиновой терапией, по сообщению английского журнала «Медикал Ньюс» (том 13, №9) позволяет значительно (в 7 - 10 раз) уменьшать объем опухоли. К недостаткам следует отнести то, что больные на протяжении примерно 10 дней являются источниками сильного излучения, поэтому их необходимо содержать в специальных палатах, где они не входят в контакт с обслуживающим персоналом. К тому же, не исключено возникновение заболеваний, связанных с радиоактивным поражением здоровых органов. В связи с этим возникает новая задача: как избежать радиоактивного поражения здоровых органов при использовании этого, безусловно, перспективного терапевтического метода?

**Задача 4.2.** Применение эффективных ядерных микрореакторов на космических кораблях затруднительно, в частности, из-за большого веса защитных свинцовых блоков. Известно, что полимерные блоки (достаточно легкие) неплохо защищают от протонного излучения. Однако жесткие гамма-лучи легко проникают сквозь такую защиту. Как быть?

**Решение.** Как правило, задачи такого рода вызывают откровенный протест у неспециалистов по ядерной физике. При этом почему-то забывается, что понятие об основных типах радиоактивного излучения дается еще в курсе средней школы. Там же показана разница в ионизационной и проникающей способности альфа, бета и гамма излучений. Всего этого плюс знания системы стандартов на решение изобретательских задач достаточно для получения приемлемой технической системы. По-прежнему (как и в предыдущей задаче) хорошо срабатывает **стандарт 1.1.1**: необходимо ввести недостающие элементы в систему.

По условию, полимерные блока легки, не обеспечивают полную защиту. Толстые свинцовые блоки при абсолютной надежности - слишком тяжелы, а тонкие - недостаточно защищают от некоторых составляющих радиационного потока (каких?). Следовательно (в полном соответствии со стандартом), поле (радиация) должно поглощаться обоими веществами, которые поэтому следует некоторым образом совместить в одну пространственную структуру. Если последнее требование вызывает трудности при реализации - следует также воспользоваться соответствующими стандартами.

Контрольный ответ: гомогенная смесь частичек свинца (25%) и полиэтилена (75%). Материал, разработанный фирмой «Реактор экспериментс» (Сан-Карлос, Калифорния), обеспечивает высокую эффективность защиты от радиоактивного излучения при сравнительно невысоком расходе свинца и при малом весе защитного блока.

Интересно проследить развитие технической системы, взятой в качестве контрольного ответа. В частности, увеличение степени дисперсности свинцовых частичек подсказывает создание специальных радиозащитных металлоорганических (металлополимерных) соединений.

Хорошие результаты дает также применение принципа динамизации технических систем.

**Задача 4.3.** Для преобразования низкочастотных фотонов в высокочастотные применяется метод двухступенчатого возбуждения ионов редкоземельных элементов. Ион последовательно поглощает два фотона низкой частоты, а затем излучает один фотон высокой частоты (разработка фирмы «СТЛ»,

Харлоу по данным журнала «Электроникс Уикли» № 639).  
Оцените ситуацию с точки зрения стандартов.

**Решение.** Рассматривая с помощью ТРИЗ техническую изобретательскую задачу, нет необходимости (особенно на первых этапах решения) углубляться в традиционную специфику, будь то электроника, гидродинамика или оптика. Для получения сильного изобретательского решения достаточно описать ТС на вепольном языке и провести все необходимые (требуемые) преобразования исходя из требований вепольного анализа. Только после этого «включается» специфика задачи. Как правило, узкоспециальные знания высокого уровня требуются только при окончательной доводке технического решения (здесь не имеются в виду **физэффекты**, знание которых обязательно при решении задач по ТРИЗ).

Данная задача - типичный пример «узкоспециализированной» проблемы, решение которой, тем не менее, возможно на основе самых общих соображений. Для учебных целей задача формулируется так: необходимо предложить способ преобразования низкочастотных фотонов в высокочастотные с помощью кристаллических редкоземельных элементов. Принцип действия способа в такой формулировке почти очевиден: атом редкоземельного элемента поглощает низкочастотные фотоны и излучает высокочастотные (см. соответствующее правило **вепольного анализа**). Есть хорошая вепольная система, которая всё же недостаточно хороша. Следовательно, нужно построить сложную вепольную систему, используя **под-класс 2.1** системы стандартов. Превратим одну из частей веполя (конкретнее - вещество, атом редкоземельного элемента) в независимо управляемый веполь – построим цепной веполь (**стандарт 2.1.1**). Следовательно, он должен поглощать низкочастотные фотоны управляемо, в заданной последовательности. Теперь, когда принципиальная схема решения достаточно ясна, необходимо применять уже специальные данные о «поведении» редкоземельных элементов, чтобы выяснить, как они могут сами (в соответствии с законом стремления к идеальности) выполнить требуемое действие. Добиться этого можно с помощью резкого повышения скорости поглощения низкочастотных фотонов за счет увеличения их потока - без увеличения затрат на этот поток.

Новую задачу также нужно решать с помощью стандартов. Очевидно, что речь может идти только об устранении потерь потока... Контрольный ответ по этой задаче - разработка фирмы «СТЛ»: в качестве вещества-преобразователя применяется

арсенид галлия, имеющий высокий показатель преломления света. Поэтому низкочастотные фотоны, попав внутрь материала, не могут его покинуть – и, в **конечном** счете, поглощаются. Более энергичные, высокочастотные фотоны могут покинуть вещество, что, в конечном счете, дает эффект световой трансформации.

**Задача 4.4.** Примеси в полупроводниковые материалы можно вводить с помощью пучка ионов этой примеси. Однако при этом нужно тщательно очищать добавку, что само по себе является сложной технической (технологической) проблемой. Что можно предложить?

**Решение.** Типично производственная задача: необходимо очистить некоторое вещество для его дальнейшего использования. Сделать это весьма трудно (в полупроводниковом производстве один атом «чужого» материала, спрятавшийся среди миллиарда «своих», - это уже бракованная продукция). Будем исходить из того, что на данный участок технологической цепочки (внедрение примеси) добавка приходит предельно очищенной – и, тем не менее, такой чистоты недостаточно. Следовательно, качественную работу следует выполнить с помощью некачественного материала.

В таких случаях стандарты рекомендуют вводить добавки, однако в данном случае добавки вводить нельзя (интересно попробовать **стандарт 5.1.1**, который как раз и подсказывает: как ввести добавку, если ее нельзя вводить). Поэтому необходимо перейти к принципиально новой системе (**класс 3**), причем, работает явно **подкласс 3.1**: переход на микроуровень уже осуществлен, дальнейшее углубление не дает явно ощутимых результатов. Стандарты этого подкласса предписывают: ТС должна войти в качестве подсистемы в состав другой, более сложной системы.

Возвращаясь к условиям задачи, можно сказать: усовершенствовать дальше систему очистки только как систему очистки - бесперспективно. Но с какой системой ее объединить для образования надсистемы? Очевидно (этого требуют **законы развития технических систем**), с ТС, которая уже имеется, присутствует в данной технологической цепочке. По условию задана только одна такая система: введение примеси в виде пучка ионов. Следовательно, процесс введения ионов примеси в полупроводниковый материал должен одновременно сопровождаться очисткой материала примеси от вредных добавок (вернее, - должен быть причиной такого процесса). Как этого достичь? Необходимо использовать имеющиеся вещества и поля.

Здесь не обойтись без подсказки таблиц применения **физических эффектов и явлений** (см. раздел 3 «Физические эффекты»). Минимальная, но достаточная подсказка таблиц - ионы являются заряженными частицами, они несут на себе определенный (чаще - положительный) электрический заряд. Поскольку электрическое поле (наравне с магнитным) является наиболее удобным для управления – целесообразно оба требуемых по условию действия (введение и очистку) производить с помощью электрического или магнитного поля. Причем, как это было выяснено ранее, движение ионов в поле должно приводить не только к внедрению ионов, но и к устранению «лишних» атомов. Здесь полезно вспомнить, что собой представляет очистка, когда речь идет об атомах, к тому же - об атомах движущихся. Единственная управляемая характеристика для них - траектория движения. Очевидно, траектории «лишних» атомов должны отличаться от траекторий атомов необходимой примеси. Причем, это отличие должно обуславливаться именно электрическим или магнитным полем. Поле должно само отклонять «лишние» атомы, препятствуя их попаданию в полупроводниковый материал...

Теперь можно обратиться к таблице физэффектов, рассмотрев управляемое перемещение мелкими частицами. Однако достаточно, наверное, вспомнить, что заряженные частицы всегда движутся по кривой в электрическом или магнитном поле. Причем, степень отклонения от прямолинейного движения зависит для заданных параметров поля от заряда движущихся частиц, их скорости и массы. Заряд и скорость у «лишних» и полезных ионов, как правило, одинаковы. Разница в массе. В полном соответствии с законами физики различные по массе ионы будут сепарироваться при движении в электрическом или магнитном поле. Теперь необходимо только воспрепятствовать попаданию в полупроводник ионов, отклонившихся больше или меньше нормы. Сделать это технологически намного проще, чем решить первоначальную задачу (например, поставив обыкновенный экран).

Контрольный ответ к задаче (разработка фирмы «Муллард ресерч лабораториз») - поток ионов пропускается через магнитную призму, которая обеспечивает направление на мишень разогнанных до требуемой энергии ионов только одного вида («Электроникс Уикли» № 642).

**Задача 4.5.** Установлено, что время релаксации ядерного спина протонов различно для нормальной и раковой ткани. Как использовать это явление для диагностики и лечения?

**Решение.** Причина разного времени релаксации спина пока не установлена. Возможно (данные английского журнала «Нью Сайентист», том 57, № 828), это связано с тем, что внутриклеточная вода в опухолях имеет менее выраженную структуру или опухоли содержат больше воды... Тем не менее, даже не зная точной причины явления можно использовать его по известным количественным характеристикам. Как это сделать - подсказывает соответствующий стандарт. Он «прячется» в **классе 4** - там, где речь идет об обнаружении и измерении систем. Вопрос сформулирован: «для диагностики и лечения». Т.е. речь идет как об измерении, так и об изменении системы. Это – «следы влияния» **стандарта 4.1.1**, который рекомендует так изменить систему, чтобы вообще отпала необходимость в измерениях.

По контрольному ответу (журнал «Нью Сайентист», том 57, № 823) метод измерения ядерного магнитного резонанса биологической ткани применяется только для диагностики: определяется наличие или отсутствие злокачественных образований. Если же следовать предписанию **стандарта 4.1.1**, то логично предположить принципиальную возможность с помощью изменения времени релаксации ядерного спина протонов известными в физике методами повлиять на рост злокачественных опухолей.

Задача относится к области перспективных и потому - проблематичных разработок. В таких случаях, безусловно, легче воспользоваться эффектами, причины которых выяснены с достаточной степенью точности. Однако не следует исключать (особенно при планировании исследовательских работ) направлений, подсказанных новыми, еще недостаточно исследованными эффектами, если, к тому же, эти направления явно не противоречат известным законам природы, законам развития технических систем.

**Задача 4.6.** Если один и тот же цветной объект сфотографировать на черно-белую пленку дважды: через красный светофильтр и без него, а затем, после получения обычных (черно-белых) диапозитивов, спроецировать оба изображения на один экран (причем, изображение, снятое через светофильтр, проецировать через такой же светофильтр) - на экране появится полноцветное цветное изображение. Предложите (с помощью стандартов) способ цветной киносъемки, основанный на этом принципе.

**Решение.** Как и в предыдущей задаче - предлагается использовать новый эффект с невыясненным окончательно принципом действия. Предполагается, что здесь срабатывает один из механизмов психофизиологического восприятия цвета, поскольку в любой точке экрана объективно присутствует только красный цвет различной степени яркости. Тем не менее, эффект можно использовать даже в таком, «непроявленном» виде. В конечном счете, для решения задачи необходимо не выявлять суть эффекта, а только использовать его в известной технической системе - для создания принципиально новой ТС.

Прежде чем обращаться к системе стандартов, необходимо уточнить условия задачи. Необходимо обеспечить цветную киносъемку (и демонстрацию цветного изображения) с помощью описанного эффекта - на черно-белую киноплёнку. К данной ситуации ближе всего **стандарт 2.3.3**, предусматривающий совершение одного действия в паузах другого, причем стандарт имеет в виду действие полей. В данном случае, задача не может быть сведена точно к известным стандартам, однако приближение **стандарта 2.3.3** дает весьма значительную точность: очевидно, необходимо при съемке чередовать кадры, снятые через светофильтр и без светофильтра. Аналогичная задача возникает при демонстрации фильма - и решается таким же образом. Практически это реализуется с помощью вращающегося перед объективом камеры диска с чередующимися красными и бесцветными светофильтрами.

Такую камеру (для передачи телевизионного изображения) разработала для станции «Скайлэб» французская фирма «Анженьё». Известны эксперименты английских ученых по передаче цветного изображения с помощью черно-белых телевизионных передатчиков и приемников, также основанные на одном из невыясненных механизмов зрения. Возможно, со временем эти эффекты позволят значительно упростить и удешевить цветное телевидение, а также сделать излишним длительную и сложную обработку цветных фотоматериалов.

Здесь, кстати, возникает любопытная задача: как с помощью описанного способа, получить на черно-белых фотоматериалах обыкновенный цветной снимок?

**Задача 4.7.** В свое время очереди у касс были самым серьезным препятствием на пути широкого распространения магазинов самообслуживания. Нужно (с помощью стандартов) показать

развитие способа автоматизированного подсчета стоимости фасованных товаров (которые составляют абсолютное большинство ассортимента в таких магазинах).

**Решение.** Очень простая - и очень сложная задача. Простота - в существующей технической реализации. Некоторое устройство должно точно определять вид и количество (массу) товара, чтобы сделать вывод о стоимости. Необходимо построить такую систему (сейчас, допустим, ее еще нет) - следовательно, необходимо достроить веполь. Все это - сфера действия **стандартов подкласса 1.1**. Очевидно, что вещество-товар необходимо объединить с некоторым вторым веществом, которое в свою очередь будет генерировать (излучать, отражать, изменять и т.п.) некоторое поле - это и даст необходимую информацию о веществе-товаре.

Напрашивается (и к этому подталкивают таблицы применения **физических эффектов и явлений**) применение удобных и универсальных магнитных меток. Однако, во-первых, не во все вещества допустимо введение магнитных меток (например, в пищевые продукты). Во-вторых, включается «человеческий фактор», который и делает задачу очень сложной: необходимо предусмотреть защиту от умышленного изменения метки-сигнала на товаре с целью изменения его цены. Поэтому вводимое поле должно легко контролироваться как продавцом, так и покупателем.

Лучше всего этого добиться с помощью применения оптического поля и - обычных пометок в виде, например, черно-белых дуг окружности различных радиусов и ширины (разработка фирмы «Цельвегер»). Такие пометки легко считываются фотоэлементом кассы при движении фасованного товара на конвейерной ленте. Теперь небольшой компьютер точно подсчитывает стоимость покупок каждого посетителя магазина. К тому же - возникает возможность улучшить работу надсистемы, магазина в целом. Ведь компьютер одновременно с кассовой работой (и без значительных дополнительных затрат) определяет, например, расход того или иного товара, регулирует его подачу со склада, а также - заказ товаров на последующие дни. С помощью **законов развития технических систем** интересно проследить за другими изменениями в этой системе (а также надсистеме и подсистемах) в связи с внедрением этого метода продажи.

**Задача 4.8.** Во время намотки вольфрамовой нити для ламп накаливания ее стараются защитить от попадания железа, которое снижает температуру раскристаллизации нити (укорачивая тем самым срок службы лампы). Вольфрамовый порошок, из которого изготавливается нить, обычно достаточно хорошо очищен и не содержит примесей. Они появляются позже, в процессе отжига нити, которую наматывают на сердечник, содержащий железо. Все технологические неприятности заключаются в том, что этот вредный сердечник нельзя ничем заменить (причины этого для решения задачи значения не имеют). Что делать?

**Решение.** Есть типичный вредный веполь, который нельзя полностью разрушить: контакт между железом и вольфрамом полезен (по некоторым технологическим причинам) - и он же вреден - загрязняется вольфрамом. Следовательно, сердечник нужно сохранить, однако при этом контакта (непосредственного) между сердечником и материалом нити не должно быть.

Случай типичный для **стандарта 1.2.2**. А этот стандарт рекомендует ввести между двумя веществами (они на микроуровне подвижны друг относительно друга) третье вещество - видоизменение одного или двух данных. Менять всегда легче инструмент, поэтому вводить необходимо видоизменение сердечника.

По данным американского журнала «Дизайн Ньюс» (том 27, № 23), фирма «Дьюро-Тест корпорейшн» использовала в качестве такого видоизменения-прокладки тонкий слой меди. При этом устраняется диффузия железа в вольфрам при изготовлении спирали.

Использование меди обеспечивает еще ряд определенных преимуществ. Она, например, хорошо «смачивает» вольфрам, не растворяясь в нем. Сердечник, покрытый медью, хорошо растворяется в смеси азотной и серной кислоты, применяемой для растворения сердечника после изготовления продукта (вольфрамовой спирали).

**Задача 4.9.** Материал «микротерм» состоит из спрессованных волокон двуокиси кремния. Он не горит, не проводит ток, имеет высокую химическую стойкость, механическую прочность. Изоляция из «микротерма» толщиной 4 сантиметра заменяет 14 сантиметровую изоляцию из асбеста. Какие еще свойства может иметь такой материал?

**Решение.** В контрольном ответе (журнал «Швейцарские Техники Цейтшрифт» № 4) приводятся еще некоторые свойства «микротерма», например, температурная стойкость. Однако, причем здесь стандарты? Они могут работать только в том случае, если все эти свойства образуют систему, обусловленную действием тех или иных стандартов. Поэтому давайте посмотрим, что представляет собой «микротерм» с точки зрения вепольного анализа? Это - вещество с высокой степенью дисперсности и наверняка обладающее микропористой структурой. Таким образом, веполь, в который будет входить «микротерм», станет достаточно эффективным, к тому же - с возможностью применения эффекта микропористости (капиллярности). Если электроизоляционные свойства зависят в основном от состава материала, то остальные (перечисленные) - от вепольной структуры.

Как еще можно повысить эффективность **веполя**, учитывая, что переход к фепольной системе в данном случае нежелателен (утрачиваются электроизоляционные свойства)? Здесь целесообразно **обратиться к под-классу 2.4 системы стандартов** и рассмотреть возможности перехода к фепольным системам в том случае, когда недопустима замена вещества феррочастицами. Перспективным представляется использование **стандарта 2.4.5**. При этом ферродобавка в небольших дозах может вводиться как между волокнами двуокиси кремния (с определенной пространственной структурой), так и в сами волокна при их изготовлении (переход на микроуровень).

Как уже указывалось, система стандартов постоянно развивается и дополняется. Например, переход к использованию физических эффектов и явлений в стандартах предусмотрен только для фепольных систем. Однако данный пример показывает наличие такой возможности и для систем нефепольных. Достаточно вспомнить (обратившись к **таблицам использования физэффектов**), что двуокись кремния - один из материалов, обладающих пьезоэлектрическими свойствами. Таким образом, под действием электрического поля «микротерм» должен изменять свои линейные размеры, что в свою очередь приводит к изменению степени микропористости.

**Задача 4.10.** Многие способы диагностики онкологических заболеваний основаны на обнаружении веществ, накапливающихся в опухолях. Обнаружено вещество

(селенометионин), накапливающееся там уже на ранних стадиях заболевания. Как использовать его для лечения?

**Решение.** В самом условии заложено применение **стандарта 4.1.1**: нужно перейти от диагностики к лечению, от измерения системы к ее изменению. Известно, что чем раньше приступить к лечению, тем эффективнее терапевтические средства. (И наоборот, на поздних стадиях заболевания применение этих средств практически не дает положительных результатов). Поэтому целесообразно в профилактических целях время от времени вводить в организм противораковые препараты. Однако делать это нужно крайне осторожно, поскольку в больших количествах такие препараты вредны и для здоровых тканей. Итак - в организм необходимо ввести некоторую добавку и нельзя вводить эту добавку. Такое противоречие помогает разрешить **стандарт 5.1.1.5**: добавку вводят в очень малых дозах, но размещают ее концентрированно - в отдельных частях объекта. Другими словами, добавка-лекарство должна сама накапливаться в тех частях организма, где только начинает образовываться злокачественная опухоль. Таким носителем может стать, например, селенометионин.

**Задача 4.11.** В обычных условиях пилот гражданского реактивного лайнера должен следить за показаниями около 300 приборов. При посадке, когда все внимание пилота приковано к лобовому стеклу, резко возрастает опасность не заметить критического показания одного из приборов. Как быть?

**Решение.** Пилот должен смотреть на приборы - и не должен смотреть на приборы. Нельзя обойти это противоречие, его нужно устранить, преодолеть. Как это лучше сделать с помощью стандартов? Прежде всего, отметим, что перед нами - задача на обнаружение. В самом деле: необходимо обнаруживать нежелательные отклонения в показаниях приборов (и в то же время не смотреть на эти приборы). Применить **стандарт 4.1.1** пока не представляется возможным, поэтому второй шаг - использовать **стандарт 4.1.2**. Если нет возможности непосредственно проводить измерения одновременно по приборам и лобовому стеклу (которое при посадке является основным источником информации) - требуемые операции можно осуществлять с их оптическими копиями.

Контрольный ответ (разработка Японского научно-исследовательского авиационного института в Токио): показания приборов отображаются на полупрозрачное стекло, которое

крепится к лобовому стеклу кабины. Таким образом, пилот может одновременно, не отвлекаясь от наблюдения за посадочной полосой, видеть показания необходимых приборов.

**Задача 4.12.** Предложите способ демонстрации стереокинофильмов с помощью обыкновенной (и единственной) стандартной кинопроекционной установки (обычно для этого используют два проектора). Какими усложнениями надсистемы придется компенсировать простоту этого способа?

**Решение.** По контрольному ответу (данные журнала «Нью Сайентист», том 57, № 832) изображение для каждого глаза совмещается на одном кадре киноплёнки (рядом или друг над другом), а проекционная камера снабжается поворотными призмами, которые обеспечивают поляризацию изображений и их совмещение. Просмотр фильма осуществляется через поляризационные очки. Преимущества такого способа заметны: отпадает необходимость в принудительной синхронизации работы двух кинопроекционных установок. Усложнения надсистемы, на первый взгляд, оправданы: поляроидные очки и до этого применялись при демонстрации стереокинофильмов, сложность в изготовлении киноплёнки при массовом тиражировании быстро окупается. Однако есть и нерационально усложняющее звено - призма. Лучше было бы обойтись без нее...

Пример хорошо показывает процесс трансформации технической системы, вернее, ее последовательное приближение к виду, диктуемому законами развития технических систем. Возникла сложность с синхронизацией кадров на разных киноплёнках - совместим изображения на одном кадре. Однако чрезмерное совмещение также не дает хороших результатов. Целесообразнее все же изображения для правого и левого глаза сжимать на различные кадры, но - на одну плёнку (реализация **стандарта 5.1.2**). Усложнение процесса изготовления плёнки по сравнению со способом-прототипом незначительное (изготовление становится даже более простым). Отпадает необходимость в регулировке положения изображений, плёнка приближается к стандартному виду, не меняется размер и форма кадров.

**Задача 4.13.** Номера набиратель для телефонных аппаратов состоит из электретной металлизированной пластины с токоотводными элементами. При нажатии на пластину в определенном месте возникает электрический сигнал, соответствующий коду определенной цифры. Спрогнозируйте развитие этой системы.

**Решение.** Прогнозировать развитие ТС с помощью стандартов допустимо по той причине, что **стандарты** базируются на основе **законов развития технических систем**. В то же время более конкретные по сравнению с законами стандарты позволяют сделать этот прогноз точнее, увереннее.

Прежде всего, необходимо описать техническую систему вепольным языком. Номеронабиратель представляет собой вещество металлизированной пластины, в котором под действием механического поля возбуждается электрическое поле, передаваемое на вещество токоотводного элемента. Система уже построена, требуется увеличить ее эффективность. Как это сделать - подсказывают **стандарты класса 2**. Каждый из них - последовательная ступень совершенствования системы «номеронабиратель».

Так, увеличение степени дисперсности инструмента (электретной пластины) позволяет отказаться от сложной системы кодирования сигналов с помощью электронных схем: достаточно для каждой цифры взять элемент электретной пластины с определенными, индивидуальными параметрами. Каждый элемент (часть пластины), таким образом, модулирует свой собственный сигнал (отличающийся от других напряжением, частотой модуляции или любым другим параметром). Необходимо отметить, что в контрольном ответе (разработка фирмы «Белл лабораториз», штат Нью-Джерси, США) использованы устаревшие способы выделения сигнала, например, расположение токоотводящих элементов в шахматном порядке.

**Задача 4.14.** Детекторы, применяемые для поиска оружия в багаже авиапассажира, обладают существенным недостатком: если частота электромагнитного сигнала мала - детектор срабатывает просто от суммарной массы металла, например, от четырех-пяти банок с аэрозолем; если же частота велика - детектор реагирует больше на плотность металла и срабатывает, например, от ключа в кармане. Как усовершенствовать прибор, чтобы он срабатывал только при наличии в багаже оружия (т.е. металла плотного и массивного)?

**Решение.** Перед нами - типичное противоречие в системе. Инструмент (электромагнитное поле) должен иметь высокую частоту - и, одновременно, низкую частоту. Электромагнитные поля используются сейчас в технике очень широко. И так же часто повышение эффективности их использования

наталкивается на только что сформулированное противоречие. Например, при измерении влажности грунта с помощью электромагнитного поля частота последнего должна быть большой (тогда поле лучше «чувствует» воду) - и частота должна быть маленькой, чтобы на результате измерений не отражалась форма поверхности грунта. Обычные пути решения этой задачи сводятся либо к устранению неровностей поверхности (а это далеко не всегда возможно), либо к подбору некоторой промежуточной частоты, при которой сигнал еще реагирует на воду, но уже почти не реагирует на неровности. Очевидно, что такой путь сопряжен с неизбежными погрешностями в измерениях, ведь противоречие в данном случае не устраняется, а только маскируется.

Итак, необходимо улучшить технические показатели системы и это наталкивается на препятствия принципиального характера. Решения в таком случае должны подсказывать **стандарты под-класса 3.1**. Конкретный **стандарт 3.1.5** рекомендует выход в над-систему, при этом частички системы выполняют одно требуемое действие (или имеют одно требуемое свойство), а вся система в целом - противоположное. В данном случае (для решения обеих задач) необходимо применять высокочастотное электромагнитное поле - промодулированное по амплитуде низкой частотой. Таким образом, один электромагнитный сигнал совмещает в себе два противоположных требования, обладает двумя прямо противоположными свойствами.

Такое совмещение требований (свойств) давно известно в радиотехнике. Остается только удивляться тому, что во многих задачах (не относящихся, правда, непосредственно к радиопередаче и радиоприему) этот способ приходится переоткрывать заново, нередко - со значительными затратами, потерями времени. Так, задача об измерении влажности грунта была решена не так давно, а контрольный ответ по детектору для оружия всё еще отстает от теоретически возможного. Фирма «Электроник системз саппорт» (отделение фирмы «Вестингауз»), которая производит такие детекторы променяет два источника электромагнитного поля различной частоты, причем сигнал опасности подается только при одновременном срабатывании обоих линий контроля.

**Задача 4.15.** Предложите электромагнитную систему определения месторасположения самолета, пригодную для полетов на рейсовых трассах.

**Решение.** Ограничение – «рейсовые трассы» - намного облегчает построение необходимой технической системы. Рейсовость говорит о регулярности полетов в данном районе, таким образом, эксплуатация ТС должна быть весьма продолжительной, система должна работать постоянно (или почти постоянно). Как и в предыдущей задаче, создавая новую техническую систему желательно воспользоваться **стандартами подкласса 3.1.** Указание к переходу в надсистему необходимо конкретизировать с помощью **таблиц применения физических эффектов и явлений.**

Совместное применение стандартов и таблиц показывает, что необходимо получить в значительных масштабах стабильное электромагнитное поле, свойства которого изменяются известным образом от точки к точке. На самолете достаточно иметь только сравнительно небольшое (и дешевое) устройство для определения параметров этого свойства. Такую систему «Омега» описывает английский журнал "»Флайт Интернейшнл» (том 103, № 3336). Она основана на непрерывном синхронном излучении несколькими наземными радиостанциями сверхдлинных радиоволн. В зоне полетов сигналы образуют интерференционную картину с максимумами и минимумами амплитуды. При этом в пространстве образуется стационарная сеть «линий», которые легко «прочитываются» несложным устройством, размещенным на борту самолета.

#### **4.3. Задачи для самостоятельного решения.**

**Задача 4.16.** Стойловая муха наносит значительный вред животноводству. Для борьбы с ней применяется биологический метод – осы специального вида. Как повысить эффективность способа другими методами, например, химическими. Ответ обоснуйте стандартом.

**Задача 4.17.** В установке, вводящей примеси в полупроводниковые материалы с помощью ионного потока, предусмотрен магнитный переключатель, обеспечивающий пять различных положений ионного потока. Это позволяет одновременно обрабатывать в равных режимах пять полупроводниковых образцов. Как улучшить этот способ?

**Задача 4.18.** Разработан тепловой реактор для автомобилей. Он представляет собой камеру, в которой горячие выхлопные газы смешиваются с воздухом и при этом происходит полное дожигание несгоревшего топлива, что уменьшает токсичность

продуктов сгорания. Какие стандарты использованы в этом решении?

**Задача 4.19.** Наибольшая опасность вирусов гриппа состоит в том, что каждый новый вид «не узнается» организмом - изменение части вируса делает неэффективными антитела, хорошо работавшие против ранних видов. Можно ли хотя бы в принципе предложить лекарство, защищающее от любой новой модификации гриппа? Решение обоснуйте стандартами.

**Задача 4.20.** Фирма «Хоннуэлл» разработала прицел, монтируемый на шлеме летчика. Два датчика инфракрасного излучения проецируют изображение на миниатюрную электронно-лучевую трубку, изображение от которой поступает на козырек шлема. Сами датчики размещены снаружи фонаря кабины, а управление их положением (направлением обзора) производится с помощью устройств на шлеме. Эти последние устройства - наиболее сложная часть системы. Как (с точки зрения стандартов) они должны работать?

**Задача 4.21.** Часто возникает необходимость зафиксировать на голограмме, например, поверхности тела для обнаружения на ней каких-либо следов. При этом на одной ж той же пластинке требуется разместить две голограммы, разделенные промежутком времени. Сложность осуществления способа в том, что за время между первой и второй съемкой аппарат может несколько переместиться (по неконтролируемым причинам), из-за чего эталонный луч лазера отклонится и голограмма исказится. Как быть?

**Задача 4.22.** Увеличение поражающей способности реактивных снарядов вынуждает конструкторов увеличивать толщину брони танков. Однако, увеличение брони - это дополнительный вес, потеря скорости и маневренности со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями. Как в таком случае улучшить защиту от снарядов, избежав одновременно указанных сложностей?

**Задача 4.23.** Всё еще применяемые электрические пишущие машинки, к сожалению, не позволяют существенно увеличить скорость печатанья из-за несовершенных механических передач. Не меняя самого принципа формирования знака на машинке, предложите новый способ передачи усилия от клавиши к литере, устраняющий чисто рычажный способ.

**Задача 4.24.** Почему зубы выдерживают значительные нагрузки без разрушения? На каком стандарте это основано и как может быть использовано в технике?

**Задача 4.25.** Предложите (на основе стандартов) эффективный способ компенсации ударной волны, образующейся под крылом самолета, преодолевшего звуковой барьер.

#### 4.4. Указание к разбору задач.

Стандарты на решение изобретательских задач сильны прежде всего свойственной им системностью, которая вытекает из **законов развития техники**. Не будь этого свойства – стандарты мало чем отличались бы от обычного набора изобретательских приемов, которым располагает практически каждый опытный инженер. Однако эти примеры, во-первых, носят рекомендательный и слишком общий характер, во-вторых, - никогда нет уверенности, что в данной конкретной задаче наилучшим образом сработает выбранный прием, а не любой другой. Стандарты гарантируют высокий уровень решения - в том случае, если их применять в тех пределах, в тех условиях, для которых они разработаны.

Кроме того, стандарты, следующие друг за другом в каждом разделе, развивают и дополняют всё ту же техническую систему, поэтому их можно использовать для прогнозирования развития ТС.

Очень важно то, что стандарты можно применять только после основательного изучения **законов развития ТС и вепольного анализа** (по литературе, перечень который дается в конце учебника).

Ни в коем случае нельзя начинать работу непосредственно с применения стандартов: в этом случае может создаться ошибочное впечатление об исключительности их или наоборот - общности для изобретательской практики. И в любом из этих случаев стандарты будут оторваны от своей основы, а потому не смогут дать необходимый эффект при использовании. Вепольная формулировка стандартов в определенной степени затрудняет излишки «вольное» обращение с ними, однако никогда не мешает, принимаясь за решение технических изобретательских задач с помощью стандартов, хотя бы напомнить себе **законы развития ТС** и основные правила **вепольного анализа**.

Стандарты – мощный инструмент решения задач, гораздо более удобный в обращении, чем АРИЗ. В то же время - АРИЗ намного универсальнее стандартов, поскольку предназначен для решения именно **не-стандартных** задач.

Иногда при решении изобретательских задач с помощью стандартов возникает чисто психологическое препятствие: как можно получить с помощью известных, стандартизованных способов новое техническое решение? Здесь, однако, нет противоречия. Повторимся: стандарты на решение изобретательских задач основаны на общих для всех технических систем законах развития ТС. Поэтому, применяя стандарт к конкретной системе, выявляют направление ее развития. Теперь остается подставить «начальные условия», специфические для каждой ТС, - и возникает, фактически, описание более или менее отдаленного «будущего» этой системы, еще не созданного, но уже предсказанного стандартом.

#### **Дополнительные указания к задачам.**

**Задача 4.16.** Дана вепольная система (оса откладывает яйца в личинки стойловой мухи, уничтожая их), нужно повысить ее эффективность. Причем, в условии указывается на необходимость введения некоторых добавок, например, химических. Очевидно, необходим переход к принципиально новым системам (**класс 3**), причем микроуровень уже использован. В нашем распоряжении остаются **стандарты подкласса 3.1**. Они подсказывает, что вводимый химический препарат (добавка) должен обладать избирательным свойством: действовать на мух, но не вредить осам (только в этом случае будут выполнены условия задачи). Возможно ли такое сочетание свойств?

Оказывается (данные журнала «Сайенс», том 178), некоторые аналоги ювенильного гормона, применяемого для химической борьбы со стойловыми мухами, настолько специфичны, что не оказывают никакого вредного влияния на других насекомых, в том числе и на ос. Применение такой добавки резко повышает эффективность биологической борьбы с вредными насекомыми.

**Задача 4. 17.** Любые улучшающие систему изменения должны прежде всего коснуться вещества-инструмента. Такой

инструмент в нашем случае - магнитный переключатель. Следовательно, улучшать нужно фепольную схему, поскольку переключатель управляет движением заряженных частичек, обладающих собственным магнитным полем. Похоже, однако, что **стандарты под-класса 2.2** уже использованы в решении: магнитный переключатель, скорее всего, имеет динамичную структуру, управление ведется магнитным полем определенной структуры... Создается впечатление, что все средства улучшения системы уже использованы. Однако, поскольку данная система, безусловно, будет развиваться и дальше, можно указать и пути этого развития. Обратимся к **стандартам под-класса 2.3**. Они подсказывает, что дальнейшее улучшение управляемости магнитным переключателем состоит, в частности, в использовании физических эффектов и явлений. Выберите соответствующий раздел таблицы физэффектов. Если в этом есть необходимость - вернитесь к системе стандартов и повторите разбор.

**Задача 4.18.** Описан способ повышения эффективности системы «двигатель внутреннего сгорания». Сгорание топлива в обычном двигателе сопровождается выпуском в атмосферу некоторого количества токсичных продуктов. Чтобы нейтрализовать эти продукты предложено достроить веполь до комплексного: ввести вещество-добавку и тепловое поле. Т.е. синтезирована сложная вепольная система в соответствии со **стандартами под-класса 2.1**.

Однако у вновь созданной системы имеются значительные резервы совершенствования. В частности, процесс дожигания следует проводить в некотором поле определенной структуры, способствующей лучшему протеканию окислительной реакции (**стандарт 2.2.5**).

**Задача 4.19.** В Пастеровском институте (Франция) получена вакцина, эффективная для всех видов гриппа («Медикал Трибюн энд Медикал Ньюс», том 14, № 10)... Можно быть уверенным, что за исключением крайне ограниченного числа специалистов принцип действия этой вакцины неизвестен. Однако его легко получить, применив **стандарты** для решения изобретательских задач к исходной ситуации.

Основная опасность вируса гриппа - в его изменчивости. До сих пор все попытки борьбы с ним сводились к попытке предусмотреть возможные варианты изменения или приготовить сыворотку сразу после появления первых случаев заболевания.

Первое практически никогда не удается, второй путь связан со значительными потерями времени и, как следствие, с человеческими жертвами.

Что нам дают стандарты? Построим необходимую защитную вепольную систему. Известное приближение к решению дает уже **стандарт 1.1.7**: невозможно обеспечить максимум воздействия на изменяемую часть вируса (неизвестно, что она собой представляет), поэтому максимальное действие нужно сохранить, но направить его на другое вещество, связанное с первым. Несколько по-другому, но на практике - в том же направлении рекомендует действовать **стандарт 1.2.3**. Он так же советует отказаться от ориентации исключительно на изменяемую часть вируса.

По условию необходимо нейтрализовать изменяющуюся часть вируса, а сделать это невозможно. Для таких случаев применим **стандарт 5.1.1.3**: добавка вводится не внутренняя, а наружная.

Несколько стандартов указали примерно одинаковое решение задачи: добавку следует вводить не в изменяемую часть вируса, а в некоторое второе вещество, связанное с первым. Не обязательно быть специалистом, чтобы предположить: необходимая вакцина должна действовать на стабильную часть вируса гриппа, которая обычно не проявляет активности и потому остается вне сферы внимания. Именно таким образом была получена универсальная противовирусная вакцина. Конечно, со временем может измениться и «неизменяемая» теперь часть вируса. Однако, как показывает практика, для этого должен пройти гораздо больший срок, чем при обычных мутациях, которые происходят практически ежегодно.

Этот пример интересен не только тем, что решалась изобретательская задача в области медицины. Важно, прежде всего то, что с помощью стандартов было получено неочевидное, новое и реальное усовершенствование технической системы «борьба с вирусами».

**Задача 4.20.** Управление положением наружных датчиков должно осуществляться посредством измерения пространственного положения шлема летчика. Отсюда - применение **стандарта 4.1.1**: желательно так преобразовать задачу, чтобы вообще отпала необходимость в измерениях. (Следует отметить, что задача имеет не только военное, но и большое научное значение, например, для кино съемки в космосе,

когда нет возможности держать камеру в руках и управлять ею непосредственно). И хотя по контрольному ответу обе эти задачи (измерение и управление) не объединены в одной ТС, стандарты подсказывают: изменение положения шлема в пространстве должно автоматически изменять положение съемочной камеры.

Очевидно, здесь должна быть построена сложная вепольная система, причем связь между двумя основными веществами (шлемом и камерой) должна осуществляться посредством некоторого поля, имеющего определенную пространственную структуру. Изменение положения шлема вызывает строго определенные изменения в структуре поля и - изменение положения камеры.

**Задача 4.21.** Обычный подход к решению такого рода задач - добиться максимальной устойчивости съемочной аппаратуры. Он плох тем, что противоречие «точность измерения - внешние воздействия» в этом случае не устраняется, а лишь вуалируется, отодвигается на некоторое время на второй план. Однако со временем, когда повышаются требования к точности, вновь начинают сказываться самые незначительные воздействия. Здесь необходим переход к принципиально новой системе (**стандарты класса 3**). По контрольному ответу (разработка фирмы «ЕМИ электроникс») эталонный лазерный луч до попадания на голограмму направляется на небольшое зеркало, монтируемое вблизи обследуемого участка пола. Такое объединение путей эталонного и рабочего лучей устраняет вредное влияние извне: это влияние сказывается одинаково как на эталонном, так и на рабочем луче, поэтому относительные характеристики лучей не изменяются и точность измерений остается достаточно высокой.

**Задача 4.22.** Типичный случай, когда необходимо разрушить вредный веполь. И типичный же **стандарт - 1.2.2**. Понятно, что для защиты брони необходимо применить именно видоизменение брони - ведь нельзя заранее сказать какой именно снаряд и в какую точку попадет.

Контрольный ответ (данные итальянского журнала «Эксерсити э арми», том 2, № 9) состоит в применении двойных броневых плит, расположенных на некотором расстоянии друг от друга, причем пустое пространство между плитами заполняется каким-либо легким материалом, например, полимерной пеной. Такая стенка хорошо гасит осколки и ударную волну от разрыва реактивного снаряда непосредственно на броне, К тому же, если полимерная прослойка выполнена из углеводов - она до определенной

степени препятствует проникновению внутрь танка нейтронного излучения...

Интересно рассмотреть эту задачу «с противоположной стороны» - с точки зрения повышения эффективности реактивного снаряда. Здесь нужно решать противоположную задачу - повышение работоспособности вепольной системы. Проблема также решается с помощью **стандартов**, например, дроблением вещества-инструмента (подкалиберные снаряды), использованием физических эффектов (мягкая оболочка снаряда для усиления кумулятивного действия) и т.д. В военной технике очень хорошо прослеживается постоянно возрождающееся на новом, более высоком уровне противоречие между частями ТС - между «щитом» и «мечем». Как правило, удается находить защиту от любого нового средства нападения, даже сейчас, когда уровень вооружения достиг значения, достаточного для уничтожения не только военного противника, но и всего живого на планете (и даже самой планеты).

**Задача 4.23.** Есть два вещества в веполе (клавиша и литера пишущей машинки) и некоторое поле, передающее между ними усилие. В условии вместо поля задан комплексный веполь, который во многих случаях работает плохо. Поэтому (в полном соответствии со **стандартом 2.2.5**) связь должна осуществляться полем, имеющим определенную структуру (в пространстве и во времени).

Так, фирма «Смит-Корона» разработала электронную пишущую машинку «Тайп-троник», в которой передаточные механизмы заменены стержнем, проводящим ультразвуковые волны. Удар по клавише вызывает в такой машинке генерацию ультразвуковой волны, которая в свою очередь заставляет срабатывать печатающий механизм. Помимо того, что такая машинка лишена сложной и ненадежной механической рычажной передачи, она позволяет упростить, например, ввод данных, корректировку текста и т.п.

**Задача 4.24.** Вновь вредное действие возникает между двумя подвижными друг относительно друга веществами. И "работать" должен **стандарт 1.2.2**. Естественно, что он уже работает в зубах. Что же там является видоизменением зубов?

По сообщению журнала «Нью Сайентист» (том 89, № 1244) зубы представляют собой твердое неорганическое вещество со множеством пор, заполненных жидкостью. При надавливании

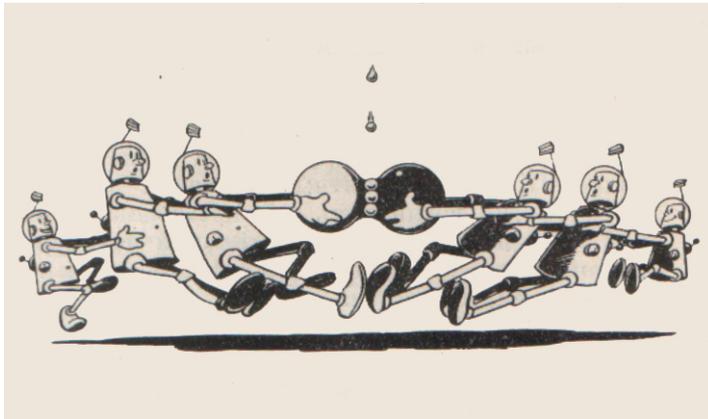
жидкость выжимается из пор, поглощая значительную часть энергии давления. К тому же, как показали исследования, ионы в кристаллической решетке зубов образуют слабое электрическое поле, а поскольку поры очень мелкие - это поле оказывает существенное замедляющее влияние на протекание жидкости (увеличивая тем самым эффективную вязкость). При использовании фтористой зубной пасты или водой, содержащей фтор, ионы гидроксидов в губках заменяются ионами фтора, что еще больше упрочняет зубы.

**Задача 4.25.** Как и в предыдущей задаче - необходимо разрушить вредную вепольную систему.

Стандартный путь - введение промежуточного вещества, являющегося видоизменением одного из двух данных (или обоих данных веществ). Наши вещества - воздух и крыло, следовательно, видоизменение должно быть крылом (частью крыла), изготовленным из воздуха. Ученые Принстонского университета рекомендуют создавать под крылом воздушную подушку. Эксперименты показывают, что она (работая точно по стандарту) в значительной степени компенсирует ударную волну, образованную самолетом.

При решении задач с помощью **стандартов** (особенно после первых реальных результатов) нередко возникает мысль, что решать изобретательские задачи - дело простое, не требующее особых затрат времени и усилий. Может появиться (после относительных неудач) и противоположное мнение, что описанные методы малоэффективны и не дают значительных результатов, сложны для практического использования. Эти крайние точки зрения не соответствуют истине. Стандарты (как и весь аппарат ТРИЗ) позволяют быстро и качественно решать сложные изобретательские задачи. Однако, помимо желания и чисто формального владения аппаратом Теории решения изобретательских задач нужна постоянная работа - практика, тренировка, упражнения. Без постоянного, регулярного труда над усовершенствованием своей умственной, интеллектуальной «формы» не может быть и речи о хороших результатах. Изучить ТРИЗ можно, как математику или физику. Однако далеко не все становятся хорошими математиками и физиками - мешает отсутствие постоянных упражнений, недостаточная систематичность в изучении и применении полученных знаний... Передвижение с помощью автомобиля намного быстрее и удобнее, чем ходьба пешком. Но мало иметь автомобиль. Нужно

еще научиться хорошо его водить и постоянно поддерживать «водительскую форму». Иначе «передвижение» может обернуться аварией. Применение ТРИЗ также требует постоянного пребывания «в форме». Только в этом случае оно даст значительный эффект, поможет планомерному совершенствованию технических систем.



## Раздел 5. АРИЗ

### 5.1. Теоретическая часть.

АРИЗ - алгоритм решения изобретательских задач - представляет собой систему операций, предназначенных для конкретизации технической проблемной ситуации в задачу и ее последующего решения - получения новой работоспособной технической системы.

Если законы развития технических систем (см. раздел 1 «Развитие технических систем») указывают общее направление развития той или иной системы, то АРИЗ дает на основе этих законов конкретные предписания: как перевести систему в состояние, удовлетворяющее тем или иным требованиям. Следует иметь в виду, что иногда такой перевод требует изменения уровня рассматриваемой системы, много-циклового использования АРИЗ и т.д.

АРИЗ - наиболее разработанный и надежный способ решения технических изобретательских задач. Он постоянно совершенствуется. К моменту подготовки этого учебника на практике используется АРИЗ-85В - последняя модификация, которая прошла достаточную проверку и рекомендована к применению автором – Г.С.Альтшуллером.

Ниже приводится текст АРИЗ-85В - в сокращенном виде, достаточном для начального обучения.

### **АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ АРИЗ-85-В**

#### **Внимание!**

**АРИЗ - сложный инструмент, не применяйте его для решения новых производственных задач без предварительного обучения хотя бы по 80-часовой программе.**

**АРИЗ - инструмент для мышления, а не вместо мышления. Не спешите, тщательно обдумывайте формулировку каждого шага, обязательно записывайте на полях все соображения, возникающие по ходу решения задачи.**

**АРИЗ - инструмент для решения нестандартных задач. Проверьте: может быть, ваша задача решается по стандартам?**

## **ЧАСТЬ 1.**

### **АНАЛИЗ ЗАДАЧИ**

**Основная цель первой части АРИЗ - переход от расплывчатой изобретательской ситуации к четко построенной и предельно простой схеме (модели) задачи.**

#### **Шаг 1.1.**

**Записать условия мини-задачи (без специальных терминов) по следующей форме:**

Техническая система:

для (указать назначение)

включает (перечислить основные части системы).

Техническое противоречие 1 (ТП-1):

(указать).

Техническое противоречие 2 (ТП-2):

(указать).

Необходимо при минимальных изменениях в системе

(указать результат, который должен быть получен).

#### **Примечания:**

1. Мини-задачу получают из изобретательской ситуации, вводя ограничения: все остается без изменений или упрощается, но при этом появляется требуемое действие (свойство), или исчезает вредное действие (свойство).

Переход от ситуации к мини-задаче не означает, что взят курс на решение небольшой задачи. Наоборот, введение дополнительных требований (результат должен быть получен «без ничего») ориентирует на обострение конфликта и заранее отсекает пути к компромиссным решениям.

2. При записи 1.1 следует указать не только технические части системы, но и природные, взаимодействующие с техническими.

3. Техническими противоречиями (ТП) называют взаимодействия в системе, состоящие, например, в том, что полезное действие вызывает одновременно и вредное. Или - введение (усиление) полезного действия, либо устранение (ослабление) вредного действия вызывает ухудшение (в частности, недопустимое усложнение) одной из частей системы или всей системы в целом.

Технические противоречия составляют, записывая одно состояние элемента системы с объяснением того, что при этом хорошо, а что - плохо. Затем записывают противоположное состояние этого же элемента, и вновь - что хорошо, что плохо.

Иногда в условиях задачи дано только изделие; технической системы (инструмента) нет, поэтому нет явного ТП. В этих случаях ТП получают, условно рассматривая два состояния изделия, хотя одно из них заведомо недопустимо.

4. Термины, относящиеся к инструменту и внешней среде,

необходимо заменять простыми словами для снятия психологической инерции. И это потому, что термины:

\* навязывают старые представления о технологии работы инструмента;

\* затушевывают особенности веществ, упоминаемых в задаче;

\* сужают представления о возможных состояниях вещества.

### **Шаг 1.2.**

**Выделить и записать конфликтующую пару элементов: изделие и инструмент.**

**Правило 1.** Если инструмент по условиям задачи может иметь два состояния, надо указать оба состояния.

**Правило 2.** Если в задаче есть пары однородных взаимодействующих элементов, достаточно взять одну пару.

### **Примечания:**

5. Изделием называют элемент, который по условиям задачи надо обработать (изготовить, переместить, изменить, улучшить, защитить от вредного действия, обнаружить, измерить и т. д.). В задачах на обнаружение и изменение изделием может оказаться элемент, являющийся по своей основной функции собственно инструментом, например, шлифовальный круг.

6. Инструментом называют элемент, с которым непосредственно взаимодействует изделие. Инструментом являются стандартные детали, из которых собирают изделие.

7. Один из элементов конфликтующей пары может быть двояким. Например, даны два разных инструмента, которые должны одновременно действовать на изделие, причем один инструмент мешает другому. Или даны два изделия, которые должны воспринимать действия одного и того же инструмента: одно изделие мешает другому.

### **Шаг 1.3.**

**Составить графические схемы ТП-1 и ТП-2, используя таблицу 1.**

### **Примечания:**

8. В таблице 1 приведены схемы типичных конфликтов. Допустимо использование нетабличных схем, если они лучше отражают сущность конфликта.

9. В некоторых задачах встречаются многозвенные схемы конфликтов, например:

Такие схемы сводятся к однозвенным:

Если считать Б изменяемым изделием или перенести на Б

основное свойство (или состояние) А.

10. Конфликт можно рассматривать не только в пространстве, но и во времени.

11. Шаги 1.2 и 1.3 уточняют общую формулировку задачи. Поэтому после шага 1.3 необходимо вернуться к 1.1 и проверить, нет ли несоответствий в линии 1.1 - 1.2 - 1.3. Если несоответствия есть, их надо устранить, откорректировав линию.

#### **Шаг 1.4.**

**Выбрать из двух схем конфликта (ТП-1 и ТП-2) ту, которая обеспечивает наилучшее осуществление главного производственного процесса (основной функции технической системы, указанной в условиях задачи).**

**Указать, что является главным производственным процессом.**

#### **Примечания:**

12. Выбирая одну из двух схем конфликта, мы выбираем и одно из двух противоположных состояний инструмента. Дальнейшее решение должно быть привязано именно к этому состоянию. АРИЗ требует обострения, а не сглаживания конфликта.

«Вцепившись» в одно состояние инструмента, мы в дальнейшем должны добиться, чтобы при этом состоянии появилось положительное свойство, присущее другому состоянию.

13. С определением главного производственного процесса (ГПП) иногда возникают трудности в задачах на измерение. Измерение почти всегда производят ради изменения, т. е. обработки детали, выпуска продукции. Поэтому ГПП в измерительных задачах - это ГПП всей измерительной системы, а не измерительной ее части. Исключением являются только некоторые задачи на измерение в научных целях.

#### **Шаг 1.5.**

**Усилить конфликт, указав предельное состояние (действие) элементов.**

**Правило 3.** Большая часть задач содержит конфликты типа «много элементов» и «мало элементов» («сильный элемент» - «слабый элемент» и т. д.). Конфликты типа «мало элементов» при усилении надо приводить к одному виду – «ноль элементов» («отсутствующий элемент»).

#### **Шаг 1.6.**

**Записать формулировку модели задачи, указав:**

- 1. конфликтующую пару;**
- 2. усиленную формулировку конфликта;**

**3. что должен сделать вводимый для решения задачи икс-элемент (что он должен сохранить и что должен устранить, улучшить, обеспечить и т.д.).**

**Примечания:**

14. Модель задачи условна, в ней искусственно выделена часть элементов технической системы. Наличие остальных элементов только подразумевается.

15. После шага 1.6 следует обязательно вернуться к 1.1 и проверить логику построения модели задачи. При этом часто оказывается возможным уточнить выбранную схему конфликта, указав в ней X-элемент, например, так:

16. Икс-элемент не обязательно должен оказаться какой-то новой вещественной частью системы. Икс-элемент - это некое изменение в системе, некий икс вообще. Он может быть равен, например, изменению температуры или агрегатного состояния какой-то части системы или внешней среды.

**Шаг 1.7.**

**Проверить возможность применения системы стандартов к решению модели задачи. Если задача не решена, перейти ко второй части АРИЗ. Если задача решена, можно перейти к седьмой части АРИЗ, хотя и в этом случае рекомендуется продолжить анализ со второй части.**

**Примечание:**

17. Анализ по первой части АРИЗ и построение модели существенно проясняют задачу и во многих случаях позволяют увидеть стандартные черты в нестандартных задачах. Это открывает возможность более эффективного использования стандартов, чем при применении их к исходной формулировке задачи.

**ЧАСТЬ 2.**

**АНАЛИЗ МОДЕЛИ ЗАДАЧИ**

**Цель второй части АРИЗ - учет имеющихся ресурсов, которые можно использовать при решении задачи: ресурсов пространств, времени, веществ и полей.**

**Шаг 2.1.**

**Определить оперативную зону (ОЗ).**

**Примечание:**

18. В простейшем случае оперативная зона (ОЗ) - это

пространство, в пределах которого возникает конфликт, указанный в модели задачи.

## **Шаг 2.2.**

**Определить оперативное время.**

### **Примечание:**

19. Оперативное время (ОВ) - это имеющиеся ресурсы времени: конфликтное время  $T_1$  и время до конфликта  $T_2$ .

Конфликт (особенно быстротечный, кратковременный) иногда может быть устранен (предотвращен) в течение  $T_2$ .

## **Шаг 2.3.**

**Определить вещественно-полевые ресурсы (ВПР) рассматриваемой системы, внешней среды и изделия. Составить список ВПР.**

### **Примечания:**

20. Вещественно-полевые ресурсы (ВПР) - это вещества и поля, которые уже имеются или могут быть легко получены по условиям задачи. ВПР бывают трех видов:

1. Внутрисистемные

а) ВПР инструмента;

б) ВПР изделия.

2. Внешнесистемные

а) ВПР среды, специфической именно для данной задачи;

б) ВПР, общие для любой внешней среды, «фоновые» поля, например, гравитационные, магнитное поле Земли.

3. Надсистемные

а) Отходы посторонней системы (если такая система доступна по условию задачи);

б) «Копеечные» - очень дешевые посторонние элементы, стоимостью которых можно пренебречь.

При решении конкретной мини-задачи желательно получить результат при минимальном расходе ВПР. Поэтому целесообразно использовать, в первую очередь, внутрисистемные ВПР, затем внешнесистемные ВПР и, в последнюю очередь, надсистемные ВПР. При развитии же полученного ответа и при решении задач на прогнозирование (т. е. макси-задач), целесообразно задействовать максимум различных ВПР.

21. Как известно, изделие - неизменяемый элемент. Какие же ресурсы могут быть в изделии? Изделие действительно нельзя изменять, т. е. нецелесообразно менять при решении мини-задачи. Но иногда изделие может:

- а) изменяться само;
- б) допускать расходование (т. е. изменение) какой-то части, когда его (изделия) в целом неограниченно много;
- в) допускать переход в надсистему;
- г) допускать использование микроуровневых структур;
- д) допускать соединение с "ничем", т.е. с пустотой;
- е) допускать изменение на время.

Таким образом, изделие входит в ВПР лишь в тех сравнительно редких случаях, когда его можно легко менять, не меняя.

22. ВПР - это имеющиеся ресурсы. Их выгодно использовать в первую очередь. Если они окажутся недостаточными, можно привлечь другие вещества и поля. Анализ ВПР на шаге 2.3 является предварительным.

### **ЧАСТЬ 3.**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИКР И ФП**

**В результате применения третьей части АРИЗ должен сформулироваться образ идеального решения (ИКР). Определяется также и физическое противоречие (ФП), мешающее достижению ИКР. Не всегда возможно достичь идеального решения. Но ИКР указывает направление на наиболее сильный ответ.**

#### **Шаг 3.1.**

##### **Записать формулировку ИКР-1:**

икс-элемент,

абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, устраняет

(указать вредное действие)

в течение оперативного времени (ОВ)

в пределах оперативной зоны (ОЗ),

сохраняя способность инструмента совершать

(указать полезное действие).

#### **Примечание:**

23. Кроме конфликта «вредное действие связано с полезным действием», возможны и другие конфликты, например, «введение нового полезного действия вызывает усложнение системы» или «одно полезное действие несовместимо с другим». Поэтому приведенная в 3.1 формулировка ИКР - только образец, по типу которого необходимо записывать ИКР.

Общий смысл любых формулировок ИКР: приобретение полезного качества (или устранение вредного) не должно сопровождаться ухудшением других качеств (или появлением

вредного качества).

### **Шаг 3.2.**

**Усилить формулировку ИКР-1 дополнительным требованием: в систему нельзя вводить новые вещества и поля, необходимо использовать ВПР.**

#### **Примечание:**

24. При решении мини-задачи, в соответствии с примечанием 20 и 21, следует рассматривать используемые ВПР в такой последовательности:

- \* ВПР инструмента;
- \* ВПР внешней среды;
- \* побочные ВПР;
- \* ВПР изделия (если нет запрета по примечанию 21).

Наличие разных ВПР обуславливает существование четырех линий дальнейшего анализа. Практически условия задачи обычно сокращают часть линий. При решении мини-задачи достаточно вести анализ до получения идеи ответа; если идея получена, например, на «линии инструмента», можно не проверять другие линии. При решении макси-задачи целесообразно проверить все существующие в данном случае линии, т. е., получив ответ, например, на «линии инструмента», следует проверить также линии внешней среды, побочных ВПР и изделия.

При обучении АРИЗ последовательный анализ постепенно заменяется параллельным: вырабатывается умение переносить идею ответа с одной линии на другую. Это - так называемое, «многоэкранное мышление»: умение одновременно видеть изменения в надсистеме, системе и подсистемах.

#### **Внимание!**

**Решение задачи сопровождается ломкой старых представлений. Возникают новые представления, с трудом отражаемые словами.**

**При работе с АРИЗ записи надо вести простыми, не техническими, даже «детскими» словами, всячески избегая специальных терминов (они увеличивают психологическую инерцию).**

### **Шаг 3.3.**

**Записать формулировку физического противоречия на макроуровне:**

оперативная зона

в течении оперативного времени должна

(указать физическое макросостояние, например, «быть горячей»),

чтобы выполнять (указать одно из конфликтующих действий),  
и не должна (указать противоположное физическое  
макросостояние, например, «быть холодной»),  
чтобы выполнять (указать другое конфликтующее действие или  
требование).

**Примечания:**

25. Физическим противоречием (ФП) называют  
противоположные требования к физическому состоянию  
оперативной зоны.

26. Если составление полной формулировки ФП вызывает  
затруднения, можно составить краткую формулировку:  
элемент (или часть элемента в оперативной зоне)  
должен быть, чтобы (указать),  
и не должен быть, чтобы (указать).

**Внимание!**

**При решении задачи по АРИЗ ответ формируется постепенно,  
как бы «проявляется». Опасно прерывать решение при  
первом намеке на ответ и «закреплять» еще не вполне  
готовый ответ. Решение по АРИЗ должно быть доведено до  
конца.**

**Шаг 3.4.**

**Записать формулировку физического противоречия на  
микроуровне:**

в оперативной зоне

должны быть частицы вещества

(указать их физическое состояние или действие),

чтобы обеспечить

(указать требуемое по 3.3. макросостояние),

и не должны быть такие частицы (или должны быть частицы с  
противоположным состоянием или действием),

чтобы обеспечить

(указать требуемое по 3.3. другое макросостояние).

**Примечания:**

27. При выполнении шага 3.4. еще нет необходимости  
конкретизировать понятие «частицы». Это могут быть, например,  
домены, молекулы, ионы и т.д.

28. Частицы могут оказаться:

а) просто частицами вещества,

б) частицами вещества в сочетании с каким-то полем и (реже)

в) «частицами поля».

29. Если задача имеет решение только на макроуровне, шаг 3.4.

может не получиться. Но и в этом случае составление микро-ФП полезно, потому что дает дополнительную информацию: задача решается на макроуровне.

### **Внимание!**

**Три первые части АРИЗ существенно перестраивают исходную задачу. Итог этой перестройки подводит шаг 3.5. Составляя формулировку ИКР-2, мы одновременно получаем новую задачу - физическую. В дальнейшем надо решать именно эту задачу.**

### **Шаг 3.5.**

**Записать формулировку идеального конечного результата ИКР-2:**

оперативная зона (указать)

в течение оперативного времени (указать)

должна сама обеспечивать (указать противоположные физические макро- или микросостояния).

### **Шаг 3.6.**

**Проверить возможность применения системы стандартов к решению физической задачи, сформулированной в виде ИКР-2. Если задача не решена, перейти к четвертой части АРИЗ.**

**Если задача решена, можно перейти к седьмой части АРИЗ, хотя и в этом случае рекомендуется продолжить анализ по четвертой части.**

## **ЧАСТЬ 4.**

### **МОБИЛИЗАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ВПР**

**Ранее - на шаге 2.3. - были определены имеющиеся ВПР, которые можно использовать бесплатно. Четвертая часть АРИЗ включает планомерные операции по увеличению ресурсов: рассматриваются производные ВПР, получаемые почти бесплатно путем минимальных изменений имеющихся ВПР. Шаги 3.3. - 3.5. начали переход от задачи к ответу, основанному на использовании физики; четвертая часть АРИЗ продолжает эту линию.**

**Правило 4.** Каждый вид частиц, находясь в одном физическом состоянии, должен выполнять одну функцию. Если частицы А не справляются с действиями 1 и 2, надо ввести частицы Б; частицы А выполняют действие 1, а частицы Б действие 2.

**Правило 5.** Введенные частицы Б можно разделить на две группы Б-1 и Б-2. Это позволяет «бесплатно» - за счет

взаимодействия между уже имеющимися частицами Б - получить новое действие - 3.

**Правило 6.** Разделение частиц на группы выгодно и в тех случаях, когда в системе должны быть только частицы А: одну группу частиц А оставляют в прежнем состоянии, у другой группы меняют главный для данной задачи параметр.

**Правило 7.** Разделенные или введенные частицы после отработки должны стать неотличимыми друг от друга или от ранее имевшихся частиц.

**Примечание:**

30. Правила 4-7 относятся ко всем шагам четвертой части АРИЗ.

**Шаг 4.1.**

**Метод моделирования «маленькими человечками» (ММЧ).**

- а) используя метод ММЧ построить схему конфликта;
- б) изменить схему так, чтобы «маленькие человечки» действовали, не вызывая конфликта;
- в) перейти к технической схеме.

**Примечания:**

31. Метод моделирования «маленькими человечками» (метод ММЧ) состоит в том, что конфликтующие требования схематически представляют в виде условного рисунка (или нескольких последовательных рисунков), на котором действует большое число «маленьких человечков» (группа, несколько групп, «толпа»). Изображать в виде "маленьких человечков" следует только изменяемые части модели задачи (инструмент, элемент).

«Конфликтующие требования» - это конфликт из модели задачи или противоположные физические состояния, указанные на шаге 3.5. вероятно, лучше последнее, но пока нет четких правил перехода от физической задачи (3.5) к ММЧ, легче рисовать «конфликт» в модели задачи.

Шаг 4.1(б) часто можно выполнить, совместив на одном рисунке два изображения: плохое действие и хорошее действие. Если события развиваются во времени, целесообразно сделать несколько последовательных рисунков.

**Внимание!**

Здесь часто совершают ошибку, ограничиваясь беглыми, небрежными рисунками. Хорошие рисунки:

- а) выразительны и понятны без слов;
- б) дают дополнительную информацию о физпротиворечии,

указывая в общем виде пути его устранения.

32. Шаг 4.1. - вспомогательный. Он нужен, чтобы перед мобилизацией ВПР нагляднее представить что, собственно, должны делать частицы вещества в оперативной зоне и близ нее. Метод ММЧ позволяет отчетливее увидеть идеальное действие («что надо сделать») без физики («как это сделать»). Благодаря этому снимается психологическая инерция, фокусируется работа воображения. Таким образом, ММЧ - метод психологический. Но моделирование «маленькими человечками» осуществляется с учетом законов развития технических систем. Поэтому ММЧ нередко приводит к техническому решению задачи. Прерывать решение в этом случае не надо, мобилизация ВПР обязательно должна быть проведена.

### **Внимание!**

Цель мобилизации ресурсов при решении мини-задачи не в том, чтобы использовать все ресурсы. Цель иная - при минимальном расходе ресурсов получить один максимально сильный ответ.

### **Шаг 4.2.**

**Если из условий задачи известно, какой должна быть готовая система, и задача сводится к определению способа получения этой системы, можно использовать метод «шаг назад от ИКР».** Изображают готовую систему, а затем вносят в рисунок минимальное демонтирующее изменение.

Возникает новая задача (микро-задача): как устранить дефект?

Разрешение такой микро-задачи обычно не вызывает затруднений и часто подсказывает способ решения общей задачи.

### **Шаг 4.3.**

**Определить, решается ли задача применением смеси ресурсных веществ.**

### **Примечания:**

33. Если бы для решения могли быть использованы ресурсные вещества (в том виде, в каком они даны) задача, скорее всего, не возникла или была бы решена автоматически. Обычно нужны новые вещества, но введение их связано с усложнением системы, появлением побочных вредных факторов и т.д. Суть работы с ВПР в четвертой части АРИЗ в том, чтобы обойти это противоречие и ввести новые вещества, не вводя их.

34. Шаг 4.3. состоит (в простейшем случае) в переходе от двух моновеществ к неоднородному бивеществу.

Может возникнуть вопрос: возможен ли переход от моновещества к однородному бивеществу или поливеществу?

Аналогичный переход от системы к однородной бисистеме или полисистеме применяется очень широко (отражен в стандарте 3.1.1). Но в этом стандарте речь идет об объединении систем, а на шаге 4.3. рассматривается объединение веществ. При объединении двух одинаковых систем возникает новая система. А при объединении двух «кусков» вещества происходит простое увеличение количества.

Один из механизмов образования новой системы при объединении одинаковых систем состоит в том, что в объединенной системе сохраняются границы между объединившимися системами.

Отсюда шаг 4.4. - создание неоднородной квазиполисистемы, в которой роль второго - граничного вещества играет пустота. Правда, пустота - необычный партнер. При смешивании вещества и пустоты границы не всегда видны. Но новое качество появляется, а именно это и нужно.

#### **Шаг 4.4.**

**Определить, решается ли задача заменой имеющихся ресурсных веществ пустотой или смесью ресурсных веществ с пустотой.**

#### **Примечание:**

35. Пустота - исключительно важный вещественный ресурс. Она всегда имеется в неограниченном количестве, предельно дешева, легко смешивается с имеющимися веществами, образуя, например, полые и пористые структуры, пену, пузырьки и т.д.

Пустота - это не обязательно вакуум. Если вещество твердое, пустота в нем может быть заполнена жидкостью или газом. Если вещество жидкое, пустота может быть газовым пузырьком. Для вещественных структур определенного уровня пустотой являются структуры нижних уровней (см. примечание 37). Так для кристаллической решетки пустотой являются отдельные молекулы, для молекул отдельные атомы и т.д.

#### **Шаг 4.5.**

**Определить, решается ли задача применением веществ, производных от ресурсных (или применением смеси этих производных веществ с «пустотой»).**

#### **Примечание:**

36. Производные ресурсные вещества получают изменением агрегатного состояния имеющихся ресурсных веществ. Производными считаются и продукты разложения ресурсных веществ. Для многокомпонентных веществ производные - их

компоненты. Производными являются также вещества, образующие при разложении или сгорании ресурсные вещества.

**Правило 8.** Если для решения задачи нужны частицы вещества (например, ионы), а непосредственное их получение невозможно по условиям задачи, требуемые частицы надо получить разрушением вещества более высокого структурного уровня (например, молекул).

**Правило 9.** Если для решения задачи нужны частицы вещества (например, молекулы) и невозможно получить их непосредственно или по правилу 8, требуемые частицы надо получать достройкой или объединением частиц более низкого структурного уровня (например, ионов).

**Правило 10.** При применении правила 8 простейший путь - разрушение ближайшего вышестоящего «целого» или «избыточного» (отрицательные ионы) уровня, а при применении правила 9 простейший путь - достройка ближайшего нижестоящего «нецелого» уровня.

**Примечание:**

37. Вещество представляет собой многоуровневую иерархическую систему. С достаточной для практических целей точностью иерархию уровней можно представить так:

- \* минимальное обработанное вещество (простейшее техническое вещество, например, проволока);
- \* «сверхмолекулы»: кристаллические решетки, полимеры, ассоциации молекул;
- \* сложные молекулы;
- \* молекулы;
- \* части молекул, группы атомов;
- \* атомы;
- \* части атомов;
- \* элементарные частицы;
- \* поля.

Суть правила 8: новое вещество можно получить обходным путем разрушением более крупных структур ресурсных веществ или таких веществ, которые могут быть введены в систему.

Суть правила 9: возможен и другой путь - достройка менее крупных структур.

Суть правила 10: разрушать выгоднее «целые» частицы (молекулы, атомы), поскольку нецелые частицы (положительные ионы) уже частично разрушены и сопротивляются дальнейшему разрушению; достраивать, наоборот, выгоднее нецелые частицы,

стремящиеся к восстановлению.

Правила 8-10: указывают эффективные пути получения производных ресурсных веществ из «недр» уже имеющихся или легко вводимых веществ. Правила наводят на физэффект, необходимый в том или ином конкретном случае.

#### **Шаг 4.6.**

**Определить, решается ли задача введением вместо вещества электрического поля или взаимодействия двух электрических полей.**

#### **Примечание:**

38. Если использование ресурсных веществ - имеющихся и производных - недопустимо по условиям задачи, надо использовать электроны - подвижные (ток) или неподвижные. Электроны – «вещество», которое всегда есть в имеющемся объекте. К тому же, электроны - вещество в сочетании с полем, что обеспечивает высокую управляемость.

#### **Шаг 4.7.**

**Определить, решается ли задача применением пары «поле - добавка вещества, отзывающегося на поле».**

#### **Примечание:**

39. На шаге 2.3 рассмотрены уже имеющиеся ВПР. Шаги 4.3-4.5 относятся к ВПР, производным от имеющихся. Шаг 4.6 - частичный отход от имеющихся и производных ВПР: вводят «посторонние» поля. Шаг 4.7 - еще одно отступление: вводят «посторонние» вещества и поля.

Решение мини-задачи тем идеальнее, чем меньше затраты ВПР. Однако не каждая задача решается при малом расходе ВПР. Иногда приходится отступать, вводя «посторонние» вещества и поля. Делать это надо только при действительной необходимости, если никак нельзя обойтись наличным ВПР.

### **ЧАСТЬ 5.**

#### **ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМФОНДА**

**Во многих случаях четвертая часть АРИЗ приводит к решению задачи. В таких случаях можно переходить к седьмой части. Если же после 4.7 ответа нет, надо пройти пятую часть.**

**Цель пятой части АРИЗ - использование опыта, сконцентрированного в информационном фонде ТРИЗ. К моменту ввода в пятую часть АРИЗ задача существенно проясняется - становится возможным ее прямое решение с**

помощью информационного фонда.

### **Шаг 5.1.**

**Рассмотреть возможность решения задачи (в формулировке ИКР-2 и с учетом ВПР, уточненных в четвертой части) по стандартам.**

#### **Примечание:**

40. Возврат к стандартам происходит, в сущности, уже на шагах 4.6 и 4.7. До этих шагов главной идеей было использование имеющихся ВПР - по возможности, избегая новых веществ и полей. Если задачу не удастся решить в рамках имеющихся и производных ВПР, приходится вводить новые вещества и поля. Большинство стандартов как раз и относятся к технике введения добавок.

### **Шаг 5.2.**

**Рассмотреть возможность решения задачи (в формулировке ИКР-2 с учетом ВПР, уточненных в четвертой части) по аналогии с еще нестандартными задачами, ранее решенными по АРИЗ.**

#### **Примечание:**

41. При бесконечном многообразии изобретательских задач число физических противоречий, на которых «держатся» эти задачи, сравнительно невелико.

Поэтому значительная часть задач решается по аналогии с другими задачами, содержащими аналогичное физическое противоречие. Внешне задачи могут быть весьма различными, аналогия выявляется только после анализа - на уровне физического противоречия.

### **Шаг 5.3.**

**Рассмотреть возможность устранения физического противоречия с помощью типовых преобразований (таблица 2 «Разрешение физических противоречий»).**

**Правило 11.** Пригодны только те решения, которые совпадают с ИКР или практически близки к нему.

### **Шаг 5.4.**

#### **Применение «Указателя физэффектов».**

Рассмотреть возможность устранения физпротиворечия с помощью «Указателя применения физических эффектов и явлений».

### **Примечание:**

42. Разделы «Указателя применения физических эффектов и явлений» опубликованы в журнале «Техника и наука» (1981. N 1-9; 1983. N 3-8), а также в книге «Дерзкие формулы творчества» (Петрозаводск: Карелия, 1987).

## **ЧАСТЬ 6.**

### **ИЗМЕНЕНИЕ ИЛИ ЗАМЕНА ЗАДАЧИ**

**Простые задачи решаются буквальным преодолением ФП, например, разделением противоречивых свойств во времени или в пространстве. Решение сложных задач обычно связано с изменением смысла задачи - снятием первоначальных ограничений, психологической инерцией и до решения кажущихся самоочевидными.**

**Для правильного понимания задачи необходимо ее сначала решить: изобретательские задачи не могут быть сразу поставлены точно. Процесс решения, в сущности, есть процесс корректировки задачи.**

#### **Шаг 6.1.**

**Если задача решена, перейти от физического ответа к техническому: сформулировать способ и дать принципиальную схему устройства, осуществляющего этот способ.**

#### **Шаг 6.2.**

**Если ответа нет, проверить - не является ли формулировка 1.1 сочетанием нескольких разных задач. В этом случае следует изменить 1.1, выделив отдельные задачи для поочередного решения (обычно достаточно решить одну главную задачу).**

#### **Шаг 6.3.**

**Если ответа нет, изменить задачу, выбрав на шаге 1.4 другое ТП.**

#### **Шаг 6.4.**

**Если ответа нет, вернуться к шагу 1.1. и заново сформулировать мини-задачу, отнеся ее к надсистеме. При необходимости такое возвращение совершают несколько раз - с переходом к наднадсистеме и т.д.**

## **ЧАСТЬ 7.**

### **АНАЛИЗ СПОСОБА УСТРАНЕНИЯ ФП**

**Главная цель седьмой части АРИЗ - проверка качества полученного ответа. Физическое противоречие должно быть устранено почти идеально, «без ничего». Лучше потратить 2-3 часа на получение нового - более сильного - ответа, чем потом полжизни бороться за плохо внедряемую слабую идею.**

#### **Шаг 7.1.**

**Контроль ответа.** Рассмотреть вводимые вещества и поля. Можно ли не вводить новые вещества и поля, используя ВПР - имеющиеся и производные? Можно ли использовать саморегулируемые вещества? Внести соответствующие поправки в технический ответ.

#### **Примечание:**

43. Саморегулируемые (в условиях данной задачи) вещества - это такие вещества, которые определенным образом меняют свои физические параметры при изменении внешних условий. Применение саморегулируемых веществ позволяет менять состояние системы или проводить в ней измерения без дополнительных устройств.

#### **Шаг 7.2.**

**Провести предварительную оценку полученного решения.**

#### **Контрольные вопросы:**

- а) Обеспечивает ли полученное решение выполнение главного требования ИКР-1 («Элемент сам...»)?
  - б) Какое физическое противоречие устранено (и устранено ли) полученным решением?
  - в) Содержит ли полученная система хотя бы один хорошо управляемый элемент? Какой именно? Как осуществлять управление?
  - г) Годится ли решение, найденное для «одноциклового» модели задачи в реальных условиях со многими циклами?
- Если полученное решение не удовлетворяет хотя бы одному из контрольных вопросов, вернуться к 1.1.

#### **Шаг 7.3.**

**Проверить (по патентным данным) формальную новизну полученного решения.**

#### **Шаг 7.4.**

**Какие подзадачи возникнут при технической разработке**

полученной идеи? Записать возможные подзадачи - изобретательские, конструкторские, расчетные, организационные.

## **ЧАСТЬ 8.**

### **ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННОГО ОТВЕТА**

Действительно хорошая идея не только решает конкретную задачу, но и дает универсальный ключ ко многим другим аналогичным задачам. Восьмая часть АРИЗ имеет целью максимальное использование ресурсов найденной идеи.

#### **Шаг 8.1.**

Определить, как должна быть изменена надсистема, в которую входит измененная система.

#### **Шаг 8.2.**

Проверить, может ли измененная система (или надсистема) применяться по-новому.

#### **Шаг 8.3.**

Использовать полученный ответ при решении других технических задач:

- а) Сформулировать в обобщенном виде полученный принцип решения.
- б) Рассмотреть возможность прямого применения полученного принципа при решении других задач.
- в) Рассмотреть возможность использования принципа, обратного полученному.
- г) Построить морфологическую таблицу, например, типа «расположение частей - агрегатные состояния изделия» или «использованные поля - агрегатные состояния внешней среды» и рассмотреть возможные перестройки ответа по позициям этих таблиц.
- д) Рассмотреть изменение найденного принципа при изменении размеров системы (или главных ее частей): размеры стремятся к нулю, размеры стремятся к бесконечности.

#### **Примечание:**

44. Если работа ведется не только ради решения конкретной технической задачи, тщательное выполнение шагов 8.3а - 8.3д может стать началом разработки новой теории, исходящей из полученного принципа.

## **ЧАСТЬ 9.**

### **АНАЛИЗ ХОДА РЕШЕНИЯ**

Каждая решенная по АРИЗ задача должна повышать творческий потенциал человека. Но для этого необходимо тщательно проанализировать ход решения. В этом смысл девятой (завершающей) части АРИЗ.

#### **Шаг 9.1.**

Сравнить реальный ход решения данной задачи с теоретическим (по АРИЗ). Если есть отклонения, записать.

#### **Шаг 9.2.**

Сравнить полученный результат с данными информационного фонда ТРИЗ (стандарты, приемы, физэффекты). Если в информационном фонде нет подобного принципа, записать его в предварительный накопитель.

#### **Внимание!**

АРИЗ-85-В опробован на многих задачах - практически на всем фонде задач, используемом при обучении ТРИЗ. Забывая об этом, иногда «с ходу» предлагают усовершенствования, основанные на опыте решения одной задачи. Для этой одной задачи предлагаемые изменения может быть и хороши (допустим!), но, облегчая решение одной задачи, они, как правило, затрудняют решение всех других...

Любое предложение желательно вначале испытать вне АРИЗ (так было, например, с методом ММЧ). После введения в АРИЗ каждое изменение должно быть опробовано разбором как минимум 20-25 достаточно трудных задач.

АРИЗ постоянно совершенствуется и потому нуждается в притоке новых идей, но эти идеи должны быть сначала тщательно проверены.

### **ТАБЛИЦА 1.**

#### **СХЕМЫ ТИПИЧНЫХ КОНФЛИКТОВ В МОДЕЛЯХ ЗАДАЧ**

##### **1. ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ**

А действует на Б полезно (сплошная стрелка), но при этом постоянно или на отдельных этапах возникает обратное вредное действие (волнистая стрелка).

Требуется устранить вредное действие, сохранив полезное действие.

##### **2. СОПРЯЖЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ**

Полезное действие А на Б в чем-то оказывается вредным действием на это же Б (например, на разных этапах работы одно

и то же действие может быть то полезным, то вредным).  
Требуется устранить вредное действие, сохранив полезное.

### **3. СОПРЯЖЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ**

Полезное действие А на одну часть В оказывается вредным для другой части В.

Требуется устранить вредное действие на В2, сохранив полезное действие на В1.

### **4. СОПРЯЖЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ**

Полезное действие А на В является вредным действием на В (причем А, В и В образуют систему).

Требуется устранить вредное действие, сохранив полезное и не разрушив систему.

### **5. СОПРЯЖЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ**

Полезное действие А на В сопровождается вредным действием на само А (в частности, вызывая усложнение А).

Требуется устранить вредное действие, сохранив полезное.

### **6. НЕСОВМЕСТИМОЕ ДЕЙСТВИЕ**

Полезное действие А на В несовместимо с полезным действием В на В (например обработка несовместима с измерением).

Требуется обеспечить действие В на В (пунктирная стрелка), не меняя действия А на В.

### **7. НЕПОЛНОЕ ДЕЙСТВИЕ ИЛИ БЕЗДЕЙСТВИЕ**

А оказывает на В одно действие, а нужны два равных действия. Или А не действует на В. Иногда А вообще не дано: надо изменить В, а каким образом - неизвестно.

Требуется обеспечить действие на В при минимально простом А.

### **8. "БЕЗМОЛВИЕ"**

Нет информации (волнистая пунктирная стрелка) об А, В или взаимодействии А и В. Иногда дано только В.

Требуется получить необходимую информацию.

### **9. НЕРЕГУЛИРУЕМОЕ (В ЧАСТНОСТИ ИЗБЫТОЧНОЕ) ДЕЙСТВИЕ**

А действует на В нерегулируемо (например постоянно), а нужно регулируемое действие (например, переменное).

Требуется сделать действие А на В регулируемым (штрих-пунктирная стрелка).

## **ТАБЛИЦА 2. РАЗРЕШЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ**

- 1. Разделение противоречивых свойств в пространстве.**
- 2. Разделение противоречивых свойств во времени.**
- 3. Системный переход 1а: объединение однородных или не однородных систем в надсистему.**
- 4. Системный переход 1б: от системы к антисистеме или сочетанию системы с антисистемой.**
- 5. Системный переход 1в: вся система наделяется свойством С, а ее части свойством анти-С.**
- 6. Системный переход 2: переход к системе, работающей на микроуровне.**
- 7. Фазовый переход 1: замена фазового состояния части системы или внешней среды.**
- 8. Фазовый переход 2: «двойственное» фазовое состояние одной части системы (переход этой части из одного состояния в другое в зависимости от условий работы)**
- 9. Фазовый переход 3: использование явлений, сопутствующих фазовому переходу.**
- 10. Фазовый переход 4: замена однофазового вещества двухфазовым.**
- 11. Физико-химический переход: возникновение - исчезновение вещества за счет разложения - соединения, ионизации - рекомбинации.**

### **5.2 Разбор задач с использованием АРИЗ.**

Для начального изучения ТРИЗ необходимым является только знакомство с АРИЗ и освоение его отдельных элементов. Полный

разбор задач с применением АРИЗ нужно выполнять только под руководством опытного преподавателя. Если полный разбор выполняется самостоятельно – необходимо отдать его для проверки и затем тщательно исправить ошибки.

Самостоятельное решение в этом разделе предполагает только использование отдельных элементов АРИЗ, тренировку в их использовании. Кроме того, необходимо выполнить оценку решения с позиций общей модели работы с АРИЗ.

### **5.3. Задача для самостоятельного решения.**

**Задача 5.1.** Корпус вертолета разрушается под действием вибрации, которая передается от винта на ось, соединяющую корпус с винтом. Все возможные амортизаторы уже поставлены, подшипники усилены. Попытка поставить второй винт, вращающийся в противоположном направлении, также не приводит к заметному уменьшению вибрации и разрушения корпуса. Что делать?

**Задача 5.2.** Во время эксплуатации трубки бегущей волны на ее катоде образуется нарост, приводящий нередко к короткому замыканию и выходу из строя всего блока. Известен срок надежной эксплуатации трубки, но его необходимо увеличить в 1,5 - 2 раза. Как быть?

**Задача 5.3.** Ускорители заряженных частиц работают, используя ускоряющие электромагнитные волны радиодиапазона. Однако, при ускорении, например, протонов, используется только положительная составляющая волны. Половина энергии фактически тратится напрасно. Что можно предложить?

**Задача 5.4.** Для герметизации транзисторов и микросхем используется эпоксидный компаунд. Он хорошо защищает полупроводниковый материал от химического загрязнения, однако подвергает его чрезмерным механическим нагрузкам. Требуется избавиться от вредного действия.

**Задача 5.5.** Для оптических зеркальных телескопов самое сложное - изготовление зеркала. Необходимо собирать лучи, например, с площади 10 квадратных метров. Изготовить зеркало таких размеров с необходимой точностью не представляется возможным. А телескопы нужны... Как быть?

**Задача 5.6.** Заправочные станции распределяют бензин по объему, однако объем, например, одного килограмма бензина меняется в значительных пределах при изменении температуры. Продавать нефтепродукты по весу - тоже плохо, бак автомобиля заполняется все-таки по объему. Как быть?

**Задача 5.7.** В плавильные печи часто требуется подавать воду (жидкую или в виде пара). При этом необходимо предварительно раздробить поток на мелкие частицы заданного размера. В идеальном случае поток должен раздробиться сам, но как этого добиться?

**Задача 5.8.** Для связи с шахтерами, находящимися под, землей, обычные электромагнитные средства связи малопригодны: радиоволны быстро затухают в породе (грунт, гранит). Предложите новый способ связи, лишенный этого недостатка.

**Задача 5.9.** Для измерения потоков текучих и сыпучих материалов выпускается (фирмой «Маис Келлер») специальная установка. Поток падает на наклоненную под определенным углом пластину, являющуюся плечом рычага. По отклонению рычага судят о расходе материала. Как усовершенствовать этот способ?

**Задача 5.10.** Построена аэродинамическая камера высокого давления, необходимая для многих исследований. Однако использовать камеру на полную мощность, достаточно производительно не удастся: ведь необходимо постоянно вносить образцы в камеру и выносить их оттуда. Для этого в камере приходится понижать давление, а каждый такой процесс - около часа потерянного времени. Как быть?

**Задача 5.11.** Пробой топливного бака ракеты вызывает мгновенное местное разогревание топлива - и взрыв. Защита стенок бака от пробоя малоэффективна: в космосе всегда попадет достаточно быстрый метеорит, который пробьет любую защиту. Но и допускать взрыв тоже нельзя. Как быть?

**Задача 5.12.** Транспортировка природного газа на большие расстояния - сложная техническая проблема. Для этого применяются специальные криогенные танкеры, в которых газ находится при температуре минус 160°C. Такая перевозка очень дорого стоит. Что можно предложить?

**Задача 5.13.** Некоторые фирмы применяют шестифтористую серу в качестве гасителя электрической дуги в электрических разъемах (высоковольтных). Для гашения используется газообразное соединение, однако оно быстро сжижается при высоких давлениях внутри искрогасителя, поэтому необходимо постоянный подогрев, а это - дополнительный расход энергии. Как быть?

**Задача 5.14.** Предложите (путем преодоления противоречий в системе) новый способ определения скорости движения самолетов.

**Задача 5.15.** В бензин вводят специальные добавки, содержащие свинец, которые снижают опасность детонации топлива. Однако избыток свинца в бензине резко увеличивает токсичность выхлопных газов. Что делать?

**Задача 5.16.** Одна из самых сложных проблем вертолетостроения - компенсация значительного вращательного момента винта, передающегося на корпус. Предложите способ вращения винта, исключающий необходимость компенсировать вращательный момент.

**Задача 5.17.** Для уничтожения опухолей в организме применяют смесь железных опилок с силиконом, которую вводят в опухоль. Смесь застывает и перекрывает кровеносные сосуды, питающие опухоль. Однако до застывания часть смеси может рассосаться по другим, здоровым частям организма. Как быть?

**Задача 5.18.** Фирма «Роллс-Ройс» применяет собственную (по утверждению фирмы) технологию сверхточного литья: восковый шаблон детали догружают в форму из жидкого материала, в котором после застывания образуется полость, точно повторяющая форму детали. После выплавления воска полость заливается расплавленным металлом и получают необходимую деталь.

По данным фирмы точность изготовления достигает тысячных долей сантиметра. Какие противоречия были преодолены при решении этой проблемы? Какие новые противоречия возникли?

**Задача 5.19.** Количество пассажирских и грузовых самолетов постоянно возрастает. Растет также их полезный объем, габариты. Возникла сложность: теперь переоборудовать пассажирский самолет в грузовой (как это нередко делается) - значительная

проблема: слишком много времени уходит на демонтаж кресел. Что делать?

**Задача 5.20.** При размыкании контактов реле в электромагнитных устройствах возникает сильная радиопомеха. Предложите эффективный способ снижения радиопомехи, исключающий, например, использование бесконтактного реле.

**Задача 5.21.** Обнаружены химические реакции, протекающие волнами. Предложите техническое устройство, использующее это явление. Какие противоречия при этом устраняются?

**Задача 5.22.** Фирма «Пресшур дайнэмикс лимитед» (Англия) предлагает станок для резки хрупких и мягких упругих материалов с помощью струи воды большого напора. Какое противоречие при этом преодолено? Как улучшить способ?

**Задача 5.23.** При облучении металла ультрафиолетовыми лучами возникает эмиссия электронов. Причем, интенсивность эмиссии возрастает, если участок металла подвергается пластическим деформациям. Явление можно применить для поиска нагруженных областей металла. Но как надежно определить место максимальной эмиссии электронов?

**Задача 5.24.** Корпус автомобиля должен быть достаточно прочным, чтобы при опрокидывании или столкновении с другими транспортными средствами не пострадали пассажиры. С другой стороны, усиление корпуса ведет к его утяжелению. Как быть?

**Задача 5.25.** Крыло профиля «В» (фирма «Макдонэл-Дуглас», Калифорния) создает большую подъемную силу при больших углах атаки. Характерное отличие профиля - наличие небольшого выступа на его передней кромке. Выступ заставляет воздушный поток вдоль нижней поверхности отрываться (и тем самым создается дополнительное сопротивление из-за срыва потока при малых углах атаки). Как можно усовершенствовать описанный профиль?

#### **5.4. Указания к решению задач.**

При решении задач по АРИЗ хорошо проявляется **закономерность развития технических систем**: их стремление к идеальности, выявление и преодоление противоречий, «многоуровневость» систем... В то же время, выявляется немало

нюансов, которые трудно или вообще невозможно учесть без основательного знакомства с ТРИЗ, без ее глубокого, досконального изучения. Например, только принцип отзывчивости содержит в себе массу потенциальных возможностей для решения задач. Как уже указывалось во введении, более подробные сведения о ТРИЗ можно найти во второй книге этого учебника, а также в литературе, список которой приведен в конце этой книги. Следует также учесть, что заниматься ТРИЗ (как и всякой другой наукой) необходимо под руководством опытного преподавателя: на специальных курсах, семинарах или заочно. Только в этом случае занятия дают по-настоящему высокий эффект.

При использовании этого учебника для контроля знаний желательно задачи какого-либо из разделов предлагать для разбора по материалам другого раздела. При этом не имеет значения - известен ли заранее контрольный ответ. Главное (как всегда при разборе задачи с помощью ТРИЗ) - точная, соответствующая конкретному теоретическому материалу запись хода решения. По этой записи преподаватель может легко обнаружить ошибку (если она есть) и скорректировать дальнейшее обучение.

При разборе задач в этом разделе в некоторых решениях преднамеренно допускались типичные ошибки, которые потом исправлялись самим ходом решения. Нельзя, однако, полностью перекладывать ответственность за ход решения на АРИЗ. Он не работает, если формулировки шагов будут содержать грубые ошибки - явные отклонения от предписаний теории.

И последнее – немаловажное – замечание. ТРИЗ позволяет быстро и на высоком уровне решать практически все современные технические задачи. Но для этого - помимо хорошего знания теории - необходима постоянная тренировка, постоянное, повседневное применение аппарата ТРИЗ в своей практической деятельности. При этом необходимо ориентироваться не столько на получение патентоспособного решения, сколько на получение эффективной, работоспособной технической системы.

Вспомним теперь пример, который использовался в заключительном параграфе двух первых глав. Речь шла о разработке системы «магнитная звукозапись». Система была рассмотрена с точки зрения законов развития ТС, с точки зрения вепольного анализа. Там же выявились противоречивые

требования, предъявляемые к веществу-инструменту: оно должно обладать комплексом определенных свойств - и не должно обладать этим комплексом свойств (см. **часть 4 раздела 2 «Вепольный анализ»**). Фактически, речь идет о свойствах **оперативной зоны**. Преодолеть противоречие в этой системе помогает **типовое преобразование 2**: противоречивые свойства разделяются во времени. Как правило, из физических эффектов для этой цели более всего подходят фазовые переходы. Следовательно - преобразующий слой должен терять свои преобразующие свойства после того, как осуществится процесс записи. Здесь возникает новая задача: как осуществить постепенный фазовый переход. По ИКР инструмент должен сделать это сам... Иначе - под действием падающей на слой преобразователя акустической волны преобразователь должен терять свои свойства не сразу по всей поверхности, а, например, линейно, слева направо по ширине пластины. Для этого слой преобразователя можно, например, заранее выполнить неоднородным и потому по-разному реагирующим на внешнее воздействия. Прогнозируя дальнейшее развитие такой системы (используя законы развития ТС) можно получить, например, систему с многослойным размещением преобразовывающего и записывающего вещества, т.е. создать вещества, которые сами записывают на себе в магнитном виде акустические сигналы. Это будет практически идеальная система. Однако простота ее использования создается (и обуславливается) сложностью ТС вне оперативной зоны, а также в надсистеме: изготовление такого вещества потребует создания новой (и высокоточной) технологии. Впрочем, ее также можно разработать с помощью ТРИЗ.

### **Дополнительные указания к задачам.**

**Задача 5.1.** В оси под действием двигателя возникают механические колебания. Движущаяся ось всегда колеблется - и в ней образуются стоячие волны. У стоячей волны есть фиксированные максимумы амплитуды - и фиксированные минимумы. В точке минимума отклонение оси от нулевого положения практически отсутствует...

Для каждой конкретной оси конкретного вертолета сравнительно несложно определить зоны минимума амплитуды стоячей волны, зоны, где вибрация практически отсутствует. Именно здесь ось должна крепиться к корпусу. Такой вертолет разработан и построен компанией «Белл геликоптер» (журнал «Эвиэйшн Уик энд Спейс Технолоджи», том 97, №25). Корпус и несущий винт в

нем крепятся в узловых точках стоячей волны оси. Испытания показали уменьшение вибрации конструкции на 70 - 90 процентов.

Причем, точку крепления легко перемещать по оси в обоих направлениях, т.е. при изменении длины стоячей волны (при этом точка минимума амплитуды смещается) легко удерживать точку крепления в этом минимуме. Обратите внимание: в контрольном ответе не предусмотрено управление (и вообще перемещение) точки крепления корпуса на оси. Однако оно предусмотрено законами развития технических систем, и, соответственно, - текстом АРИЗ.

Опыт использования этой задачи в качестве учебной показывает, что без использования аппарата ТРИЗ она практически не решается даже специалистами в области вертолетостроения. Неизвестно также, сколько времени было затрачено специалистами «Белл геликоптер» для получения такого решения. В то же время, даже студенты, изучающие некоторые элементы ТРИЗ в ограниченном объеме, на заключительных занятиях уверенно выходят на физическое противоречие в системе и преодолевают его с помощью соответствующего физэффекта.

**Задача 5.2.** Эта задача возникла при эксплуатации ретрансляционных телевизионных спутников серии «Интелсат». Обычно такое «дополнение» условий вызывает тормозящую реакцию при решении задачи (сейчас еще не многим приходится часто сталкиваться с космической техникой и технологией). Однако если использовать аппарат ТРИЗ - дополнение облегчает решение, подталкивая его к идеальному. Ведь в условиях автономного космического полета нет возможности резко усложнить систему. И обычный путь решения подобных задач - дублирование аппаратуры - в данном случае неприменим.

Контрольный ответ описан в журнале «Флайт Интернейшнл» (том 120, № 3768). Предусматривается обратное включение трубки некоторое время спустя после начала эксплуатации. При этом не учитывается фактическая величина образовавшегося нароста. В результате этого возможно накопление нароста в сверхкритическом объеме на одном из концов трубки.

**Задача 5.3.** Задача очень проста для решения с помощью АРИЗ. Тем не менее, разбор по АРИЗ может оказаться полезным, поскольку в коротком, сравнительно легком разборе легче проследить логику решения задачи.

Контрольный ответ (английский журнал «Нью Сайентист», том 58, № 843): ускоритель производит одновременное ускорение протонов и антипротонов (отличающихся друг от друга только знаком электрического заряда) с помощью, одной ускоряющей волны радиодиапазона. При этом пакеты частиц различного заряда ускоряются противоположными полупериодами волны.

**Задача 5.4.** Техническое решение: создать вокруг полупроводникового материала зоны с пониженным содержанием компаунда путем использования центробежных сил.

Контрольный ответа: для предотвращения механических перегрузок полупроводникового материала корпус прибора выполняется из двух камер, одна из которых размещена внутри другой. Внутренняя камера заполняется азотом, наружная - компаундом. Такой корпус разработала фирма «Семикондактор продактс» (филиал «Дженерал электрик»).

**Задача 5.5.** Контрольный ответ: поверхность зеркала формируется из жидкого материала, находящегося в поле центробежных сил вплоть до полного затвердевания. Такое решение обладает отзывчивостью только до момента затвердевания. Обратите внимание на то, что здесь инструмент переходит с микроуровня (жидкость) на макроуровень (твердое тело), т.е. совершает действие вопреки законам развития ТС. Именно поэтому происходит резкое ухудшение свойств всей системы.

Не так давно было выдано авторское свидетельство на изготовление зеркал для телескопов с помощью эпоксидной смолы, помещенной в центробежное поле. После застывания поверхность смолы покрывают тонким слоем серебра, формируя практически идеальное по форме и качеству зеркало.

**Задача 5.6.** Фирма «Эвери-Хардол» (данные журнала «Электронике Уикли» № 643) разработала и внедрила на ряде заправочных станций измеритель подачи топлива с двумя отсчетными шкалами. По одной из них указывается фактический объем, по другой - приведенный (с температурной поправкой) при температуре 15,5°C.

**Задача 5.7.** Техническое решение: поток воды должен во время своего движения создавать ультразвук, который дробит его на части заданных размеров (эти размеры зависят от длины

ультразвуковых волн). Такую «свистящую форсунку» применяет фирма «Соник дивеломент корпорейшн» (см. журнал «Файнейншл Таймс», № 25972).

**Задача 5.8.** Задачи такого типа как правило решаются не менее чем за два цикла: вначале (после первого цикла) появляется лишь принцип действия, затем - уточняется его реализация.

Контрольный ответ: вне породы сигнал несет электромагнитное поле (так удобно), а в породе оно само превращается в акустическое. По данным журнала «Дизвйн Ньюс», том 28, № 6 такая система содержит пьезокристаллические преобразователи, которые крепятся к породе и трансформируют электромагнитное поле в акустическое и обратно. Способ дает возможность обеспечить связь под землей на расстояние свыше сотни метров, что во многих случаях достаточно для определения, например, верного направления работы горноспасателей.

**Задача 5.9.** Усовершенствовать способ - значит отыскать противоречие в системе и преодолеть его, Однако, на первый взгляд, противоречий в системе нет, всё работает достаточно хорошо. В этом случае целесообразно проверить заданную систему по контрольным вопросам (**шаг 7.2 в АРИЗ**). Если хотя бы один из вопросов останется без обоснованного ответа - задачу смело можно решать заново. Если с контрольными вопросами всё в порядке - следует обратиться к законам развития технических систем, а затем развить с помощью АРИЗ полученный принципиальный ответ.

Контрольный ответ: измерительную пластинку выполняют вогнутой, при этом часть потока сразу же тормозится в углублении, образуя своеобразный слой - пластинку, выполненную из материала потока.

**Задача 5.10.** По данным журнала «Флайт Штернейшнэл» (том 103, № 3341) контрольный ответ на эту задачу получен путем весьма сложных исследований, с большими затратами «инженерной мысли». Долгое время задача относилась к разряду неразрешимых.

По контрольному ответу аэродинамическая труба снабжена чем-то вроде шлюзовой камеры: часть ее объема (изнутри) может герметически отделяться от остального объема. Причем, эта изолируемая часть прилегает к стенке аэродинамической трубы.

После этого открывается люк, соединенный с окружающим пространством - и образец «на свободе». Процесс загрузки образца производится в обратном порядке. Отметим, что ввиду незначительного объема отделяемой части (по сравнению с общим объемом камеры) перепады давления внутри аэродинамической трубы практически отсутствуют.

**Задача 5.11.** Снова задача из области космической техники. Более того - задача очень сложная. И сложность прежде всего в том, что нет абсолютно никакой возможности применить традиционный метод защиты – «всегда найдется достаточно быстрый метеорит». Следовательно, необходимо с самого начала принять тот факт, что метеорит пробивает топливный бак...

По контрольному ответу (журнал «Флайт Интернейшнл», том 103, № 3342) топливный бак заполняется полиуретановой пеной, которая остается в баке, не мешая топливу стекать в камеру сгорания. Однако это способ разработан (фирмой «Локхид-Джорджия») для реактивных самолетов, т.е. для земных условий (с наличием силы тяжести). В космосе, в условиях невесомости такая жесткая система не даст необходимого эффекта, поскольку значительная часть топлива останется в баке, удерживаемая капиллярными силами. Это уже новая задача, которую нетрудно решить...

**Задача 5.12.** Упражнение на формулировку технических противоречий.

**Задача 5.13.** Упражнение на формулировку технических противоречий.

**Задача 5.14.** По контрольному ответу (журнал «Электроникс Уикли», № 657) на борту самолета располагается небольшой лазер, излучающий световой поток вперед по ходу самолета. Свет отражается от скопления аэрозоля в районе скачка уплотнения, находящегося перед носовой частью самолета, и испытывает доплеровское смещение. Величина этого смещения пропорциональна скорости движения самолета сквозь воздух.

**Задача 5.15.** По контрольному ответу (журнал «Нью Сайентист», том 58, № 845) для улавливания частичек свинца используется специальный фильтр из нержавеющей стали, покрытой окисью алюминия.

Эти задачи (5.14 и 5.15) можно использовать по прямому назначению: для решения с помощью АРИЗ. Однако здесь они не зря поставлены рядом и приведены без подробного разбора. Легко видеть, что эти задачи относятся к различным областям техники. К тому же - задачи различны по форме: в одной прогноз, в другой практически сформулировано техническое противоречие, теперь ее очень легко решать. Общее же в этих задачах то, что они хорошо поддаются решению с помощью АРИЗ (ответы, как правило, получаются выше по уровню, чем приведение контрольные). Единственное требование - точное соблюдение предписаний ТРИЗ и постоянная тренировка в выполнении этих предписаний. Теория решения изобретательских задач - точная наука. И как всякая наука она приносит действительно весомый результат при аккуратном использовании.

**Задача 5.16.** Реактивный вращательный момент должен быть (этого требуют законы природы, иначе вертолет не полетит) - и вращательного момента не должно быть, чтобы не приходилось его компенсировать. Это противоречие преодолевается путем разнесения противоречивых свойств (требований к частицам оперативной зоны) в пространстве.

Фирма «Наглер эйркрафт корпорейшн» (штат Арканзас) сконструировала вертолет «Хончо», в котором реализовано такое решение (см. журнал «Дизайн Ньюс», том 28, № 6). Винт этого вертолета выполнен полым, а на его концах расположены сопла (наподобие колеса Герона). Через винт прокачивается воздух, который, вырываясь через сопла, уносит с собой ту часть вращательного момента, которая раньше поступала на корпус вертолета. Вращение винта, естественно, осуществляется реактивным давлением воздуха.

**Задача 5.17.** Инструмент хорошо выполняет главную функцию системы - лечебную, но плохо справляется с доставкой лечебных свойств по назначению (система плохо управляема). В Станфордском университете эта проблема решена путем введения внешнего магнитного поля, размещенного вне организма рядом с опухолью. Магнит удерживает опилки с силиконом в районе опухоли до полного застывания. Легко видеть, что данная система в конечном счете плохо управляема: после завершения полезного действия силикон и железные

опилки не могут сами удалиться из организма. Мешает то, что помогало полезному действию - хорошая сцепленность частичек вещества инструмента. Ею необходимо управлять. Это достаточно простая задача, ее можно решить, например, используя стандарты.

**Задача 5.18.** Это скорее не задача, а упражнение на выявление противоречия в технической системе. Однако для точного выявления противоречия необходимо пройти по шагам АРИЗ: выделить конфликтующую пару, уточнить оперативную зону, обозначить ИКР... Следует помнить о том, что окончательное решение может быть получено из первоначальной ситуации путем нескольких проходов по шагам АРИЗ, что даст несколько ФП, преодолеваемых последовательно в каждом цикле.

**Задача 5.19.** Фирма «Вентура мэньюфэкчуринг» (штат Техас) выпускает модульные пассажирские салоны для самолетов. Такой модуль может вдвигаться в грузовой отсек транспортного самолета и закрепляется там обычными узлами для закрепления грузов. Модуль, в котором размещены ряды кресел, может за считанные минуты извлекаться из грузового отсека.

**Задача 5.20.** Необходимо решить задачу: как при плохом инструменте и плохом изделии (контакты и переменный ток, который прерывается этими контактами) получить хороший результат - отсутствие радиопомехи. Противоречие: ток в контактах должен быть (иначе что же размыкать?) - и тока в контактах (при размыкании) не должно быть, чтобы не возникла радиопомеха. Инженеры фирмы «Интерэлектроник» (Швейцария) преодолели его таким образом: срабатывание реле происходит в начале или в конце полупериода тока, т.е. тогда, когда ток в цепи практически отсутствует и радиопомехи не появляются.

**Задача 5.21.** Каждый физический эффект - это преодоление некоторым образом некоторого физического противоречия. При этом противоречие может наблюдаться не только во внешнем проявлении физэффекта. Например, сверхпроводимость - это «противоестественное» объединение двух одноименно заряженных частиц (образуются так называемые куперовские пары электронов, свободно протекающие между ионами кристаллической решетки), которое и приводит к исчезновению электрического сопротивления в материале.

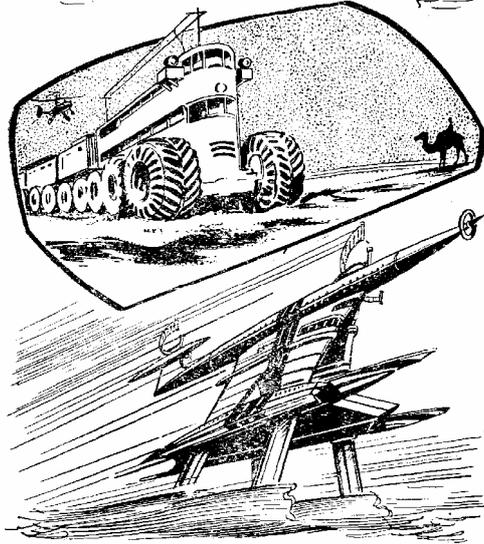
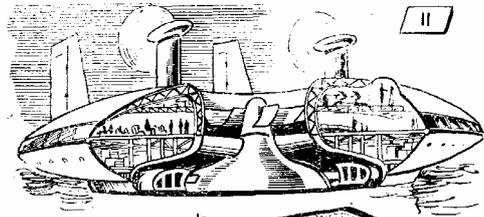
Эффект, описанный в условии данной задачи (подробнее см. журнал «Сайенс Ньюс», том 102, № 23), преодолевает, например, противоречие, возникающее при реализации магнитной звукозаписи, рассмотренной в начале этого параграфа. Именно химическая реакция, протекающая волнами, позволяет разделить во времени противоречивые свойства частиц оперативной зоны.

**Задача 5.22.** Выявление противоречия в уже решенной задаче преследует не только учебные цели. Оно также помогает определить путь дальнейшего развития технической системы. Какой была система «резка резины» перед этим? Можно с уверенностью оказать, что она не совпадала с системой «резка шифера». Ведь, как правило, обработка упругих и хрупких материалов - совершенно различные операции. Их совмещение требовало совмещения противоположных физических свойств инструмента. Полезно решить эту задачу по АРИЗ, а только после этого улучшать способ (естественно, с помощью аппарата ТРИЗ).

**Задача 5.23.** На первый взгляд, задача относится к области применения физических эффектов и явлений. Однако для правильного применения таблицы физэффектов необходимо пройти первые три части АРИЗ и только затем (после выявления и устранения ФП) точно применить нужный эффект. Причем, в данном случае хорошее решение получается минимум после второго цикла решения по АРИЗ.

**Задача 5.24.** Противоречивые свойства (хорошо видные уже из условия) легко преодолеваются путем разделения их в пространстве. Так, в малолитражном автомобиле, сконструированном французскими инженерами, в облегченный до предела кузов запрессованы особо прочные несущие дуги (к ним, к тому же, крепятся держатели предохранительных поясов). Предельное решение этой задачи - создание автомобилей типа «багги», у которых вообще отсутствует кузов, но сохранены предохранительные несущие дуги.

**Задача 5.25.** Обычный путь усовершенствования технической системы - ее динамизация. Представьте заданную ТС некоторым решением задачи и проверьте это решение на соответствие контрольным вопросам (**шаг 7.2 в АРИЗ**). Тогда будет сразу заметным отсутствие хорошо управляемого элемента в системе. Таким элементом, очевидно, должен стать инструмент - выступ на профиле. Его желательно сделать изменяемым по размерам. Второй цикл решения по АРИЗ - выяснение того, как именно будет осуществляться это изменение.



## Раздел 6. Преодоление психологической инерции

### 6.1. Теоретическая часть.

Решение технических изобретательских задач нередко тормозится стереотипностью подхода к ситуации, трудностью, связанной с «давлением» привычных терминов, представлений. Все эти препятствия в совокупности называются психологической инерцией при решении изобретательски задач.

Для преодоления такого рода психологической инерции существует ряд приемов-методов, знакомство с которыми значительно облегчает решение изобретательских задач.

#### **Метод моделирования «маленькими человечками» (ММЧ).**

Суть метода заключается в том, что заданный объект представляют (как правило – графически) в виде множества «маленьких человечков», которые выполняют функции объекта. В отличие от метода эмпатии, где функции объекта выполняет один человек, ММЧ позволяет легко перейти, например, к дроблению объекта, его растворению в кислоте и т.п. Заставляя «маленьких человечков» выполнять те или иные действия, не следует думать о том, как эти действия будут осуществляться реальным объектом.

**Оператор РВС (размер-время-стоимость).** Суть метода заключается в том, что размеры заданного объекта, время протекания процесса (или скорость его движения) и стоимость последовательно изменяются от заданной величины до нуля и от заданной величины до бесконечности. Иногда значения указанных параметров изменяют также в области отрицательных величин. Используя оператор РВС, следует иметь в виду, что количественные изменения параметров должны сопровождаться качественными изменениями свойств объекта, которые нужно развить и оценить.

### 6. 2. Разбор задач с использованием метода ММЧ и оператора РВС.

**Задача 6.1.** Длина резонансной полости в лазерах определяется расстоянием между зеркалами, находящимися по обеим сторонам рабочего тела (кристалла, газа и т.д.). Выходной луч проходит

сквозь отверстие в одном из зеркал. На основании этого предложите конструкцию лазера с регулируемой выходной мощностью.

**Решение.** Предварительное условие для решения всех технических изобретательских задач - оценка ситуации с помощью **законов развития технических систем** и ее описание в **вепольной форме**. Как это делается - показано в соответствующих разделах учебника. Только после этой обязательной подготовительной работы имеет смысл приступать к дальнейшему разбору задачи.

Если приемы преодоления психологической инерции применяются самостоятельно (отдельно от АРИЗ), то безразлично - используются они по одному или в совокупности. Приобретая определенный навык пользования этими приемами, можно будет различать ситуации, которые легче поддаются разрешению с помощью метода ММЧ или оператора РВС.

Предварительный анализ условий задачи показывает, что без значительных дополнительных затрат мощность лазерного луча можно изменять только в меньшую сторону. Желательно также, чтобы это делали сами зеркала.

Применяем оператор РВС. Уменьшаем расстояние между зеркалами. Масштаб уменьшения (увеличения) всегда нужно согласовывать с естественными (имеющимися в данной технической системе) величинами. В лазере такой единицей измерения будет длина излучаемой световой волны. Если расстояние между зеркалами будет меньшим - произойдет качественный скачок: излучение прекратится. Максимум выходной мощности потока (вспомним физику) будет наблюдается тогда, когда расстояние между зеркалами кратно целому числу длин волн... Увеличим расстояние между зеркалами. Будут расти потери на поглощение фотонов в среде. В конце концов наступит момент, когда все испущенные кванты света поглотятся рабочим телом лазера, а его мощность, соответственно, уменьшится до нуля. Однако, не строить же лазер многометровой длины...

Допустим (вторая ось оператора), что расстояние между зеркалами научились изменять с большой скоростью, в пределах - сравнимой со скоростью света. Возникает неожиданный эффект: стенки могут подгонять или тормозить фотоны, изменяя тем самым выходную мощность лазера. Как заставить стенки-зеркала

вибрировать (а речь идет именно о вибрации)? В идеальном случае фотоны должны сами их раскачивать (тогда, безусловно, будет согласована ритмика частот системы)... Малая скорость изменения соответствует статичности лазерных стенок, этот случай уже рассматривался.

Стоимость переделки лазера равна нулю - это соответствует тому, что лазер сам осуществляет свою перенастройку (по минимальному управляющему сигналу).

В качестве изменяемого элемента для работы оператором РВС можно выбрать отверстие в одном из зеркал. Как тогда видоизменится задача?

Легко видеть, что после применения оператора РВС задача пришла к знакомому, более удобному для решения виду. В некоторых случаях, преодолев психологическую инерцию можно непосредственно выйти к ответу, близкому к контрольному. Так, рассмотрев с помощью оператора отверстие в зеркале, несложно прийти к ответу: регулировка мощности осуществляется самим отверстием, в котором находится небольшое третье зеркальце, расположенное под определенным углом к направлению выходного луча, меняя этот угол, меняют, соответственно, выходную мощность лазера. Такие приборы выпускает, например, американская фирма «Сандиа лейбораториз».

**Задача 6.2.** Разработана (Стенфордский университет) миниатюрная - размером с обычную авторучку - телевизионная передающая камера, с помощью которой можно считывать отдельные буквы печатного текста. Такая камера была бы незаменима для людей со слабым зрением, но ведь на телеэкран тоже нужно смотреть... Как быть?

**Решение.** Прежде, чем воспользоваться методом ММ (а в данном случае именно он дает хороший результат), опишем ситуацию в вепольной форме: какие вещества и поля входят в систему, как они между собой взаимодействуют, насколько это эффективно для выполнения основной функции ТС? Теперь становится очевидно: изображение нужно преобразовать с помощью механического поля, тогда его можно будет воспринимать тактильным путем, например, пальцами. Итак, имеется экран, на котором некоторым образом, появляется изображение, переданное микро-телекамерой. Представим его в виде толпы «маленьких человечков». К слову, уже один подход дает перспективную идею, хорошо согласующуюся с законами

развития технических систем (перевод инструмента на микроуровень). Экран должен состоять их множества миниатюрных элементов-«человечков». Что должны делать «человечки»? От них требуется совсем немного: быть заметными (если они являются элементами изображения) - или быть незаметными (если в данной области экрана сигнала-изображения нет). На рисунке (а рисунки при работе методом ММЧ нужно делать обязательно - схематичные, приближенные, но ясные) это можно представить таким образом: в толпе "человечков" все стоят одинаково, а некоторые подняли руки. Теперь заметны будут только поднятые руки - они-то и несут информацию.

Такой принцип реализован в матрице вибрирующих иглолок, имеющей размеры обычной книжной страницы. Проводя одной рукой с телекамерой по строкам книги, можно пальцами другой руки «читать» буквы на матрице.

Моделирование «маленькими человечками», как и оператор РВС, не предназначены для точного решения изобретательских задач. От них можно требовать только устранения психологической инерции на этапе постановки задачи. Но данный пример показывает, что в некоторых случаях доводка решения после применения приемов преодоления психологической инерции требует незначительных (в основном - конструкторских и технологических, но не изобретательских) усилий.

**Задача 6.3.** Для искусственного освещения районов, испытывающих недостаток света (полярная ночь), предлагается приманить рефлекторы из фольги, выведенные на стационарную околоземную орбиту. Спрогнозируйте развитие этого способа.

**Решение.** Прогноз - область, где хорошо работает оператор «размер-время-стоимость». Будем увеличивать размер «космического зеркала». Уже в предыдущей задаче выяснилось, что подобные неограниченные изменения параметров в конечном счете приводят к некоторым качественным изменениям свойств объекта. Так, достраивая зеркала новыми и новыми участками, можно придти к зеркалу, которое полностью окружает Землю. Может показаться, что оно из полезного превратилось во вредное: полностью перекрыло доступ солнечных лучей к планете. Однако, технически вполне осуществимы (и уже изготавливаются) зеркала-детекторы, пропускающие свет в одном направлении. Таким образом, созданная система ограничит излучаемое Землей количество энергии - и на планете станет

теплее. Сделав зеркало динамичным можно регулировать тепловой баланс атмосферы. Меняя в широких пределах кривизну - менять количество света (и другого вида излучения), попадающего на конкретный участок земной поверхности. В конечном счете, пространство под сферой можно пополнить (например, за счет распыленных астероидов) атмосферой и расширить тем самым область обитания человека...

Однако, сферу-зеркало можно расширять (увеличивать) неограниченно. Значит, вскоре внутри нее разместится не только Луна (на которую, при наличии атмосферы, можно будет летать, скажем, на воздушном шаре), но и Солнце. Это приведет к «возвращению» задачи на новом уровне и даст несколько совершенно неожиданных результатов. Например, солнечные лучи можно будет сфокусировать в один - и тогда (в силу реактивного принципа) наша планетная система превратится в обыкновенный фотонный корабль, хорошо управляемый и вполне жизнеспособный...

Обратите внимание: изменяя всего один параметр обычной в наше время ТС «космическое зеркало» (проект находится в состоянии реализации), можно получить самые разнообразные, на первый взгляд - чисто фантастические результаты. Но оператор РВС хорошо срабатывает только в том случае, когда на каждом этапе полученная идея тщательно развивается и прорабатывается. Если же ограничиться одной констатацией факта изменения параметра - результат редко бывает даже удовлетворительным.

**Задача 6.4.** Оптические телескопы в открытом космосе легко разрушаются микрометеоритами, их стекла портятся также под действием космического излучения. Подсчитано, однако, что применение оптического телескопа в открытом космосе во много раз выгоднее его работы на поверхности Земли, где сказываются сильные атмосферные помехи. Как быть?

**Решение.** Применение метода ММЧ в данном случае кажется крайне неудачным: ведь не дробить же дорогие оптические стекла! Тем не менее, позволим «маленьким человечкам» выполнить свою работу самостоятельно, не требуя сразу очевидных результатов. Итак, представим объектив телескопа в виде толпы «маленьких человечков». Их атакуют другие «человечки» - излучение, микро-метеориты. Столкновение «человечков» всегда приводит к их обоюдному разрушению. Никакие щиты здесь не помогут, кроме того - это запрещено правилами метода: «человечки» могут действовать только сами

по себе. Таким образом, происходит постоянное разрушение вещества-инструмента. Это разрушение необходимо чем-то восполнять. Если один из «человечков» исчез (покинул систему) - на его месте должен сразу же появиться другой. Причем - появиться сам. ТС, в которой работают «человечки», должна сама посылать их в нужное (повреждённое) место. Другими словами, необходимо создать «надежную систему из ненадежных элементов».

Понятно, что добиться такой динамичности в твердом веществе очень трудно. В газообразном, наоборот, - слишком «легко»: «человечки» газа стремятся разбежаться во все стороны. Остается жидкая фаза, в которой и должно пребывать вещество-инструмент. Повидимому, состав его будет заметно отличаться от состава обычного оптического стекла, но ведь в открытом космосе даже обычная вода обладает вполне достаточным коэффициентом преломления, чтобы использовать ее в качестве материала для объектива телескопа. К тому же, она практически не подвержена влиянию излучения (за исключением редких вспышек, вызываемых торможением, например, быстрых электронов). Попадание в каплю-объектив микрометеорита в самом неблагоприятном случае вызовет частичное вскипание воды. Ее можно снова сконденсировать или заменить равным количеством воды без ущерба для качества изображения.

У такого решения есть свои трудности: обычную воду в космосе трудно заставить быть жидкой... Но это уже другая задача.

**Задача 6.5.** Современные административные здания почти целиком состоят из стекла, которое очень сильно нагревает солнцем. Необходимо предложить надежный способ защиты зданий от перегрева

**Решение.** Эту задачу нужно было решать (и решить) много лет назад, когда только появились первые застекленные окна. Однако, в те далекие времена площадь стекол была очень мала и хотя стоили, скажем, венецианские витражи, очень недешево - всегда можно было заменить стеклышко. О перегреве самих зданий через оконные стекла речи вообще не было. Поэтому никто и не пытался загадывать наперед (сейчас говорят - «прогнозировать»): какие изменения в быт принесет рост площади обыкновенного окна. Окно выросло и теперь через него в хороший солнечный день проходит внутрь здания столько света, сколько не могут скомпенсировать (охлаждением, а не темнотой) лучшие кондиционеры. Как будет развиваться система дальше?

Предположим (в полном соответствии с правилами оператора РВС), что некоторое время спустя стены зданий будут целиком прозрачными. Потолки - тоже. Оставим в стороне возникающие при этом чисто бытовые проблемы. Есть техническая задача: как в таких условиях бороться с перегревом? Защитные козырьки и экраны, дополнительные стеклянные листы, которые пытаются применить сейчас, в таких условиях неэффективны. Вспомнив, к тому же, законы развития ТС, получаем странный вывод: при таких условиях с перегревом зданий можно бороться только используя в качестве экрана... атмосферу. Или менять яркость солнечного света еще в космосе, на подступах к Земле.

Проверим другой путь. Время нагрева окон увеличивается (полярный день, но на экваторе), достигая нескольких дней и даже месяцев. Где возможна такая ситуация? Оказывается, с ней уже столкнулись создатели космических орбитальных станций. Окна-иллюминаторы станций типа «Салют» и «Мир» греются на солнце по несколько лет подряд. Как здесь удастся избежать перегрева? Отчасти спасают небольшие размеры. С другой стороны - станция постоянно заходит в земную тень, окна «отдыхают»...

Возвратимся к первоначальной задаче. Сделать здания динамичными, подставляющими солнцу то одну, то другую стену? Проекты таких зданий уже обсуждались совместно архитекторами и инженерами. Пока они признаны нереальными. Но если припечет... Свое слово должен оказать и параметр стоимости. Пусть положительный эффект нужно получить практически даром. Тогда остается единственный выход: «окна сами...» Нечто подобное произошло с солнцезащитными очками: помимо зеркальности они теперь обладают еще и переменной светопропускаемостью. Причем, чем ярче солнечный свет, тем темнее становится так называемое фотохромное стекло. Результат, на первый взгляд, очень неплохой. Но представьте себе город, построенный целиком из такого стекла... Будет ли он удобен для человека? Решая любую, техническую задачу всегда следует задавать себе и такой вопрос. Развитие техники объективно, но человек всегда может отказаться от технической системы, которая его не удовлетворяет. В конце концов, системы вооружения тоже развиваются объективно, но это вовсе не означает, что это будет продолжаться всегда. Человек в состоянии затормозить и ликвидировать в принципе любую техническую систему, если она функционирует ему во вред. И

знание законов развития технических систем играет в этом не последнюю роль.

**Задача 6.6.** Большинство составных, волокнистых материалов (древесина, ткани) деформируются под действием, например, даже легкого надавливания ноги человека. После прекращения воздействия волокна постепенно, хотя и далеко не сразу, принимают первоначальную форму. Как можно использовать это явление?

**Решение.** Описан обычный физико-биологический эффект, поэтому напрашивается использование соответствующих таблиц (см. раздел 3 «Физические эффекты»). Однако, в данном случае разбор задачи следует вести с помощью приемов преодоления психологической инерции.

Что делают «маленькие человечки» в данном случае? Вначале они некоторым образом размещены в волокнистом материале (например, стоят). Под воздействием механического поля часть «человечков» изменяет положение (ложится). Затем (когда механического поля уже нет) человечки поднимаются. При этом они определенное время находятся в промежуточной стадии - сидят. К тому же, поднимаются «человечки» далеко не одновременно - всё зависит от того, кто какому воздействию (по силе и продолжительности) подвергался. Сделаем два рисунка. На первом лежат все «человечки», подвергшиеся воздействию. На втором - все уже поднялись. Теперь можно сделать несколько промежуточных рисунков, на которых - различное число сидящих «человечков»...

Решение практически очевидно: сделав хотя бы два снимка поверхности материала и сравнив их затем простым наложением, можно определить какому воздействию и когда подвергался материал. Допустим, у нас нет времени ждать, чтобы делать второй снимок. «Человечки» и здесь придут на помощь. Нужно только придать их действиям правильную (вепольную) направленность и добавить необходимый физический эффект.

Аппаратуру, работающую на основе этого метода (деформация волокон), выпустила фирма «ЕМИ электроникс» (Англия). Первыми заказчиками новой продукции были полицейские, но в технике такие приборы нужны не меньше.

**Задача 6.7.** Для получения среднеквадратичных значений некоторой величины в аналоговых машинах обычно применяют

возведение в квадрат, последующее усреднение, а затем извлекают корень. Однако, возможен другой путь: входной сигнал преобразуется в тепловую энергию и производится измерение температурных изменений, затем - преобразование их в изменения тока и выработка на выходе постоянного тока. Амплитуда этого тока пропорциональна среднеквадратичному значению входного сигнала. Оцените ситуацию с точки зрения наличия и преодоления психологической инерции.

**Решение.** Типичный, к сожалению, случай. Успехи в создании цифровых и аналоговых электронно-вычислительных машин, развитие компьютерной техники нередко создает парадоксальную ситуацию: машине поручают решать задачу, которую прекрасно можно разрешить гораздо более простыми методами. В данном примере, при всей простоте возведения в квадрат, усреднения и извлечения корня, на окончательном результате всегда будет сказываться немалая погрешность. Причем, чем точнее будет производится вычисление (а для этого нужно брать больше элементов для усреднения), тем значительнее будет ошибка. Дело в том, что от машины требовали копировать действия человека, но при этом начинали сказываться типично машинные недостатки!

Разработчики американской фирмы «Берр-Браун», которые предложили описанный в условии принцип нахождения среднеквадратичного значения, стихийно воспользовались законом перехода инструмента на микро-уровень, преодолев таким образом немалую психологическую инерцию. Если раньше соответствующими вычислениями занимались отдельные блоки вычислителя, то по новому методу «вычисляют» атомы некоторого вещества. Их тепловое движение подчинено строгим законам статистической физики и, хотя каждый атом в отдельности может «ошибаться», - все атомы в совокупности «исправляют» эту ошибку, практически сводя ее к нулю. Кроме того, значительно возрастает надежность всего устройства: в нем попросту нет деталей, которые могли бы выйти из строя, внести погрешность в вычисления.

Для борьбы с такого рода психологической инерцией и приходится использовать оператор РВС и метод ММЧ. Хотя, к сожалению, именно такие задачи очень редко ставят. Их приходится находить самостоятельно...

**Задача 6.8.** Шведская фирма «Примус-Сиверт АБ» разработала горелку для паяльной лампы, которая втрое быстрее разогревает

деталь, чем это делали ее предшественники. Каким может быть принцип действия этой горелки?

**Решение.** Что изменять - деталь или пламя? После знакомства с АРИЗ (см. **раздел 5 «АРИЗ»**) двух мнений быть не может: менять нужно инструмент. В данном случае пламя обрабатывает деталь, инструмент - пламя. Известно, что оно стало быстрее разогревать деталь. Могло это произойти за счет простого количественного роста пламени? Обычно размер пламени составляет доли размера детали и это не всегда удовлетворительно. Если размер увеличить - пламя охватит деталь целиком и тогда разогрев будет происходить намного интенсивнее. Однако, при этом непропорционально вырастут затраты на создание сильного пламени, много топлива будет тратиться зря...

Увеличим скорость нагревания (иначе - сократим время, выделяемое для нагрева одной детали), ограничив возможность усиления пламени. В этом случае пламя должно поочередно касаться каждой точки поверхности детали, в пределе - одновременно касаться всей детали при сохранении слабого пламени...

Стоимость стремится к нулю... Следовательно - все эти нелегкие требования пламя должно выполнять само.

Ситуация несколько прояснилась. Понятно что необходимо сделать, неясно пока - как это будет сделано. Подключим к решению метод ММЧ. Несколько «человечков» (частицы пламени) прижались к детали, разогревают ее. Им бы охватить деталь со всех сторон, но не хватает «человечков». Поэтому приходится бегать вокруг детали, вернее - по детали, попутно ее разогревая. Таким образом, то же количество «человечков» может быстрее и лучше разогреть деталь!

Практическая реализация способа такова: в горелке создается (с помощью специальной шайбы с каналами-отверстиями) вращающееся пламя. Оно охватывает деталь со всех сторон при сравнительно небольшом расходе горючего. Основной эффект получается от сокращения времени нагрева детали до необходимой температуры.

**Задача 6.9.** «Морская болезнь» - крайне неприятное расстройство вестибулярного аппарата - подстерегает не только моряков, но и космонавтов. Известны препараты для борьбы с этим недомоганием. Их можно использовать и в космосе. Плохо

то, что принимать лекарство маленькими дозами приходится слишком часто, большими - вредно... Как быть?

**Решение.** Таблетка - толпа «маленьких человечков». Этих «человечков» нужно впустить внутрь организма, но - по очереди.

Сложность в том, что «человечки» должны сами выстроиться в аккуратную очередь и придерживаться ее от начала до конца. Вернемся к таблетке: она должна усваиваться не сразу, а по частям, слоями. Причем, смена слоев должна происходить без участия человека. Остается только вспомнить соответствующий раздел таблицы применения физических эффектов и явлений.

По данным журнала «Ньюсуик» (том 97, № 17), для космонавтов подготовлены специальные таблетки, содержащие известный препарат против «морской болезни» - скополамин. Таблетки выполнены в виде небольших плоских дисков и, как пластырь, крепятся за ухом. Затем на протяжении трех суток лекарство (вследствии диффузии) поступает в организм, причем - в строго нормированном количестве.

**Задача 6.10.** Основываясь на приемах преодоления психологической инерции, нужно предложить способ предельно быстрой передачи информации, выписываемой на листе бумаги.

**Решение.** Сразу возникает «светлая мысль» поставить над листом бумаги телекамеру. Однако оператор РВС хорошо защищает от подобного рода «находок». Стоит только потребовать роста размеров листа, как вскоре телекамера становится бессильной: она не может уследить сразу за всем листом, чтобы не потерять при этом важные для письма детали изображения. Убрав телекамеру, можно спокойно продолжить разбор. Уменьшим лист. До размеров буквы... До точки. Качественный скачок: для того, чтобы передать на расстояние сигнал о точке (или об отсутствии точки), вовсе необязательно брать телекамеру. Достаточно обычного телеграфного ключа и провода.

Отметим это превращение и займемся другим параметром. Сократим время от появления знака на бумаге до его передачи. При достаточно малом интервале приходится считать, что информация передается одновременно с появлением буквы на бумаге.

Так, фирма «Сименс» создала систему, которая позволяет мгновенно передавать на расстояние информацию, наносимую на

бумагу, которая лежит на специальной пьезоэлектрической подложке. В аппарате-приемнике информация высвечивается на экране или может приниматься на бумажную ленту (по принципу фототелеграфа).

Интересно оценить такой способ с точки зрения стоимости. По данным журнала «Менеджмент тудэй» (Англия), передача управленческой документации фототелеграфом дешевле пересылки механическими (в том числе пневматическими системами) уже на расстоянии 225 метров. А на расстоянии, превышавшем 20 километров, фототелеграф потенциально дешевле почтовой пересылки.

**Задача 6.11.** Чтобы решить проблему вязкости при низких температурах рекомендуется применять ароматические соединения, например, метилциклогексан, толуол... Опишите ситуацию с точки зрения преодоления психологической инерции.

**Решение.** В данной системе - два вида «человечков». Одни представляют некоторое топливо, смазку и т.п. вещество, которое используют при низких температурах. Другие - вводимую в вещество добавку. «Человечки» основного вещества ведут себя весьма нерасторопно: цепляются друг за друга и за стенки, движутся медленно, зачастую - непредсказуемым образом. Что должны сделать «человечки» добавки? Их основная задача - навести порядок в толпе «основное вещество». Строго придерживаясь правил **вепольного анализа**, они могут этого добиться только в том случае, если образуют некоторую упорядоченную структуру или уже обладают такой структурой. Характерное свойство ароматических углеводородов - наличие специфического бензольного кольца. Как ни грубо такое приближение, однако бензольные кольца на самом деле играют роль своеобразных молекулярных подшипников, уменьшая трение между отдельными слоями загустевшей жидкости.

Проблема вязкости возникла давно. Однако структура ароматических углеводородов также открыта много лет назад. Почему же их очевидное свойство начали использовать только в последнее время? Причина кроется в психологической инерции: изображения микроскопических объектов (особенно схематические) редко представляют в движении. Для ТРИЗ динамизация - один из важнейших принципов развития ТС. Поэтому так важно обращать внимание на всем известные, многократно проверенные системы - с позиций ТРИЗ. Преодолев

первый барьер психологической инерции, можно получить весьма перспективные результаты.

**Задача 6.12.** Предложите (используя материал данной главы) индикатор для скоропортящихся продуктов, предельно удобный для использования.

**Решение.** Задачу можно конкретизировать, указав наиболее важный вредный параметр. Пусть таким параметром будет температура. Тогда задачу можно поставить таким образом: в холодильнике находится скоропортящийся продукт; необходимо знать - повышалась ли температура в камере выше допустимого предела?

Представим продукт и индикатор в виде «маленьких человечков», предварительно записав вепольную схему их взаимодействия с тепловым полем. И схема, и метод ММЧ показывают: при повышении температуры выше допустимого предела «человечки» будут некоторым образом реагировать (например, сцепят свои руки). Однако столь незначительного изменения недостаточно для уверенного обнаружения. Поэтому «человечки» индикатора должны дополнительно совершить некоторое действие, например, встать, если, до этого все «человечки» сидели. Причем, вставать они должны только потому, что у них оказались сцепленными руки... Тем самым ставится условие соответствия: продукт и индикатор должны одинаково реагировать на изменение температуры.

На этом принципе работает биохимический индикатор для скоропортящихся продуктов, поставляемый шведской фирмой «КВ ай-поинт АБ». Он реагирует на изменение температуры точно так же, как обычные продукты, но при этом отзывается на изменение сменой окраски.

**Задача 6.13.** Для больных с повышенной восприимчивостью к инфекционным заболеваниям (особенно после тяжелых операций) необходимо строить специальные изоляторы, предохраняющие от попадания инфекции. Предложите принцип действия таких изоляторов.

**Решение.** Построенное здание, как правило, весьма пассивно. Поэтому оно во многих случаях работает крайне неудовлетворительно. Легко проверить собственную психологическую инерцию: одно только выражение «больничная изоляция» вызывает из памяти представление о толстых, прочных

стенах, бронированных дверях и прочих атрибутах рыцарских замков. Однако, так ли необходимы перечисленные «строгости»?

Есть «человечки»-микробы и «человечки» некоторой среды, находящейся внутри изолятора. Вначале микробы свободно проникают внутрь – «человечки» внутренней среды им не мешают. Как создать заградительный заслон? Если выстроить «человечков» в ряд и заставить их ловить микробы - всегда существует опасность, что один-два «гостя» прорвутся внутрь. Следовательно, нужно создавать «глубоко эшелонированную оборону». Причем, микробы нужно не только задерживать, но и удалять из изолятора. И все это должны сами делать «человечки» внутренней среды.

На рисунке такое требование (вернее, его реализация) будет выглядеть следующим образом: ряды «человечков» внутренней среды движутся из изолятора. Увлекая за собой прорывающихся микробов. Теперь техническая реализация решения не вызывает затруднений. Такой изолятор (по сообщению журнала «Спектрум» № 103) разработан в одном из английских госпиталей. Он монтируется из легких пластиковых панелей, а давление воздуха внутри изолятора несколько выше атмосферного. Это полностью исключает попадание внутрь инфекции.

Теперь легко предложить принцип работы изолятора, в котором должны содержаться больные опасными для окружающих вирусными заболеваниями. Необходимо обратное действие: вирусы не должны попасть наружу, за пределы изолятора. Следовательно, давление воздуха в них нужно поддерживать на уровне ниже атмосферного.

Кстати, известно, что стоимость новых изоляторов складывается в основном из стоимости воздухоочистителей, которые и раньше применялись во многих больницах.

**Задача 6.14.** Врачи Колумбийского университета обнаружили образование поляризованного электрического потенциала в хрящах позвоночных организмов при механических нагрузках. Выяснено, что возникновение этого потенциала обуславливает скольжение в суставах. Предложите использование открытого явления для диагностики и лечения, для других, немедицинских целей.

**Решение.** Первоначально эта задача применялась как упражнение на вепольный анализ в сочетании с **физическими эффектами**, однако эти средства оказались для нее чересчур сильными. Почти сразу после построения вепольной модели возникала закономерная (вытекающая из **законов развития ТС**) мысль использовать, например, внешний поляризованный электрический потенциал для регулирования нагрузки на суставы. Применение же оператора РВС позволяет развить идею применения этого биофизиологического эффекта.

Увеличим размеры хряща, который подвергается механической нагрузке. Это, в свою очередь, вызовет увеличение электрического потенциала организма. Если, например, механическое поле создается собственными мышцами организма, то одновременное их сокращение может вызвать достаточно мощный энергетический всплеск поляризованного электрического поля... Увеличим скорость изменения нагрузки. Создаваемое при этом переменное электромагнитное поле может свободно излучаться в пространство и таким образом стать своеобразным средством информационного обмена между живыми организмами.

Интересно также рассмотреть обратное явление: мышечное сокращение под действием внешнего электромагнитного поля. Обычно человек сталкивается с ним в излишне больших дозах, приводящих к нарушению нормальной деятельности организма. Однако далеко не всегда у исследователей хватает умения справиться с психологической инерцией и заняться исследованиями в области между крайними - хорошо исследованными - точками. Тем полезнее могут оказаться такие разработки.

**Задача 6.15.** Предложите способ удобного перемещения космонавтов внутри космического корабля. Желательно не использовать для этого электрические или магнитные поля, т.к. это может создать непредсказуемые изменения, отклонения в работе точных приборов.

**Решение.** Остается проверенное веками механическое поле - и «маленькие человечки». «Человечки» подошв (ходить даже в космосе удобнее всего ногами) должны надежно сцепляться со стенами, потолком и полом орбитальной станции. С другой стороны - рассоединение также должно происходить достаточно легко и безотказно. Возникает противоречие, которое необходимо преодолеть без применения легко управляемых магнитных и

электрических полей. Сами по себе «человечки», конечно, могут и сцепляться, и отцепляться. Однако делать это необходимо своевременно, т.е. тогда, когда это необходимо космонавту. Следовательно, должен существовать некоторый сигнал от космонавта к подошве: когда и как поступать «человечкам».

Вспомним **законы развития ТС**: идеальный сигнал должен отсутствовать, в качестве сигнала должно выступать нечто уже имеющееся в системе. В данном случае, таким сигналом должно быть само движение ноги космонавта. Движение подошвы определенным образом должно приводить к ее сцеплению со стенкой, обратное движение - к расцеплению.

Так, еще на станции «Скайлэб» был испытан следующий способ перемещения космонавтов: специальные выступы на подошвах скафандров свободно входят в ячейки на многочисленных перегородках, блоки ячеек можно размещать также на стенках. Движение ног при такой ходьбе выглядит несколько необычно (нога как бы ввинчивается в стенку), однако способ действует надежно и космонавты легко к нему привыкают.

Этот же способ можно применить и для перемещения космонавтов вне корабля по специально проложенным дорожкам.

### **6.3. Задачи для самостоятельного решения.**

**Задача 6.16.** Для создания искусственной гравитации внутри космических кораблей предлагалось раскручивать их вокруг оси. Этот способ неудобен, поскольку мешает проводить наблюдения. Но как в таком случае все же создать искусственную гравитацию для космонавтов?

**Задача 6.17.** Предложите надежный способ увлажнения полотенца в условиях невесомости. Задача имеет вполне реальное применение: космонавты в полете обтираются влажными полотенцами...

**Задача 6.18.** Солнце влияет на погоду планеты не только чисто тепловым излучением. Показано, что геомагнитная активность в ионосфере прямо связана с образованием зон в атмосфере, в которых резко меняется давление. Как использовать это явление?

**Задача 6.19.** Широко используемый в сельском хозяйстве инсектицид гептахлор на солнечном свете становится более чем в

20 раз токсичнее... Опишите ситуацию с точки зрения приемов преодоления психологической инерции.

**Задача 6.20.** Опишите принципиальную схему изготовления покрытий на базе жидких кристаллов: покрытие должно последовательно менять цвета при изменении температуры.

**Задача 6.21.** Производство интегральных микросхем идет по пути увеличения специализации. Однако производству постоянно нужны новые функциональные схемы. При этом неиспользованные ИС бесполезно утрачиваются. Что можно предложить?

**Задача 6.22.** Автомобилестроители не оставили надежд создать двигатель, использующий энергию сверхвысокочастотного кабеля, проложенного под дорогой. Какие изменения в дорожном движении может вызвать их применение?

**Задача 6.23.** Шведские врачи предлагают для лечения невралгии тройничного нерва сравнительно простую операцию по исправлению челюстного механизма. Тем самым устраняется набухание мышц, которые, ущемляя нерв, вызывали заболевание. Обоснуйте применение этого способа.

**Задача 6.24.** Предложите способ предотвращения смешивания водорода и хлора при дезинфицировании воды, используя приемы преодоления психологической инерции.

**Задача 6.25.** Водород - практически идеальное топливо для двигателей внутреннего сгорания. Однако, его весьма неудобно хранить, особенно в автомобиле. Баллоны, например, вмещают слишком мало газа, перевозить сжиженный водород еще сложнее. Как быть?

#### **6.4. Указания к решению задач.**

Преодоление психологической инерции требует развитого творческого воображения. Материал по этому курсу не вошел в данное пособие, поэтому здесь необходимо дать несколько советов, выполнение которых повысит эффективность работы с методом ММЧ и оператором РВС.

Прежде всего - смысловой текст разбора задач с помощью этих методов следует сопровождать рисунками. Они могут быть

предельно схематичными, условными. Главное - рисунки должны отображать наличие необходимых частей системы, их взаимодействие, изменения, которые вносит в систему применение метода ММЧ или оператора РВС.

Каждую полученную идею необходимо углублять и расширять. Для этого желательно иметь первоначальный фонд неожиданных, фантастических идей. Следовательно, необходимо регулярно читать научно-фантастическую литературу - и выписывать основные идеи, заложенные в том или другом произведении, систематизировать их. Вспомните фантастические идеи Жюль Верна - подавляющее большинство их уже реализованы или будут реализованы в ближайшее время. А ведь современникам фантаста они казались несбыточной мечтой. Не исключено, что основные черты техники завтрашнего дня можно найти уже сегодня - в рассказах и повестях фантастов.

Совершенно необходимо собирать некоторым образом систематизированную картотеку реальных технических идей. Без такого информационного фонда трудно получать стабильно высокие результаты в области техники. Принципы систематизации могут быть разными. Иногда карточки разбивают на группы, соответствующие определенным **вепольным моделям**. Часто целенаправленно собирают материал по конкретным техническим системам, прослеживая по ним реализацию законов развития технических систем. Возможно разделение по применению, в системе физических и других эффектов, по виду технического и физического противоречия.

#### **Дополнительные указания к задачам.**

**Задача 6.16.** Прежде, чем предлагать способы создания искусственной гравитации, необходимо тщательно разобраться: для чего, собственно, нужна тяжесть внутри космического корабля? Пока пожелания по созданию гравитации высказывают только медики и некоторые космонавты. Но это нужно не всегда. Например, на станции «Скайлэб» американские астронавты освоили «бег» по стенкам по замкнутому маршруту. Такое движение приводит к появлению некоторой силы, прижимающей бегущего к стенке. Однако, возникает и реактивный момент, раскручивающий станцию вокруг некоторой оси... Необходимо решить эту новую проблему, используя метод ММЧ.

**Задача 6.17.** В космосе пока применяются либо заранее увлажненные салфетки, либо специальный штуцер с отверстиями,

через которые подается вода на полотенце, обернутое вокруг штуцера. Решения далеки от идеальности. Однако возможны и нетривиальные результаты, если воспользоваться оператором PBC (особенно его второй частью).

**Задача 6.18.** Рассмотрите ситуацию с точки зрения оператора PBC. Используйте также вепольные модели, особо отметив необходимость создания хорошо управляемой системы.

**Задача 6.19.** «Маленькие человечки» гептахлора, немного «позагорав» на солнце, приобретают крайне неприятное для окружающей среды свойство - токсичность. К тому же, в таком виде «человечки» весьма устойчивы к внешним воздействиям. Борьба с ними теперь очень нелегка. Самое простое решение - не использовать этот инсектицид вообще. Однако, ликвидировать систему - еще не значит подчинить ее себе. Где-то здесь скрыто противоречие. Его нужно выявить и устранить.

**Задача 6.20.** В данной задаче необходимо применить совместно и оператор PBC, и метод ММЧ. Сложность в том, что жидкие кристаллы разных видов не любят перемешиваться: от этого их характеристики сильно искажаются. Попробуйте решить задачу, учитывая это.

В контрольном ответе применено микрокапсулирование: необходимое для работы вещество заключается в капсулы диаметром около 10 микрон. Затем капсулы смешиваются с клеящим веществом и наносятся на поверхность как обыкновенная краска. Это позволяет неограниченно (и управляемо) «смешивать» вещества с различными, часто несовместимыми характеристиками, например, температурными.

Подобный способ используют фирмы «Вестингауз», «ИБМ», «Филипс», «Хитачи», «Белл» и другие. Данные материалы опубликованы в журнале «Нью Сайентист» (том 56, № 824), однако в последнее время применение микрокапсулирования широко освещается и в других изданиях.

**Задача 6.21.** Эта ситуация также требует совместного применения приемов преодоления психологической инерции. Хорошо выявляется противоречие в технической системе...

Ряд европейских фирм (например, «Ферранти»), по сообщению журнала «Файненшл Таймс» № 25928 приступили к выпуску интегральных микросхем-полуфабрикатов. В них имеется набор

стандартных схем, а конкретные функции готовых микроузлов определяются связями между этими схемами, которые может устанавливать потребитель.

Интересно проследить за самым слабым элементом данной ТС - связями между схемами в микроузле. Сейчас их устанавливают с помощью фотошаблона. Таким образом, остался всего шаг до появления динамичной связи между схемами: эта связь должна формироваться по мере необходимости, а затем заменяться другой.

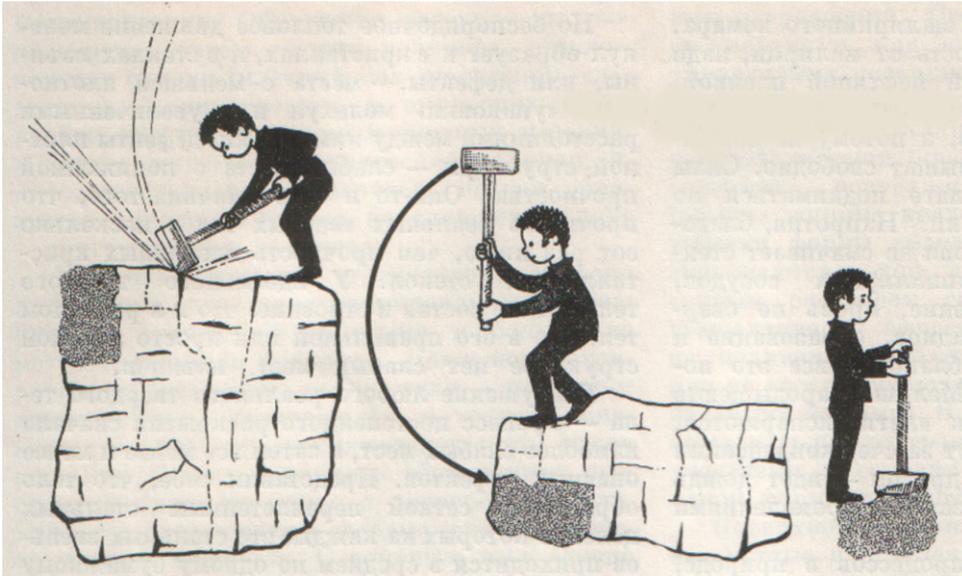
**Задача 6.22.** Примените оператор РВС. Проследите за качественными изменениями в ТС, в надсистеме.

Японский научно-исследовательский институт автомобилестроения разработал простую и дешевую (как сообщает агентство Ассошиэтед Пресс) систему управления движением автомобилей с помощью проложенного под трассой сверхпроводящего кабеля. Эта система позволяет также подзаряжать на ходу аккумуляторы обычных автомобилей. В настоящее время система применяется для автоматизированного испытания автомобилей.

**Задача 6.23.** На рисунке должны быть «человечки» нерва и «человечки» челюстного механизма. Проследите за их взаимодействием...

**Задача 6.24.** Фирма «Дюпон» разработала молекулярную мембрану из перфторосульфокислоты. Такие мембраны предотвращают смешивание молекул водорода и хлора при химических реакциях. Действие их практически полностью механическое и применение оператора РВС или метода ММЧ хорошо выводят на контрольный ответ.

**Задача 6.25.** По данным журнала «Сайенс» (том 178 № 4063) наиболее удобный способ аккумуляирования водорода - гидриды металлов, которые образуются простым взаимодействием водорода (под высоким давлением) с металлами. Процесс высвобождения водорода связан с некоторыми затратами тепла, однако теплота сжигания водорода намного перекрывает образовавшийся дефицит. Результат применения метода ММЧ хорошо согласуется с контрольным ответом.



Этой публикацией мы начинаем серии книг, предназначенных для корейских читателей, интересующихся ТРИЗ.

Мы думаем, что эта книга будет полезна и тем, кто делает свои первые шаги в изобретательстве, и тем, кто уже имеет патенты. В нашем издательстве готовятся к печати следующие книги этой серии:

## **1. From START to STARS (TRIZ by Altshuller). Handbook 3-level.**

Практикум (разбор задач по АРИЗ-85В).

Теоретические вопросы для 3-го уровня подготовки.

## **2. Комментарии для классических инструментов.**

Комментарии к примерам системы стандартов.

Комментарии к Жизненной стратегии творческой личности.

Комментарии к приемам Альтшуллера для устранения технических противоречий (приемы 41 -50).

### **3. TRIZ Technology Road Map.**

Комментарии к графикам процесса «TRIZ Technology Road Map».

Комментарии к «не-классическим» инструментам ТРИЗ.

ТРИЗ и патентование.

Применение ТРИЗ в бизнесе.

### **4. Комментарии к курсу научной фантастики.**

Комментарий к Регистру фантастических идей.

Комментарий к шкале «Фантазия».

Комментарий к базовой литературе по фантастике.

### **5. Сборник научных эффектов для ТРИЗ.**

Физические эффекты.

Химические эффекты.

Математические эффекты.

Биологические эффекты.

Социальные эффекты.

### **6. История ТРИЗ.**

Биография Альтшуллера.

Развитие ТРИЗ с точки зрения ТРИЗ.