

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

Т.Р. Газизов

ОСНОВЫ
теории решения
изобретательских задач

Учебно-методическое пособие

Томск – 2023

Газизов Т.Р. Основы теории решения изобретательских задач – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2023.– 108 с.: ил.

Изложены основы теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Сначала представлено введение в ТРИЗ, в котором рассмотрены методы поиска новых решений, понятие технической системы и основные термины, используемые в ТРИЗ, а также законы развития технических систем. Затем рассмотрены инструменты и информационный фонд ТРИЗ: типовые приемы, вендовый анализ, стандарты, алгоритм решения изобретательских задач, диверсионный подход к решению исследовательских задач. Наконец, приведен список контрольных вопросов.

Пособие предназначено для широкого круга читателей.

Оглавление

Предисловие	4
1. Введение в теорию решения изобретательских задач.....	5
1.1. Методы поиска новых решений	5
1.2. Технические системы. Основные термины	11
1.3. Законы развития технических систем.....	12
1.3.1. Этапы развития	12
1.3.2. Вытеснение человека	16
1.3.3. Неравномерное развитие. Противоречия.....	17
1.3.4. Увеличение степени идеальности	18
1.3.5. Развёртывание–свёртывание	22
1.3.6. Повышение динамичности и управляемости	23
1.3.7. Переход на микроуровень. Использование полей.....	25
1.3.8. Согласование–рассогласование.....	26
1.3.9. Линии развития.....	27
2. Инструменты и информационный фонд ТРИЗ	30
2.1. Типовые приёмы.....	30
2.2. Вепольный анализ.....	37
2.3. Стандарты	39
2.3.1. Порядок применения стандартов	40
2.3.2. Перечень стандартов.....	41
2.3.3. Описание стандартов.....	43
2.4. Алгоритм решения изобретательских задач.....	76
2.5. Решение исследовательских задач	101
Контрольные вопросы	104
Литература.....	108

Предисловие

Цель пособия – кратко представить основы теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), созданной в нашей стране, но мало известной широкому кругу специалистов, которые, в большинстве своём, продолжают пользоваться затратным методом проб и ошибок вместо эффективнейшего поиска новых идей и методов, структур и конструкций с помощью ТРИЗ. Пособие написано по материалам книги [1] и материалов по обучению автора в кишиневской школе ТРИЗ. Дополнительная информация по ТРИЗ, в частности бесплатный электронный учебник, есть на сайте www.altshuller.ru.

1. ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

1.1. Методы поиска новых решений

Изобретательство – древнейшее занятие человека. С изобретением первых орудий труда и начинается история человека. За многие тысячи лет, прошедшие с тех пор, всё изменилось, неизменной осталась только технология создания новых изобретений – *метод проб и ошибок*: «А что если сделать так?.. Не получается... Тогда можно попробовать сделать вот так...». И перебор продолжается...

Эффективность перебора зависит от сложности задачи, ее можно охарактеризовать количеством проб, которые необходимо сделать для получения гарантированного результата – решения задачи. История изобретательства показывает, что это количество может колебаться в очень широких пределах – от десятка проб для самых простых задач до сотен тысяч для сложных. Метод проб и ошибок достаточно эффективен, когда речь идет о необходимости перебрать 10–20 вариантов, а при решении более сложных задач приводит к большим затратам сил и времени. А ведь за нерешенные вовремя изобретательские задачи расплачиваться приходится не только недополученными прибылями, но жизнями людей: Флеминг, создатель пенициллина, утверждал, что его изобретение могло быть сделано лет на 20 раньше и спасло бы 20 миллионов жизней.

Неэффективность метода проб и ошибок для решения сложных задач долгое время компенсировали за счёт увеличения числа людей, работающих над той или иной проблемой. Но к середине XX века стало очевидно, что даже самое полное использование людских ресурсов не может обеспечить необходимых темпов производства изобретений. Появилась общественная потребность в простых и доступных каждому методах поиска нового, и сегодня известно более полусотни методов. Далеко не все они одинаково полезны. Ряд методов имеет ограниченное применение: в определённых условиях, для определённого типа задач.

Даже при решении одинаковых задач разные люди по-разному пробуют, по-своему ошибаются... Но есть и общие черты, свойственные всем. Поиск решений можно изобразить графически (рис. 1.1, а): человек находится в условной точке «задача», ему нужно прийти в точку «решение», но он не знает, где эта точка; он выбирает произвольное направление, делает одну попытку, вторую, третью, убедившись, что решения нет, меняет «курс» и делает новые попытки. Большинство из них сосредоточено в одном приблизительно направлении, привычном для решающего (чаще всего общепринятом, общеизвестном), которое

получило название «вектор психологической инерции». А изобретательская задача потому и трудна, что её решение – в новом, неожиданном направлении. Исходя из модели процесса поиска как серии более или менее случайных, осознанных или неосознанных последовательных проб, можно выделить две различные возможности повышения его эффективности: увеличение хаотичности поиска и систематизация перебора вариантов.

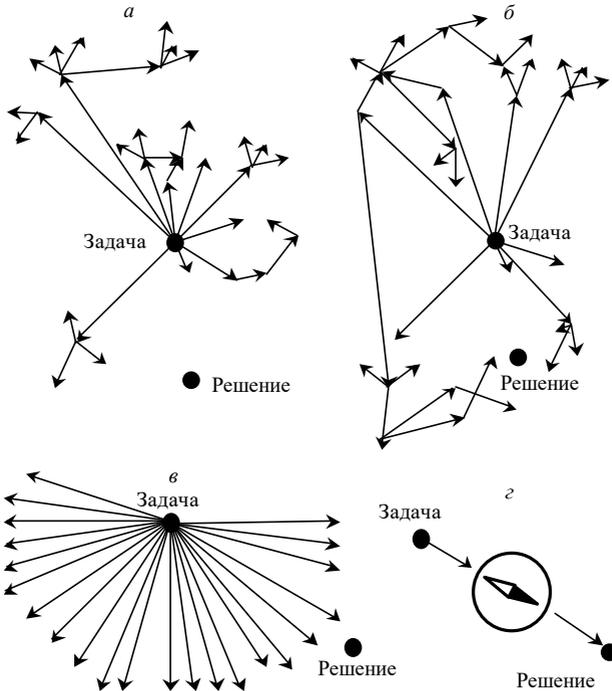


Рис. 1.1. Последовательность поиска новых решений при использовании различных методов поиска: перебор вариантов методом проб и ошибок (*а*); увеличение хаотичности перебора вариантов (мозговой штурм, метод фокальных объектов, синектика и т.п.) (*б*); систематизация перебора вариантов (морфологический анализ, контрольные вопросы, функциональный анализ и т.п.) (*в*); направленный поиск решений (ТРИЗ) (*г*)

К первой группе относятся специальные психологические методы, позволяющие избежать инерционной направленности поиска, вводящие элементы случайности, непредусмотренности, активизирующие ассоциативные способности человека, увеличивающие число проб. (рис. 1.1, *б*). Это так называемые методы психологической активизации творчества. Наиболее известным из них, получившим широкое распро-

странение во всём мире, является созданный А. Осборном (США) в конце тридцатых годов *мозговой штурм*, который часто называют мозговой атакой, или брейнстормингом. Известен ряд модификаций этого метода: групповое решение задач, конференция идей, массовая мозговая атака и т.д.

В основе мозгового штурма лежит простая мысль: процесс генерирования идей необходимо отделить от процесса их оценки. При обсуждении задачи многие не решаются высказать смелые, неожиданные идеи, опасаясь ошибок, насмешек, отрицательного отношения руководителя и т.д. Если же такие идеи высказываются, то их зачастую (порой справедливо) подвергают уничтожающей критике сами участники обсуждения. И новые мысли гибнут, не получив развития. А. Осборн предложил вести поиск в обстановке, когда критика запрещена, и каждая идея, даже шуточная, явно нелепая, всячески поощряется; для этого отбирают по возможности разнородную группу из 6–8 человек, склонных генерировать идеи. В группу не включают руководителей, а сам процесс генерирования стремятся вести в непринуждённой обстановке. Высказанные идеи записываются на магнитофон и передаются группе экспертов для оценки и отбора перспективных предложений.

Опыт показал, что за час группа из 8 человек может выдвинуть до 50–60 предложений, среди которых, как правило, множество банальностей, повторов, чепухи. После отбора могут остаться 1–2 хорошие идеи. Но даже одна идея – совсем не плохо. Ведь иногда эту идею, перебирая варианты, ищут многие годы.

30–40 лет назад с мозговой атакой связывали большие надежды. И сегодня во многих публикациях можно прочитать, что овладеть техникой мозгового штурма просто, а результаты он даёт высокие. В действительности это далеко не так. Именно кажущаяся простота, отсутствие подробных рекомендаций по технике ведения штурма и вызывают трудности. Мозговой штурм оказывается эффективным тогда, когда ведущий группы имеет большой опыт решения задач, владеет техникой общения и проведения коллективной работы, обладает личным обаянием, остроумием и многими другими качествами. Но и в этом случае с помощью мозгового штурма успешно решаются относительно несложные задачи. Чем задача сложнее, тем меньше вероятность её решения из-за отсутствия в процессе работы критического анализа высказываемых идей и соответственно их развития. Тем не менее мозговой штурм помогает организовать коллективную работу, уменьшает психологическую инерцию членов группы.

Более эффективен *метод синектики*, разработанный У. Гордоном (США) в пятидесятые годы XX века. Синектика основана на мозговой

атаке, которую ведут профессионалы, имеющие значительный опыт такой работы. При этом используют приёмы, основанные на различных видах аналогии. При синекторной атаке допустима конструктивная критика. Обучение синектике, согласно утверждениям специалистов, возможно только на практике, путём участия в работе уже подготовленных групп синекторов, прослушивания плёнок заседаний синекторских групп. Однако большинство синекторов прекращает свою деятельность через несколько лет работы, возможно потому, что она оказывает разрушительное действие на их нервную систему.

Полезно могут быть использованы некоторые модификации мозгового штурма. Так, например, *обратный штурм* не запрещает критику, а наоборот, разрешает только критические замечания, заставляет отыскивать как можно больше недостатков у идеи, конструкции. Обратный штурм позволяет хорошо проверить идею «на прочность». Полезен он, когда какой-нибудь узел, деталь кажутся слишком «благополучными», не имеющими недостатков.

Мозговой штурм позволяет «растормозить» людей, избежать привычных и потому бесплодных ассоциаций. Усилить этот процесс можно, используя методы, подсказывающие неожиданные сравнения, позволяющие взглянуть на объект под необычным углом. К ним относится *метод фокальных объектов*, предложенный в 1926 году профессором Берлинского университета Э. Кунце и усовершенствованный в 1953 году американским специалистом Ч. Вайтингом. Суть метода состоит в том, что совершенствуемую систему держат как бы в фокусе внимания (отсюда название) и переносят на неё свойства других, не имеющих к ней никакого отношения объектов (выбранных случайно из книг, журналов, каталогов). При этом возникают необычные сочетания, которые стараются развивать дальше путём свободных ассоциаций.

Эффективно можно применить метод фокальных объектов при поиске новых возможностей выпуска товаров народного потребления, для решения задач рекламы. Применяется он и для тренировки, развития творческого воображения слушателей, проходящих обучение изобретательству.

Ко второй группе относятся методы, позволяющие систематизировать перебор вариантов, увеличить их число, исключить свойственные ненаправленному поиску повторы, постоянный возврат к одним и тем же идеям (рис. 1.1, в). К методам систематизации перебора вариантов относят в первую очередь *морфологический анализ* и его различные модификации, а также многочисленные списки контрольных вопросов.

Морфологический анализ создан швейцарским астрофизиком Ф. Цвикки, который применил этот подход к 30-е годы XX века к решению астрофизических проблем и предсказал благодаря этому существование нейтронных звёзд. Сущность морфологического анализа заключается в стремлении систематически охватить все (или хотя бы главнейшие) варианты структуры совершенствуемого объекта, исключив влияние случайности. Метод включает следующие шаги: выбирается объект; составляется список основных характеристик или частей объекта; для каждой характеристики или части перечисляются её возможные исполнения; выбираются наиболее интересные сочетания возможных исполнений всех частей объекта. Анализ удобно вести с помощью многомерной таблицы, получившей название морфологического ящика, в которой выбранные характеристики или части объекта играют роль основных осей. Наиболее существенным недостатком этого метода является чрезвычайно большое количество возможных комбинаций. Например, если в морфологическом ящике имеется 10 основных осей и по каждой из них возможно 10 вариантов исполнения (достаточно скромные требования), то число возможных комбинаций составит 10^{10} . Правил отбора нет, поэтому приходится действовать наугад. Между тем, «сильное» сочетание может «прятаться» среди миллионов слабых и вообще бессмысленных. Это резко снижает эффективность метода, но в тех случаях, когда система несложная и количество комбинаций невелико, он вполне применим, в особенности когда решение уже имеется, но нужно его развернуть, рассмотреть все возможные варианты реализации.

Повысить эффективность поиска можно, заранее сформулировав наводящие вопросы (*метод контрольных вопросов*). Составлять списки таких вопросов пытались неоднократно, и среди них есть довольно удачные.

Описанные методы легко видоизменяются, их можно комбинировать: отсюда и кажущееся многообразие. Но они не дают достаточно действенных инструментов для решения сложных задач. При первом знакомстве они кажутся шагом вперёд по сравнению с традиционным методом проб и ошибок. Однако это шаги в тупиковом направлении, так как сохраняется та же основа – поиск решений путём перебора вариантов.

Все упомянутые методы были созданы изобретателями–практиками. Между тем, изучением изобретательства занимались и учёные. На протяжении целого столетия, с тех пор как началось сравнительно регулярное изучение творчества, внимание изобретателей было сосредоточено на психологии изобретательства. Считалось (да и

по сей день считается), что главное – это мыслительные процессы, происходящие в мозгу изобретателя. Исследуя их, надеялись понять, как появляются новые идеи. В лучшем случае допускалось, что, раскрыв «секреты» изобретательства, можно в какой-то мере повысить эффективность творчества. Но успеха на этом пути не было достигнуто. Нужен был другой подход.

Технические системы материальны, это очевидно. Столь же очевиден и факт их развития, подчиняющегося, как и всякое развитие, всеобщим законам диалектики. Отсюда со всей определённой следует: изучать нужно в первую очередь не психику изобретателя, а объективные историко-технические материалы, и прежде всего уникальный, имеющийся только в техническом творчестве, патентный фонд.

Патентный фонд содержит описания миллионов изобретений. Каждое описание является документом, относящимся к эволюции техносферы. Изучение этих документов показывает, что жизнеспособными оказываются только такие изобретения, которые изменяют исходную систему в направлении, предписываемом законами развития технических систем. Знание закономерностей даёт возможность резко сузить зону поиска, заменить угадывание научным подходом. Практически единственной в настоящее время методологией поиска новых решений, основанной на этом подходе, дающей стабильные положительные результаты при решении самых разных задач, доступной для массового изучения и использования в производственных условиях и не влияющей вредно на психику человека, является теория решения изобретательских задач.

ТРИЗ принципиально отличается от метода проб и ошибок и его модификаций. *Основной постулат ТРИЗ: технические системы развиваются по объективно существующим законам, эти законы познаваемы, их можно выявить и использовать для сознательного решения изобретательских задач.*

Теоретическим фундаментом ТРИЗ являются законы развития технических систем, выявленные путём анализа больших массивов патентной информации (десятки и сотни тысяч патентов и авторских свидетельств), изучения истории и логики развития технических систем. ТРИЗ строится как точная наука, имеющая свою область исследования, свои методы, свой язык, свои инструменты.

Основными механизмами совершенствования и синтеза новых технических систем в ТРИЗ служат алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) и система стандартов на решение изобретательских задач. ТРИЗ располагает собственным методом анализа и записи преобразований систем – вепольным анализом. Особое значение в ТРИЗ

имеет упорядоченный и постоянно пополняемый информационный фонд: указатели применения физических, химических и геометрических эффектов, банк типовых приёмов устранения технических и физических противоречий.

Знание законов развития технических систем позволяет не только решать имеющиеся задачи, но и прогнозировать появление новых.

ТРИЗ стремится к планомерному развитию технических систем: задачи, связанные с развитием, должны выявляться и решаться до того, как обострившиеся противоречия станут сдерживать темпы развития систем. Таким образом, ТРИЗ постепенно перерастает в теорию развития технических систем (ТРТС).

1.2. Технические системы. Основные термины

Системный подход к развитию техники – один из основных принципов ТРИЗ – означает умение видеть, воспринимать, представлять как единое целое систему во всей её сложности, со всеми связями, изменениями, сочетая разные, но взаимодополняющие друг друга подходы: компонентный, изучающий состав системы (наличие в ней подсистем, её надсистемы); структурный (взаимное расположение подсистем в пространстве и во времени, связи между ними); функциональный (функционирование системы, взаимодействие её подсистем); генетический (становление системы, последовательность её развития, замена одной системы другой).

Системой будем называть некоторое множество взаимосвязанных элементов, обладающее свойствами, не сводящимися к свойствам отдельных элементов. Так система «самолёт» обладает свойством летать, которым ни один из её элементов в отдельности не обладает. Системное свойство может быть полезным для человека (то свойство, ради которого она создана) и вредным, побочным, получившимся в результате создания системы наряду с полезным. Неожиданное положительное системное свойство получило название «*сверхэффект*».

Элементы, составляющие систему, называются *подсистемами*. Они, в свою очередь, являются системами для своих подсистем и т.д. Каждая система входит в некоторую *надсистему*. Так, электрическая машина состоит из подсистем: статора, ротора и т.д. Статор имеет свои подсистемы: обмотку, сердечник, выводы... Электрическая машина входит в надсистему «привод», который, в свою очередь, входит в надсистему ещё более высокого ранга, например, «станок» или «технологическая линия». Таким образом, система, её подсистемы и надсистемы образуют *иерархию* – расположение частей в порядке от низшего к высшему. Возможны и другие структуры, например, *ретикулярная* (сетевая), в которой все подсистемы связаны друг с другом сложными об-

ратными связями, влияют друг на друга, и невозможно выделить однозначно какую-то иерархию.

Любую систему можно рассматривать как некий передаточный механизм, реализующий определённую связь между её входом и выходом. Связь эта осуществляется с помощью *функциональных звеньев* – преобразователей, превращающих действие на входе в действие на выходе. Звенья, в свою очередь, состоят из *функциональных элементов*. Так, система «телевизор» превращает электромагнитную энергию радиоволн в видимое человеком изображение. При этом антенна превращает радиоволны в переменный электрический ток, который усиливается в усилителе, электронная пушка преобразует его в поток электронов, которые на люминесцентном экране превращаются в видимое изображение.

Понятие «*экологическая ниша системы*» означает место, занимаемое данной системой в техносфере, сумму выполняемых функций и комплекс условий, необходимых для её создания, существования и развития.

За реализацию полезных функций технической системы необходимо расплачиваться. *Факторы расплаты* включают различные затраты на создание, эксплуатацию и утилизацию системы, всё, чем общество должно расплатиться за получение данной функции, в том числе и все создаваемые системой вредные функции.

Технические системы развиваются в соответствии с *законами развития технических систем*, которые будут рассмотрены ниже. Но прежде отметим, что в ТРИЗ развитие технической системы понимается как процесс *увеличения степени идеальности (И)*, которая определяется как отношение суммы выполняемых системой полезных функций ($\Phi_{п}$) к сумме факторов расплаты ($\Phi_{р}$)

$$И = \frac{\sum \Phi_{п}}{\sum \Phi_{р}} \rightarrow \infty. \quad (1.1)$$

Конечно, данная формула отражает тенденции развития лишь качественным образом, так как очень сложно оценить в одних количественных единицах разные функции и факторы.

1.3. Законы развития технических систем

1.3.1. Этапы развития

В XIX веке были установлены некоторые общие закономерности развития различных биологических систем: рост численности колоний бактерий, популяций насекомых, массы развивающегося плода и т.п. в зависимости от времени. Кривые, отражающие этот рост, были похожи

в первую очередь тем, что на каждой из них можно было довольно чётко выделить три последовательных этапа: медленное нарастание, быстрый лавинообразный рост и стабилизация (иногда убывание) численности (или другой характеристики). В 20-х годах XX века было показано, что аналогичные этапы проходят в своём развитии и различные технические системы. Кривые, построенные в системе координат, где по вертикали откладывали численные значения одной из главных эксплуатационных характеристик системы (например, скорость самолёта, мощность электрогенератора и т.п.), а по горизонтали – «возраст» технической системы или затраты на её развитие, получили название S-образных (по внешнему виду кривой, рис. 1.2, *a*). Однако следует помнить, что такие кривые – определённая идеализация. S-кривые являются скорее удобной иллюстрацией качественного развития технических систем, и их анализ именно в этом плане даёт наиболее интересные результаты. Рассмотрим подробнее этапы развития технической системы.

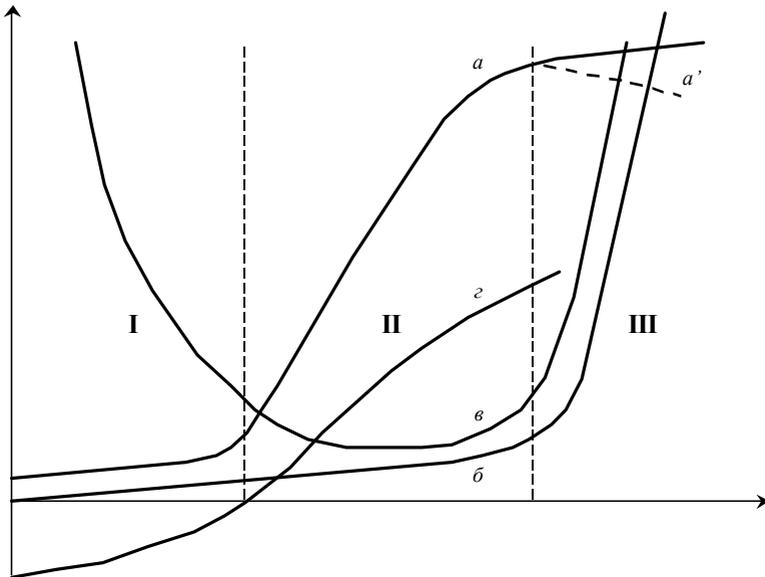


Рис. 1.2. Кривые развития технических систем: классическая S-образная кривая для исходной системы (*a*); реальная кривая развития, учитывающая ухудшение системы в период зстоя (*a'*); S-образная кривая для системы, сменяющей исходную (*b*); факторы расплаты (*в*); экономический эффект (*г*)

I. «Рождение» и «детство» технической системы. Новая техническая система появляется на определённом уровне развития науки и

техники, когда выполнены два главных условия: есть потребность в системе и имеются возможности её реализации. Условия эти выполняются, как правило, не одновременно, и обычно одно стимулирует появление другого. Например, осознанная обществом потребность направляет усилия учёных и инженеров на её реализацию, либо уже созданная система открывает новые возможности использования. Новая система обычно весьма примитивна, обладает массой недостатков, поэтому тут же начинается работа по её совершенствованию; поиск наилучшей конструктивной реализации. Эффективность системы на этом этапе чрезвычайно низка, часто отрицательна (рис. 1.2, з). Главной движущей силой развития технической системы является личный интерес её создателей. Противостоят им мощные силы торможения. Основная работа на этом этапе – снижение факторов расплаты: увеличивается надёжность, безаварийность, удобство эксплуатации (рис. 1.2, в). Когда полезность системы осознаётся обществом, а уровень расплаты снижается до приемлемого, начинается новый этап в её развитии.

II. Период интенсивного развития технической системы. Основным содержанием этого этапа является быстрое, лавинообразное, напоминающее цепную реакцию, развитие. Характерной чертой данного этапа становится активная экспансия новой системы – она вытесняет из экологических ниш другие, устаревшие, порождает множество модификаций и разновидностей, приспособленных для разных условий и целей. Главной движущей силой развития на этом этапе становится общественная потребность, которая проявляется в виде определённого рода требований к системе со стороны надсистемы, окружающей среды. Силы торможения, характерные для предыдущего этапа, ослабляются и постепенно исчезают. На втором этапе техническая система становится экономически выгодной, и эффект постоянно растёт (рис. 1.2, г). Но к концу этапа, несмотря на всё возрастающий вклад сил и средств в развитие системы, рост важнейших её характеристик замедляется. Обычно это происходит из-за начала резкого, нелинейного увеличения той или иной вредной функции, какого-то из факторов расплаты. В развитии системы наступает следующий этап.

III. «Старость» и «смерть» технической системы. Основным содержанием этого этапа является стабилизация параметров системы. Небольшой прирост их ещё наблюдается в начале этапа, но в дальнейшем практически сходит на нет, несмотря на то, что вложение сил и средств растёт. Резко увеличивается сложность, наукоёмкость системы, даже небольшие улучшения параметров требуют, как правило, очень серьёзных исследований. Вместе с тем экономичность системы остаётся

ся ещё высокой, потому что даже небольшое усовершенствование, множенное на массовый выпуск, оказывается эффективным. Движущими силами развития на этом этапе остаётся потребность общества. Вместе с тем, по ряду систем оно может быть вполне удовлетворено достигнутым уровнем и нуждаться в улучшении. Необходимо отметить, что отказ общества от направленного совершенствования подобных систем вовсе не означает полное прекращение их развития. Системы улучшаются как бы попутно с другими, за счёт появления новых материалов, технологических возможностей, нового оборудования и т.п. В конце концов старая, отжившая система «умирает», заменяется принципиально новой, более прогрессивной, обладающей новыми возможностями для дальнейшего развития (рис. 1.2, б). Следует отметить, что в действительности полного «вымирания» системы, вытесняемой более прогрессивной, как правило, не происходит. Чаще всего, перестав быть основным средством выполнения данной функции и упростившись, система остаётся в качестве вспомогательного средства, иногда игрушки, спортивного снаряда. Такую роль сегодня играют парусные суда. Иногда система остаётся и эффективно работает в некоторых обособленных, очень специализированных экологических нишах.

На первом этапе развития технической системы по S-кривой рост идеальности идёт преимущественно за счёт снижения факторов расплаты, на втором – за счёт опережающего роста полезных функций. На третьем этапе рост полезных функций почти останавливается при ускоряющемся росте факторов расплаты, в результате чего идеальность системы начинает падать. То есть её развитие сменяется регрессом.

Определение положения конкретной технической системы на кривой развития – дело непростое. Но с учётом определённых факторов, характеризующих систему, можно судить об этапе, на котором находится система. А это, в свою очередь, позволяет определить задачи, стоящие перед разработчиком на разных этапах.

Так, на первом этапе разработчик должен выбрать основное направление развития системы из ряда возможных; отработать её состав, выбрать для неё наиболее перспективные элементы; работать над снижением факторов расплаты, ускорять переход ко второму этапу.

На втором этапе необходимо определить границы возможного быстрого роста системы, выявление возможных противоречий и подсистем, которые раньше других могут исчерпать резервы своего развития.

На третьем этапе нужно определить физические границы существования системы, выявить и заменить подсистемы, исчерпавшие воз-

возможности своего развития; искать альтернативную систему, способную заменить существующую.

1.3.2. Вытеснение человека

В процессе развития технической системы происходит поэтапное вытеснение из неё человека, то есть техника постепенно берёт на себя ранее выполнявшиеся им функции, тем самым приближаясь к *полной* (выполняющей свои функции без участия человека) системе. Возможны два пути вытеснения человека из технической системы. Первый – вытеснение человека как индивида, замена его деятельности устройствами, выполняющими те же операции. В подавляющем большинстве случаев это неверный, тупиковый путь. Второй, более эффективный – отказ от «человеческого» принципа работы, технологии, рассчитанной на человеческие возможности и интеллект. Полная система (рис. 1.3) включает три функциональных уровня: исполнительский (1), управления (2) и принятия решений (3). Для выполнения своих функций на каждом уровне имеются рабочие органы (инструменты), преобразователи и источники (энергии или информации).



Рис. 1.3. Последовательность вытеснения человека из технической системы

Развитие техники начиналось с досистемного уровня, когда человек не имел никаких инструментов кроме собственных рук, зубов, ногтей и т.п., и в дальнейшем шло путём последовательного вытеснения человека сначала внутри одного уровня, а затем на более высоких и сопровождалось следующими событиями.

При вытеснении с **исполнительского уровня**: появление простых инструментов типа дубина, каменный нож (1.1); простых механизмов – преобразователей энергии типа рычаг, лук, блок (1.2); использование вместо мускульной силы различных источников энергии – ветра, воды, паровых машин (1.3); с **уровня управления**: появление устройств управления механизмами – руль корабля (2.1); появление механизмов –

преобразователей команд в системах управления – сервомоторы (2.2); появление источников команд – копирные устройства токарных и фрезерных, простейшие автопилоты без обратных связей и логических схем (2.3); с **уровня принятия решений**: появление датчиков, заменяющих органы чувств человека, позволяющих повысить точность получаемой информации и также получать информацию, недоступную органам чувств человека (3.1); появление преобразователей информации – от простейших биноклей до электронных систем (3.2); появление систем оценки информации и принятия решений – автоматических систем управления (3.3).

Понимание закономерностей последовательного вытеснения человека из технической системы позволяет вести работу по её совершенствованию целенаправленно, избегая типичных ошибок, связанных с забеганием вперёд, т.е. попытками вытеснения человека с более далёких этапов, не обеспечив вытеснение с предыдущих.

1.3.3. Неравномерное развитие. Противоречия

В развитии технических систем в соответствии с законами диалектики происходит чередование этапов количественного роста и качественных скачков. В процессе количественного роста в результате неравномерного развития характеристик технической системы появляются противоречия.

Противоречие – проявление несоответствия между разными требованиями, предъявляемыми человеком к системе, и ограничениями, налагаемыми на неё законами природы, социальными, юридическими и экономическими законами, уровнем развития науки и техники, конкретными условиями применения и т.п. Например, увеличение крейсерской скорости самолёта требует уменьшения площади крыла, а сохранение хороших взлётно-посадочных характеристик – её увеличения. На начальных этапах развития, когда требования относительно невелики, а система обладает большими ресурсами, такие противоречия решаются путём компромисса – отыскиваются варианты конструкции, обеспечивающие приемлемые значения обеих конкурирующих характеристик. Но количественный рост продолжается, происходит накопление и обострение противоречий. Эти противоречия разрешаются (снимаются) в результате качественных скачков – создания принципиально новых технических решений.

В ТРИЗ рассматривается несколько видов противоречий. Ситуация, когда попытки улучшить одну характеристику (часть) системы приводят к ухудшению другой её характеристики (части), называется *техническим противоречием* (ТП). Построение минимальной схемы задачи, называемой в ТРИЗ *моделью задачи*, позволяет перейти к *физическому*

противоречию (ФП) – ситуации, когда к объекту или его части условиями задачи предъявляются противоположные (несовместимые) требования. Оно строится по схеме: объект (часть объекта) должен обладать свойством С и вместе с тем иметь противоположное свойство анти-С. ФП обостряет конфликт до предела и, как ни странно, именно благодаря этому облегчает решение. Учитывая сложность системы противоречий, очень важно найти среди них главное, центральное, ограничивающее развитие системы и устранить или разрешить его. Часто противоречия вообще не видны, а на поверхности лежит только тот или иной недостаток, одна сторона противоречия. Для выявления комплекса противоречий, определения ключевого противоречия и его разрешения или устранения предназначен АРИЗ.

1.3.4. Увеличение степени идеальности

Как уже отмечалось, развитие технических систем есть процесс повышения их степени идеальности. Из (1.1) следует, что повышение идеальности технической системы возможно как при опережающем росте числителя (увеличение количества и качества выполняемых полезных функций), так и при опережающем уменьшении знаменателя (снижение затрат, уменьшение числа вредных функций). Особенно интенсивно идёт повышение идеальности при одновременном росте числителя и снижении знаменателя.

Повышение идеальности в рамках существующей конструктивной концепции связано с количественными изменениями. При этом можно выделить следующие тенденции: *«дотягивание»* – улучшение выполнения полезных функций за счёт оптимизации, разного рода мелких усовершенствований; *«выжимание»* – снижение факторов расплаты за счёт оптимизации, разного рода мелких усовершенствований; *коррекция* – снижение факторов расплаты путём полной или частичной компенсации вредных функций системы, исправления её недостатков; *универсализация* – увеличение количества выполняемых системой полезных функций; *специализация* – резкое повышение качества выполнения одних полезных функций при отказе от других; *повышение единичной мощности* транспортного, обрабатывающего, добывающего, энергетического оборудования.

Повышение идеальности технических систем может происходить как в рамках существующей конструктивной концепции, так и в результате радикального изменения конструкции, принципа действия системы.

Для поиска технических решений, обеспечивающих повышение идеальности в рамках существующей конструктивной концепции, мо-

гут быть использованы достаточно простые методы – функциональный подход и поэлементный экономический анализ.

Функциональный подход был предложен сотрудником фирмы «Дженерал электрик» Л. Майлзом в конце 40-х годов XX века. Его метод заключается в том, что при совершенствовании или создании той или иной технической системы или её подсистемы сначала формулируют комплекс выполняемых функций, затем ищут альтернативные возможности их реализации, оценивают стоимость их выполнения, после чего выбирают наиболее экономичный вариант. Кроме этого, полезно при анализе функций выделять среди них основные, вспомогательные и второстепенные, а также вредные и искать пути улучшения выполнения полезных, уменьшения стоимости полезных и вспомогательных и избавления от вредных.

Поэлементный экономический анализ предложен в начале 50-х годов XX века инженером Пермского телефонного завода Ю.М. Соболевым, который рекомендует разделять элементы конструкции на основные и вспомогательные. Соболев утверждает, что главное внимание конструктора всегда привлечено к основным элементам конструкции, в результате чего вариант выполнения вспомогательных элементов выбирается полуслучайно, без экономической проработки. Отсюда вывод: всегда имеется возможность удешевления производства за счёт выбора наиболее экономичного варианта выполнения вспомогательных элементов.

Таким образом, оба метода позволяют при заданных полезных функциях снижать затраты – один из факторов расплаты.

Что касается повышения идеальности при радикальном изменении конструктивной концепции, принципа действия системы, то оно связано с качественными скачками в развитии и реализуется путём разрешения или снятия противоречий, накопившихся в процессе количественных изменений. Этот процесс регулируется законами развития технических систем.

Практика показала, что одним из важных механизмов повышения идеальности технических систем является использование ресурсов. Рассмотрим ресурсы, чаще всего используемые при совершенствовании технических систем.

Ресурсы вещества готовые – любые материалы, из которых состоит система и её окружение, выпускаемая ею продукция, отходы и т.п., которые, в принципе, можно использовать дополнительно.

Пример. На заводе, выпускающем керамзит, последний используют в качестве набивки фильтра для очистки технической воды.

Ресурсы вещества производные – вещества, получаемые в результате любых воздействий на готовые вещественные ресурсы.

Пример. Для мытья посуды в ресторанах предложено использовать вместо мыла раствор натриевой соды, которая омыливает пищевые жиры, имеющиеся на грязной посуде.

Ресурсы энергии готовые – любая энергия, нереализованные запасы которой имеются в системе или её окружении.

Пример. Абажур настольной лампы вращается благодаря конвекционному потоку воздуха, создаваемому теплом лампы.

Ресурсы энергии производные – энергия, получаемая в результате преобразования готовых энергетических ресурсов в другие виды энергии, либо изменения направления их действия, интенсивности и других характеристик.

Пример. В магнитогидродинамическом насосе для перекачивания жидких металлов магнитное поле создаётся электромагнитом, получающим энергию от термодинамического источника, использующих тепло расплавленного металла.

Ресурсы информации готовые – информация о системе, которая может быть получена с помощью полей рассеяния (звукового, теплового, электромагнитного и т.п.) в системе или с помощью веществ, проходящих через систему либо выходящих из неё (продукция, отходы).

Примеры. По биению пульса тибетская медицина диагностирует до 200 болезней. Определение марки стали и параметров её обработки по летящим при обработке искрам.

Ресурсы информации производные – информация, получаемая в результате преобразования непригодной для восприятия или обработки информации в полезную, как правило, с помощью различных физических или химических эффектов.

Пример. При возникновении и развитии трещин в работающих конструкциях возникают слабые звуковые колебания. Специальные акустические установки улавливают звуки в широком диапазоне, обрабатывают их с помощью компьютера и с высокой точностью оценивают характер возникшего дефекта и его опасность для конструкции.

Ресурсы пространства готовые – имеющееся в системе или её окружении свободное, незанятое место. Эффективный способ реализации этого ресурса – использование пустоты вместо вещества.

Пример. Для хранения газа используют естественные полости в земле.

Ресурсы пространства производные – дополнительное пространство, получаемое в результате использования разного рода геометрических эффектов.

Пример. Использование ленты Мёбиуса позволяет не менее, чем в два раза повысить эффективную длину любых кольцевых элементов: ременных шкивов, магнитофонных лент, ленточных ножей и т.п.

Ресурсы времени готовые – временные промежутки в технологическом процессе, а также до или после него, между процессами, не использованные ранее или использованные частично.

Пример. Танкер, перевозящий нефть, одновременно ведёт её переработку.

Ресурсы времени производные – временные промежутки, получаемые в результате ускорения, замедления, прерывания или превращения в непрерывные протекающих процессов.

Примеры. Ускоренная или замедленная съёмка быстротекущих или очень медленных процессов. Передача информации в виде очень короткого импульса, сжатого во времени.

Ресурсы функциональные готовые – возможности системы и её подсистем выполнять по совместительству дополнительные функции, как близкие к основным, так и новые, неожиданные (сверхэффект).

Пример. Для улучшения качества записи певца микрофон устанавливают в его ухе.

Ресурсы функциональные производные – возможности системы и её подсистем выполнять по совместительству дополнительные функции после некоторых изменений.

Пример. Подъёмный кран при помощи несложного приспособления сам поднимает свои подкрановые блоки при ремонте.

Системные ресурсы – новые полезные свойства системы или новые функции, которые могут быть получены при изменении связей между подсистемами или при новом способе объединения систем.

Пример. Мощные турбогенераторы объединяют парами: один работает в режиме генератора, питающего второй, который работает в режиме двигателя и вращает первый. Такое соединение позволяет испытать оба генератора в работе на полной нагрузке. Нужно только для покрытия потерь в машинах добавить небольшой приводной двигатель.

Наиболее эффективно решаются задачи, когда удаётся использовать в качестве ресурсов вредные вещества, поля, вредные функции системы. В этом случае получается двойной эффект – избавление от вреда и дополнительный выигрыш.

Примеры. Выхлоп трактора подведён через лемех плуга в землю и продукты сгорания обезвреживаются, одновременно удобряя землю. Пьезогенератор использует шум двигателя для генерации электроэнергии, необходимой для разных устройств самолёта.

Наиболее эффективным является комбинированное использование ресурсов разных видов.

Пример. Автомобиль-бетономешалка использует ресурс времени (бетон изготавливается при его транспортировке) и энергии (вращение бетономешалки осуществляется от двигателя автомобиля).

Другими источниками ресурсов могут быть системы – соседи по общей надсистеме, их продукция или отходы, а также внешняя среда (воздух, вода, почва, фоновые поля: гравитационное, электрическое, магнитное, тепловое и т.п.). Среди ресурсов надсистемы и внешней среды необходимо особо отметить «копеечные» ресурсы – широкодоступные, дешёвые вещества.

Пример. На севере в качестве набивки фильтров для очистки воздуха используют снег.

В ТРИЗ используется удобное на практике понятие о повышении степени идеальности как о приближении технической системы к некоторой *идеальной машине*, которая определяется как *машина, которой нет, а её функции выполняются*. Аналогично можно определить *идеальный технологический процесс* как *процесс, которого нет, а результат его – продукция – получается*. Существование технической системы – не самоцель, она нужна для выполнения полезных функций. Идеально, когда она выполняет их без всякой расплаты – не имеет ве-

са, размеров, не затрачивает энергию, материалы и т.д. Разумеется, достижение этого в реальности невозможно, за исключением тех случаев, когда выполнение нужных функций берёт на себя (по совместительству) какая-то другая, уже имеющаяся система (использован функциональный ресурс). Закон повышения степени идеальности технических систем является важнейшим в ТРИЗ. На базе понятия идеальности вводится представление об идеальном решении, *идеальном конечном результате* (ИКР) решения. Формулирование ИКР по заданным строгим правилам – один из главных элементов решения изобретательских задач с помощью АРИЗ. Именно ИКР позволяет выбрать среди множества направлений решения наиболее перспективное.

Ориентация на идеальность позволяет резко улучшить работу проектировщика, конструктора. Обычно конструктор подходит к задаче так: нужно осуществить то-то и то-то, следовательно, понадобятся такие-то механизмы и устройства. Правильный подход выглядит совершенно иначе. Нужно осуществить то-то и то-то и сделать это желательно, не вводя в систему новые механизмы и устройства.

В своих воспоминаниях конструктор А. Морозов, один из создателей танка Т-34, писал, что в работе руководимого им коллектива главным был принцип: «самой надёжной, непоражаемой, лёгкой и дешёвой является та деталь, которой нет в машине...».

1.3.5. Развёртывание–свёртывание

Повышение идеальности технических систем осуществляется путём *развёртывания* – увеличения количества и качества выполняемых полезных функций за счёт усложнения системы, и *свёртывания* – упрощения системы при сохранении или увеличении количества и качества полезных функций.

На всех этапах развития процессы развёртывания и свёртывания могут чередоваться, приходя на смену друг другу, частично или полностью перекрываться, действуя параллельно, то есть при общем развёртывании системы отдельные её подсистемы могут свёртываться, и наоборот.

Развёртывание технической системы начинается с момента её рождения, то есть создания *функционального центра* – основной функциональной цепочки из подсистем (элементов), способных в совокупности выполнить основную функцию системы, и продолжается сначала в рамках существующей конструктивной концепции, а затем и при её изменении. *Все звенья основной функциональной цепочки должны быть минимально жизнеспособны и связаны между собой энергетической, вещественной, функциональной или информационной связью.*

Развёртывание технической системы в процессе её развития в рамках существующей конструкции происходит от функционального центра к периферии системы и предусматривает: включение в систему дополнительных подсистем, повышающих качество выполнения основных функций, компенсирующих недостатки, и подсистем, расширяющих её функциональные возможности; увеличение числа уровней в иерархии за счёт её внутрисистемного дробления путём разделения системы на однородные либо разнородные подсистемы; переход к ретикулярной (сетевой) структуре.

Примеры. Антиблокировочная система тормозов, компьютер в автомобиле, современное судно – лихтеровоз со сменными баржами – лихтерами между носом и кормой; многопроцессорные системы с параллельными вычислениями.

Развёртывание технической системы происходит и за счёт перехода в надсистему, т.е. создание надсистемы из однородных, разнородных, сдвинутых (по характеристикам), альтернативных (конкурирующих), инверсных (с противоположными функциями) систем.

Примеры. Катамаран, двухцветный карандаш, набор цветных карандашей, турбовинтовой двигатель, кондиционер.

Свёртывание технической системы проходит три последовательных этапа: минимальное, частичное и полное.

Минимальное свёртывание – создание связей между исходными системами (превращающимися теперь в подсистемы), обеспечивающих появление системного эффекта при минимальном их изменении. В большинстве случаев связи носят временный характер, возможен возврат исходных систем к самостоятельному функционированию.

Пример. Книжный стеллаж из стандартных полок, скреплённых между собой.

Частичное свёртывание – изменение подсистем с целью упрощения, подгонки друг к другу, при этом улучшается работа подсистемы: уменьшаются потери, повышается надёжность и т.п. Усиливаются связи между подсистемами, но возможность их выхода из системы нередко ещё сохраняется, правда, с понижением эффективности работы.

Пример. Переход к бескорпусным конструкциям приборов, микросхем.

Полное свёртывание – полное изменение подсистем, установление между ними неразрывных связей. Система становится более простой, выход из неё бывших подсистем становится невозможным. На этом этапе система со всеми её подсистемами, связями и т.д. часто заменяется «умным» веществом, выполняющим нужные функции за счёт использования разных физических, химических и других эффектов.

Примеры. Радиоэлементы в микросхеме. Поддержание постоянной температуры за счёт процесса плавления и затвердевания вещества вместо сложных систем терморегуляции.

1.3.6. Повышение динамичности и управляемости

В процессе развития технической системы происходит повышение её динамичности и управляемости, то есть способности к целенаправ-

ленным изменениям, обеспечивающим улучшение адаптации, приспособление системы к меняющейся, взаимодействующей с ней среде.

Техническая система рождается, как правило, статичной, неизменяемой, узко- или даже однофункциональной. В процессе развития идёт переход к *мультифункциональности* за счёт перехода к системам с элементами: сменяющимися аппаратно, сменяющимися программно, изменяющимися.

Примеры. Дрель со сменными свёрлами, обрабатывающий центр, прижим склеиваемых деталей надувным резиновым мешком.

В процессе развития идёт переход к *системам с увеличенным числом степеней свободы*: с механическими изменениями (шарниры и другие механизмы, изменяющие направление и величину действующих сил, эластичные материалы); с изменениями на микроуровне (за счёт свойств веществ, нелинейных зависимостей параметров, фазовых переходов всех видов, химических превращений); с изменениями не вещества, а поля.

Примеры. Шарнирное соединение секций в двухсекционном автобусе, тросовые конструкции, закрепление деталей при обработке легкоплавким веществом, использование нелинейности магнитных свойств веществ для ограничения тока, электронное сканирование диаграммы направленности фазированной антенной решётки, перемешивание жидкого металла электромагнитным перемешивателем вместо мешалки.

Система рождается, как правило, неуправляемой. *Повышение её управляемости* предусматривает: принудительное управление состоянием системы (введением управляющих веществ, устройств, полей; введением хорошо управляемого процесса, действующего против основного, которым нужно управлять); переход к самоуправлению (за счёт введения обратных связей; за счёт использования «умных» веществ – разнообразных физических и химических эффектов, явлений).

Примеры. Введение различных регуляторов, катализаторов, ингибиторов. Перемещение предметного столика микроскопа нагреванием микрометрического винта. Тренер регулирует скорость ленты тренажёра, тем самым управляя скоростью бегущего по ней спортсмена. Охлаждение детали по заданному режиму пропусканием электрического тока одновременно с подачей охлаждающей среды. Системы автоматического управления станками, автопилоты.

В процессе развития происходит *изменение устойчивости*: от системы с одним статически устойчивым состоянием к системе с несколькими устойчивыми состояниями; от систем, устойчивых статически, к системам, устойчивым динамически, то есть за счёт движения, проходящего через систему потока энергии, управления; использование неустойчивых систем, моментов потери устойчивости.

Примеры. Тумблер с двумя или более рабочими положениями, который нельзя установить в промежуточном положении. Выпуклая пружинистая мембрана, имеющая два устойчивых состояния. Трёхколёсный велосипед обладает статической устойчивостью, двухколёсный – динамической. Применение взрывчатых веществ, цепных реакций, про-

цессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, систем, способных запасать энергию и в нужный момент толчком освободить её.

1.3.7. Переход на микроуровень. Использование полей

Развитие технических систем идёт в направлении всё большего использования глубинных уровней строения вещества и различных полей. Выделяется ряд уровней строения систем, каждый из которых характеризуется размерами типовых элементов, видом связи между ними, а также применяемыми эффектами и явлениями: 1) макроуровень – системы включают узлы и детали специальной формы (шестерёнки, рычаги, втулки и т.п.); 2) полисистемы из элементов простой геометрической формы (конструкции, набранные из стальных листов, нитей, шариков); 3) полисистемы из высокодисперсных элементов (порошки, эмульсии, аэрозоли, суспензии); 4) системы, использующие эффекты, связанные со структурой веществ – аморфных и кристаллических, твёрдых и жидких, с кристаллическими перестройками и фазовыми переходами (надмолекулярный уровень); 5) системы, использующие молекулярные явления – различные химические превращения (разложения и синтез, полимеризация, катализ и ингибирование и т.п.); 6) системы, использующие атомные явления – физические эффекты, связанные с изменением состояния атомов веществ (ионизация и рекомбинация, действие элементарных частиц); 7) системы, использующие вместо веществ действие различных полей (тепла, света, электромагнитных взаимодействий).

Понятие поля в ТРИЗ ближе всего к физическому, но имеет специфику: под ним понимают взаимодействие между объектами (веществами). Выявлены наиболее эффективно работающие в технике поля и последовательность их применения по мере развития технической системы, во многом согласующаяся с этапами перехода на микроуровень.

Механические поля: перемещение объектов; гравитационные, инерционные, центробежные силы; изменение давления, механические напряжения; силы трения, поверхностного натяжения, адгезии и т.п.; гидродинамические и аэродинамические силы; удары, вибрации, акустика (в том числе инфра- и ультразвук).

Тепловые поля: нагрев и охлаждение.

Химические поля: синтез и разрушение молекул; использование катализаторов и ингибиторов; использование особо активных веществ: озона, фтора и т.п.; введение инертных веществ; использование биохимии, запаховых и вкусовых ощущений.

Электрическое поле: электростатика, использование эффектов, связанных с электрическими зарядами (электризация, коронный разряд и

т.п.); электрический ток, эффекты, связанные с прохождением тока через вещество (электролиз, электрофорез и т.п.).

Магнитное поле: притяжение под действием магнитного поля.

Наиболее эффективным в развитии оказывается суммарное использование различных полей, в том числе парных комплексов (электрохимия, электромагнетизм, тепловые явления и химия и т.п.), в сочетании с разными уровнями строения вещества.

В использовании полей есть такие тенденции: *переход от использования поля одного знака к совмещению в одной системе действия полей противоположного направления (знака)*, например, возвратно-поступательного движения, увеличения–уменьшения давления, нагрева и охлаждения, химического разложения и синтеза, действия положительных и отрицательных зарядов и т.п.; *переход к использованию переменных (периодически изменяющихся во времени или в пространстве) полей*, например, вибрации, акустических полей, температурных колебаний, волновых химических процессов, переменных токов и электромагнитных волн, причём диапазон частот переменных полей расширяется, используются резонансные частоты; *переход к использованию импульсных и градиентных (неравномерных в пространстве или во времени) полей*, например, взрывов, сверхбыстрого нагрева или охлаждения, электрических и (или) магнитных импульсов; *переход к совместному действию постоянных полей разных знаков, переменных разных частот и импульсных полей* с использованием системных эффектов от их совмещения.

1.3.8. Согласование–рассогласование

В процессе развития технической системы на первых этапах происходит последовательное *согласование* системы и её подсистем между собой и с надсистемой, заключающееся в приведении основных параметров к определённым значениям, обеспечивающим эффективное функционирование. На последующих этапах происходит *рассогласование* – целенаправленное изменение отдельных параметров, обеспечивающее получение дополнительного полезного эффекта. Конечным этапом в этом цикле является *динамическое согласование – рассогласование*, при котором параметры системы изменяются управляемо (а впоследствии и самоуправляемо), так, чтобы принимать оптимальные значения в зависимости от условий работы.

Известны следующие виды согласования: *прямое* – увеличение одного параметра требует увеличения другого; *обратное* – увеличение одного параметра требует уменьшения другого; *однородное* – согласование однотипных параметров; *неоднородное* – согласование разнотипных параметров; *внутреннее* – согласование параметров подсистем

между собой; *внешнее* – согласование параметров системы с надсистемой, внешней средой; *непосредственное* – согласование систем, так или иначе связанных между собой; *условное* – согласование систем, непосредственно не связанных друг с другом, осуществляемое через глубинные (общественные) механизмы.

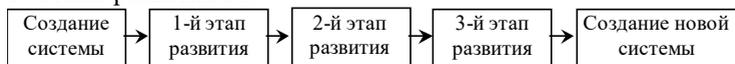
Технические системы в своём развитии проходят следующие этапы согласования: *принудительное* – в системе, состоящей из подсистем с разными уровнями развития, эффективность более развитых систем снижается до уровня наименее развитых; *буферное* – согласование с помощью специально вводимых согласующих звеньев; *свёрнутое (самосогласование)* – согласование за счёт самих подсистем, обычно благодаря тому, что хотя бы одна из них может работать в динамичном режиме.

Согласованию–рассогласованию подлежат любые параметры систем, в том числе материалы, формы и размеры, ритмика действия, структура, энергетические, информационные и другие потоки и т.п.

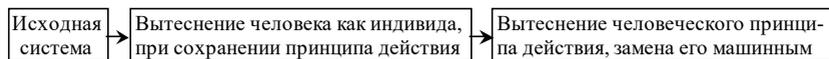
1.3.9. Линии развития

Выделение отдельных законов развития технических систем (ТС) является грубым упрощением. На самом деле они действуют в совокупности, обеспечивая эффективное, всестороннее развитие системы. Следствия одного закона нередко тесно переплетаются со следствиями другого, часто речь идёт об одной и той же закономерности, рассмотренной с разных сторон. Для практического использования законов развития технических систем удобно представить их в виде отдельных «линий» развития, каждая из которых характеризует одну конкретную, внутренне непротиворечивую закономерность. В виде таких линий развития могут быть отражены и закономерности, место которых в системе законов пока не определено, или закономерности, которые трудно отнести к тому или иному закону, так как в них суммируется действие разных законов развития. Эти линии показаны ниже.

1. Этапы развития ТС



2. Вытеснение человека из ТС



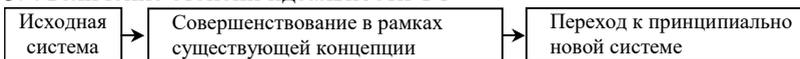
Вытеснение на одном уровне



Вытеснение между уровнями

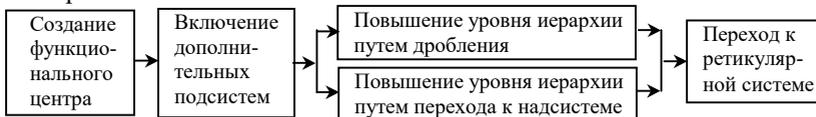


3. Увеличение степени идеальности ТС



4. Развертывание-свертывание ТС

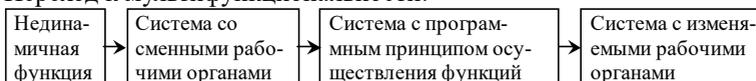
Развертывание:



Свертывание: Минимальное → Частичное → Полное

5. Повышение динамичности и управляемости ТС

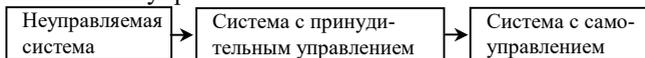
Переход к мультифункциональности:



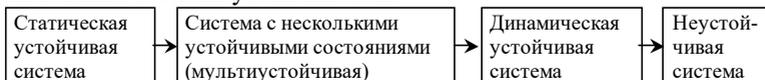
Увеличение числа степеней свободы:



Повышение управляемости:



Изменение степени устойчивости:



6. Переход на микроуровень и к использованию полей:

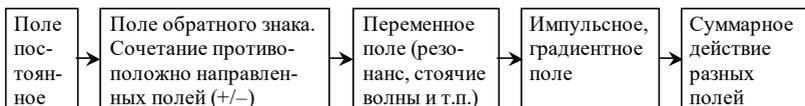
Переход на микроуровень:



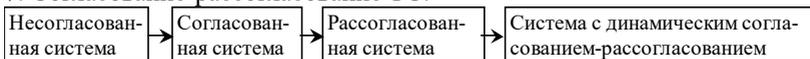
Переход к высокоэффективным полям:



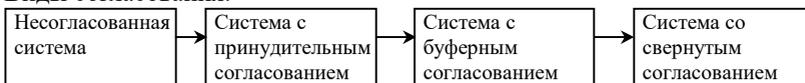
Повышение эффективности действия поля:



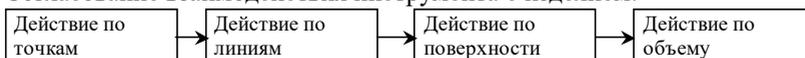
7. Согласование-рассогласование ТС:



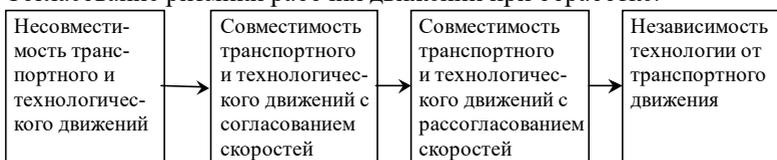
Виды согласования:



Согласование взаимодействия инструмента с изделием:



Согласование ритмики рабочих движений при обработке:

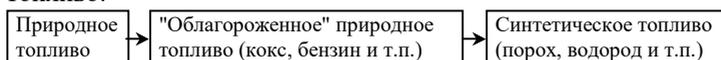


8. Дробление ТС

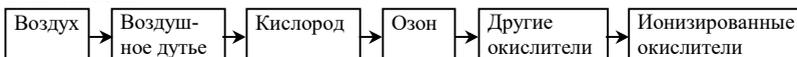


9. Развитие процесса сжигания

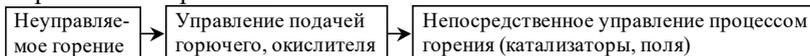
Топливо:



Окислитель:



Управление сгоранием:



2. ИНСТРУМЕНТЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ФОНД ТРИЗ

2.1. Типовые приёмы

На основе анализа больших массивов патентной информации (свыше 40 тысяч изобретений высокого уровня) выделялись сильные приёмы, эффективно срабатывавшие не менее, чем в 80–100 изобретениях. Так было выявлено 40 типовых приёмов устранения технических противоречий, которые приводятся ниже.

1. Принцип дробления: разделить объект на независимые части; заполнить объект разборным; увеличить степень дробления объекта.

Пример. Светящиеся буквы и знаки для автострад изготавливали из газосветных стеклянных трубок. Потом было предложено делать их из множества стеклянных шариков, хорошо отражающих и рассеивающих свет фар, а потом – из мельчайшей стеклянной пыли, напыляемой по трафарету.

2. Принцип вынесения. Отделить от объекта мешающую часть (мешающее свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть (нужное свойство). В отличие от предыдущего приема, состоящего в делении объекта на одинаковые части, здесь имеется в виду разделение объекта на разные части.

Пример. Устройство для освещения открытых пространств, содержащее мощные световые источники и отражатель рассеивающего типа, в котором для упрощения конструкции световые источники расположены на освещаемой поверхности, а отражатель помещен на нижней поверхности азростата (т.е. поднимают не все осветительное устройство, а только отражатель).

3. Принцип местного качества: перейти от однородной структуры объекта (или внешней среды, внешнего воздействия) к неоднородной; разные части объекта должны иметь (выполнять) различные функции; каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее благоприятных для ее работы.

Пример. Для уменьшения образования трещиноватых зерен рис перед сушкой разделяют по крупности на фракции, которые сушат раздельно с дифференцированными режимами.

4. Принцип асимметрии: перейти от симметричной формы объекта к асимметричной; если объект асимметричен, увеличить асимметрию.

Примеры. Воронка для сыпучих материалов включает конусную часть и примыкающий к ней цилиндрический канал; для увеличения пропускной способности воронки ось цилиндрического канала смещена относительно оси конусной части на расстояние 0,35–0,5 диаметра канала. Эксцентрично расположенная щетина на вращающейся щетке работает эффективней, а для того, чтобы щетка не прыгала по обрабатываемой поверхности, диск, несущий щетину, тоже сделан эксцентрично, но со смещением в противоположную сторону.

5. Принцип объединения: объединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты; объединить во времени однородные или смежные операции.

Примеры. Бульдозер из двух тракторов; отвал расположен между ведущим передним и ведомым задним тракторами; управление осуществляет один тракторист из ведущего

трактора. Семена плодовых деревьев сажают по три в каждую ямку так, чтобы стебельки вышли пучком; через два месяца после прорастания из каждой тройки оставляют лучший, а остальные обрезают; корневые системы, оказавшиеся без наземной части, соединяют с оставленными проростками; получая от корней утроенное количество воды и питательных веществ, саженец растет очень быстро.

6. Принцип универсальности. Объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах.

Пример. Обычно перед операцией травления детали машин обезжиривают, на что уходит время. Изобретен раствор, выполняющий обе операции одновременно.

7. Принцип «матрёшки»: один объект размещен внутри другого, который, в свою очередь, находится внутри третьего, и т.д.; один объект проходит сквозь полости в другом объекте.

Примеры. При заправке автомобилей бензином часть его испаряется; для предотвращения потерь американские инженеры предложили использовать спаренный коаксиальный шланг: внутренний подает бензин, наружный отсасывает пары. С целью уменьшения габаритов двигателя и повышения его КПД предложено гребные винты устанавливать так, чтобы лопасти одного вращались между лопастями другого.

8. Принцип антивеса: компенсировать вес объекта соединением с другим, обладающим подъемной силой; компенсировать вес объекта взаимодействием со средой (за счет аэро- и гидродинамических сил).

Пример. Опоры тяжело нагруженных конвейерных лент часто выходят из строя. Этого можно избежать, если ленты устанавливать на поплавки, помещенные в резервуары с жидкостью.

9. Принцип предварительного противодействия: заранее придать объекту напряжения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим напряжениям; если по условиям задачи необходимо совершить какое-то действие, надо заранее совершить противодействие.

Примеры. Стальная пружина будет прочнее, если заготовку предварительно растянуть, скрутить, снова растянуть и лишь после того навить. Для предотвращения возникновения вибраций при резании металла чашечный резец предварительно нагружают усилиями, близкими по величине и направленными противоположно усилиям, возникающим в процессе резания.

10. Принцип предварительного действия: заранее выполнить требуемое действие (полностью или хотя бы частично); заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие без затрат времени на доставку и с наиболее удобного места.

Пример. Чтобы быстро определить фирму, выпустившую взрывчатое вещество, в США предложили использовать метки из ферромагнитных материалов. Состав меток отличается по температуре достижения точки Кюри. Теперь после взрыва легко определить, откуда взята взрывчатка.

11. Принцип «заранее подложенной подушки». Компенсировать относительно невысокую надежность объекта заранее подготовленными аварийными средствами.

Примеры. Чтобы замерзшая вода не разорвала каток, предложено в ёмкость предварительно поместить на стержне цилиндр из эластичного пеноматериала с ячейками, заполненными газом; объем газа должен быть больше прироста объема воды при ее замерзании. Таблетку снотворного окружают сначала слоем вещества, замедляющего

растворение, а затем слоем рвотного средства; если проглотить много этих таблеток, количество рвотного средства достигнет критической массы и таблетки будут выброшены из желудка. Система защиты от воровства содержит фальшивую пачку денег, внутри которой помещается заряд вещества для лишения вора подвижности и указания его местоположения.

12. Принцип эквипотенциальности. Изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать или опускать объект.

Пример. Одна из заповедей горных туристов – камни, бугорки лучше обходить или перешагивать, чем подниматься на них.

13. Принцип «наоборот»: вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие; сделать движущуюся часть объекта или внешней среды неподвижной, а неподвижную – движущейся; перевернуть объект «вверх ногами», вывернуть его.

Примеры. При чистовой обработке резьбовых поверхностей предложено начинать обработку резцом у дна впадины, и с каждым проходом перемещать резец к вершине. Вместо горячего клеймения животных предложено холодное при помощи инструмента, охлажденного жидким азотом; оно почти безболезненно для животного.

14. Принцип сфероидальности: перейти от прямолинейных частей к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим, от частей, выполненных в виде куба и параллелепипеда, к шаровым конструкциям; использовать ролики, шарики, спирали; перейти от прямолинейного движения к вращательному, использовать центробежную силу

Примеры. Для более удобного техобслуживания автомобилей взамен конвейерной линии, вытянутой в нитку, изобретена карусель. Для обеспечения возможности перемещения транспортного средства в любом направлении предложено колесо в форме шара.

15. Принцип динамичности: характеристики объекта (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы; разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга; если объект в целом неподвижен, сделать его подвижным, перемещающимся.

Примеры. Изобретен бульдозерный отвал в виде упругой ленты, которая изменяет свою форму, приспособляясь к различным условиям эксплуатации. Предложена конструкция автомобиля, кабина которого при проезде под низким мостом опускается.

16. Принцип частичного или избыточного действия. Если трудно получить 100% требуемого эффекта, надо получить чуть меньше или чуть больше – задача при этом существенно упростится.

Примеры. Способ борьбы с градом, основанный на кристаллизации с помощью реагента (например, йодистого серебра) градового облака, в котором для резкого сокращения расхода реагента осуществляют кристаллизацию не всего объекта, а крупнокапельной (локальной) его части. Способ пламенно-дуговой резки металлов, в котором для резки «с гарантией» дугу включают на полную (избыточную) мощность.

17. Принцип перехода в другое измерение: трудности, связанные с движением (или размещением) объекта по линии, устраняются, если объект приобретает возможность перемещаться в двух измерениях (т.е. на плоскости), и, соответственно, задачи, связанные с движением (или размещением) объектов в одной плоскости, устраняются при пе-

реходе к пространству в трех измерениях; использовать многоэтажную компоновку объектов вместо одноэтажной; наклонить объект или положить его «на бок»; использовать обратную сторону данной площади; использовать оптические потоки, падающие на соседнюю площадь или на обратную сторону имеющейся площади.

Примеры. Изобретена двухэтажная пила, у которой нижние зубья разведены больше верхних; она очень чисто режет волокнистые материалы. Свойства магнитных сердечников можно значительно улучшить, если сердечник изготовлен из ферромагнитной ленты и намотан в форме ленты Мёбиуса.

18. Использование механических колебаний: привести объект в колебательное движение; если такое движение уже совершается, увеличить его частоту (вплоть до ультразвуковой); использовать резонансную частоту; применить вместо механических вибраторов пьезовибраторы; использовать ультразвуковые колебания в сочетании с электромагнитными полями.

Пример. Создан вибрационный насос для перекачки жидкостей. Возбуждая дополнительно в жидкости колебания ультразвуковой частоты, снижают межмолекулярное сцепление в потоке и трение жидкости о соприкасающуюся поверхность. Скорость перекачки возрастает.

19. Принцип периодического действия: перейти от непрерывного действия к периодическому (импульсному); если действие уже осуществляется периодически, изменить периодичность; использовать паузы между импульсами для другого действия.

Примеры. Процесс очистки электрических фильтров: на электроды фильтра подают не постоянное, а периодически меняющееся высокое напряжение – слой пыли при этом не задерживается, а падает под собственным весом. Способ стимулирования роста растений, при котором на растения воздействуют взаимно перпендикулярными импульсными воздушными потоками, подаваемыми поочередно в диаметрально противоположных направлениях.

20. Принцип непрерывности полезного действия: вести работу непрерывно (все части объекта должны все время работать с полной нагрузкой); устранить холостые и промежуточные ходы.

Примеры. Пила, использующая для распиловки бревен как прямое, так и обратное движение лесопильной рамы. Разработан плуг, на раме которого установлены левосторонний и правосторонний отвалы: пропахав ряд, нажал кнопку – рама повернулась, и двингайся обратно, паши новый ряд, земля отваливается в нужную сторону.

21. Принцип проскока. Вести процесс или отдельные его этапы (например, вредные или опасные) на большой скорости.

Пример. При повышении скорости охлаждения металла при литье или термообработке повышается его твердость, но одновременно вырастает хрупкость. При очень быстром охлаждении в металле не успевает появиться кристаллическая структура, возникает так называемое металлическое стекло, отличающееся очень высокими качествами и совсем не хрупкое.

22. Принцип «обратить вред в пользу»: использовать вредные факторы (в частности, вредное воздействие среды) для получения положительного эффекта; устранить вредный фактор за счет сложения с дру-

гими вредными факторами; усилить вредный фактор до такой степени, чтобы он перестал быть вредным.

Пример. Способ очистки отходящих газов от кислых компонентов путем абсорбции щелочными сточными водами гидрошлака – золоудалений тепловых электростанций.

23. Принцип обратной связи: ввести обратную связь; если обратная связь есть, изменить ее.

Пример. Для получения точных размеров листа при прокатке установлен датчик обратной связи. По мере изменения размера подходящего к валкам листа датчик принимает сигнал об изменении величины интенсивности излучения и дает команду электронной пушке. Чем толще металл, тем медленнее перемещается электронная пушка и тем сильнее прогревается металл.

24. Принцип «посредника»: использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие; на время присоединить к объекту другой (легкоудаляемый) объект.

Примеры. Соединение разнородных металлов, например меди и алюминия, осуществляют, используя промежуточные прокладки, хорошо свариваемые между собой и с данными металлами. Способ нанесения летучего ингибитора атмосферной коррозии на поверхности деталей путем их обдувки нагретым воздухом, насыщенным парами ингибитора.

25. Принцип самообслуживания: объект должен сам себя обслуживать, выполняя вспомогательные и ремонтные операции; использовать отходы (энергии, вещества).

Пример. При изготовлении древесноволокнистых плит отработанную воду подвергают радиационно-химической очистке, воду возвращают в цикл, а осадок вводят в древесноволокнистую массу.

26. Принцип копирования: вместо недоступного, сложного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии; заменить объект или систему объектов их оптическими копиями (изображениями) и использовать при этом изменение масштаба (увеличить или уменьшить копии); если используются видимые оптические копии, перейти к копиям инфракрасным или ультрафиолетовым.

Примеры. Изобретено устройство, позволяющее точно определить расположение болезненного очага в организме: система линеек, на которые нанесены рентгеноконтрастные вещества – при просвечивании пациента деления четко видны на экране. С целью экономии дефицитной сварочной проволоки для обучения сварщика предложено использовать экструдер: ученик выжимает окрашенное вещество (как пасту из тубика) и выводит на картоне швы.

27. Дешевая недолговечность взамен дорогой долговечности. Заменить дорогой объект набором дешевых объектов, поступившись при этом некоторыми качествами (например, долговечностью).

Примеры. Изобретен барьер для ограждения опасных участков дорог, который, разрушаясь, спасает столкнувшийся с ним автомобиль: одна из балок барьера сделана легко деформируемой, она и гасит энергию соударения. Мобильное дорожное полотно прокладывается по болотам и другим труднопроходимым местам для наведения временных путей сообщения: временная дорога, растилаемая за несколько минут, достаточно крепка, чтобы по ней прошли грузовики.

28. Замена механической схемы: заменить механическую схему оптической, акустической или «запаховой»; использовать электрические, магнитные или электромагнитные поля для взаимодействия с объектом; перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных к меняющимся во времени, от неструктурных к имеющим определенную структуру; использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами.

Примеры. Изобретен сигнализатор засоренности фильтра, в случае неблагоприятия испускающий резкий запах. Для точного и экономного расхода семян изобретено магнитное высеивающее устройство: предварительно семена нужно превратить в драже с ферромагнитной оболочкой. Если на поверхности шлифовального круга и на детали создать одинаковые по знаку и по величине электрические потенциалы, то шлифовальный круг не будет засаливаться.

29. Использование пневмо- и гидроконструкций. Вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкие: надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные.

Примеры. Стальную трубу массой в несколько тонн трудно перемещать в раскаленной печной атмосфере: предложено в печи устанавливать сопла для создания мощных воздушных потоков, так что труба парит на воздушной подушке. Изобретен способ фиксации нефтяного пятна на водной поверхности с помощью воздушного барьера: место разгрузки танкера окружают перфорированными трубами (резиновыми), погруженными в воду; компрессор нагнетает воздух; пузырьки при тихой погоде удерживают до 800 л нефти.

30. Использование гибких оболочек и тонких пленок: вместо обычных конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие пленки; изолировать объект от внешней среды с помощью гибких оболочек и тонких пленок.

Пример. Электронагреватель выполнен в виде теплопроводящей пленки, нанесенной на поверхность изоляционной трубки, помещенной в зеркальный рефлектор в вакууме.

31. Применение пористых материалов: выполнить объект пористым или использовать дополнительные пористые элементы (вставки, покрытия и т.д.); если объект уже выполнен пористым, заполнить поры каким-то веществом.

Пример. Способ пайки изделий, в котором подъем припоя создают с помощью капиллярных сил, возникающих при погружении в ванну пакета металлических сеток с уложенными на них изделиями.

32. Принцип изменения окраски: изменить окраску объекта или внешней среды; изменить степень прозрачности объекта или внешней среды.

Пример. В солнечный день нелегко разглядеть сигнал светофора. Предложено перед фонарем светофора поставить пару стекол с пленкой жидких кристаллов между ними и двумя электродами. Жидкие кристаллы не пропускают свет и выглядят как матовая черная поверхность при потушенной лампе. Если лампа загорается, то электрическое поле переориентирует молекулы кристаллов и заслонка становится прозрачной.

33. Принцип однородности. Объекты, взаимодействующие с данным объектом, должны быть сделаны из того же материала (или близкого ему по свойствам).

Примеры. Для смазывания охлаждаемого подшипника скольжения в качестве смазывающего вещества берут тот же материал, что и материал вкладыша подшипника.

Для компенсации усадки изделий, получаемых литьем в форму, изготовленную по эталону, форму и эталон выполняют из того же материала, что и изделие.

34. Принцип отброса и регенерации частей: выполнившая свое назначение или ставшая ненужной часть объекта должна быть отброшена (растворена, испарена и т.д.) или видоизменена непосредственно в ходе работы; расходимые части объекта должны быть восстановлены непосредственно в ходе работы.

Примеры. Пористые изделия из тугоплавких материалов получают с помощью щетки из легкоплавкого материала: на подложку с торчащей щетиной осаждают из парогазовой смеси материал изделия, а после удаления щетинок в нем остаются поры. Чтобы при резком старте ракеты не пострадали чувствительные приборы, их погружают в пенопласт, который, выполнив роль амортизатора, быстро испаряется в космосе. Вместо песка или дрови для пескоструйной обработки внутренних полостей деталей предложено использовать кусочки сухого льда: после обработки они испаряются и не засоряют механизм.

35. Изменение физико-химических параметров объекта: агрегатного состояния; концентрации или консистенции; степени гибкости; температуры.

Примеры. Способ охлаждения сварочных горелок жидкой углекислотой. Способ выравнивания поверхности сыпучего груза путем нагрева его до температуры плавления.

Наклонный ленточный конвейер, в котором для удержания груза используется его примораживание. Для повышения производительности пиления предложено нагревать дерево в зоне резания токами сверхвысокой частоты.

36. Применение фазовых переходов. Использовать явления, возникающие при фазовых переходах, например изменение объема, выделение или поглощение тепла и т.д.

Примеры. Изобретен домкрат с памятью формы, поднимающий грузы пакетом плоских пластин, каждая из которых «помнит», что при нагревании ей следует изогнуться. Смазочно-охлаждающую жидкость замораживают в виде бруска и подают его в зону обработки металла.

37. Применение теплового расширения: использовать тепловое расширение (или сжатие) материалов; использовать несколько материалов с разными коэффициентами теплового расширения.

Примеры. Предложен способ получения биметаллических труб путем применения металлов, резко увеличивающихся в объеме при нагревании; в качестве расширителя используют кремний, германий, галлий и т.п. Крышу парников предложено делать из шарнирно закрепленных пустотелых труб, внутри которых находится легко расширяющаяся жидкость: при изменении температуры меняется центр тяжести труб, поэтому они сами поднимаются и опускаются.

38. Применение сильных окислителей: заменить обычный воздух обогащенным; заменить обогащенный воздух кислородом; воздействовать на воздух или кислород ионизирующим излучением; использо-

вать озонированный кислород; заменить озонированный (или ионизированный) кислород озоном.

Примеры. Процесс получения трехоксида молибдена из вторичного сырья ведут при концентрации кислорода в потоке воздуха, равной 30–60 %. Для обеззараживания зерна в качестве окислителя используют озон. Для образования защитной пленки на поверхности куриных яиц их погружают в расплавленный парафин, а затем обрабатывают озоном: они долго сохраняются.

39. Применение инертной среды: заменить обычную среду инертной; вести процесс в вакууме.

Примеры. Для предотвращения взрыва при ремонтной сварке резервуаров остатками нефтепродуктов предложено неочищенные емкости заполнять дымом и кусками сухого льда. Изобретен способ консервирования, при котором сок замораживают и сушат под вакуумом.

40. Применение композиционных материалов. Перейти от однородных материалов к композиционным.

Примеры. Предложено вместо полива струей воды поливать поля газозвушной смесью. Изобретён теплопроводный клей: в клей КБ-3 ввели углеродные волокна, которые и образовали токопроводящую арматуру; при склеивании деревянных деталей место склейки подогревают, пропуская электрический ток. Полимерная композиция на основе эпоксидной смолы обладает повышенной износостойкостью в условиях гидродинамического и абразивного воздействия, поскольку сама более чем на 1/3 состоит из корунда и стекловолокна.

2.2. Вепольный анализ

В ТРИЗ для поиска новых технических решений используются различные модели, отражающие основные свойства и закономерности развития технических систем. В частности, построением, исследованием и преобразованием структурных моделей занимается раздел ТРИЗ, получивший название *вепольный анализ* (ВЕПОЛЬ от слов ВЕщество и ПОЛе).

Рассмотрим несколько изобретений.

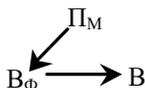
Для обработки (овализации) зерен абразива предложено смешивать их с ферромагнитными частицами и вращать смесь магнитным полем. Для очистки проволоки от окалины предложено пропускать её через абразивный ферромагнитный порошок, сжимаемый магнитным полем. Для распыления полимерных расплавов предложено вводить в них ферромагнитные частицы и пропускать их через зону действия знакопеременного магнитного поля.

Нетрудно заметить общий приём, использованный в этих изобретениях. Имеется некоторое вещество, само по себе не поддающееся управлению (изменению, обработке). Чтобы управлять веществом, вводят ферромагнитные частицы и действуют магнитным полем.

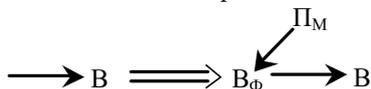
Запишем это решение так, как записывают химические реакции. По условиям задачи дано вещество, обозначим его буквой В. Пунктирной стрелкой покажем, что по условиям задачи вещество плохо поддается управлению и надо научиться им управлять:

-- → В

Запишем теперь ответ. Вводится магнитное поле Π_M , действующее на ферромагнитный порошок V_Φ , который, в свою очередь, управляемо действует на V :



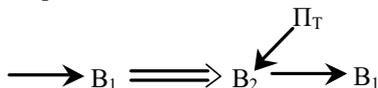
Соединим «дано» и «получено» двойной стрелкой: она заменит выражение «для решения задачи надо перейти к»:



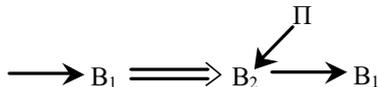
Запись отчётливо выражает суть решения. Было вещество (V), которое плохо поддавалось непосредственному воздействию. Пришлось пойти в обход: взяли хорошо взаимодействующую пару магнитное поле – ферропорошок и объединили с имеющимся веществом в единую систему. Видно и противоречие, скрытое в условиях задачи: поле не должно действовать на V (нет подходящих полей) и должно действовать на V (чтобы управлять им). В патентном фонде имеются тысячи изобретений, соответствующих записанной «реакции». «Треугольник» из Π_M , V_Φ , V получил название *феполь* (от слов Феррочастицы и ПО-Ле). Существуют, однако, другие вещества, хорошо работающие в паре с различными полями.

Для сжатия порошка, заключённого в металлический корпус, используют охлаждение корпуса. Для съёма гребных винтов используют тяговые стержни, удлиняющиеся при нагревании. Для микродозирования жидких лекарств нагревают воздух в полости пипетки.

Формула этих изобретений может быть записана так:

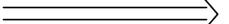


Дано плохо управляемое вещество – *изделие* V_1 . Чтобы обеспечить хорошую управляемость, надо перейти к системе, в которой тепловое поле Π_T действует на вещество – *инструмент* V_2 , взаимодействующий с V_1 . Структуры из Π_T , V_2 , и V_1 получили название *теполей*. В общем случае возможны структуры (*веполи*), включающие любое поле:



Веполь является минимальной моделью технической системы: он включает изделие, инструмент и энергию (поле), необходимую для воздействия инструмента на изделие. Модель сложной технической системы можно свести к сумме веполей. Вещество принято записывать

в вепольных формулах в строчку, поле на входе – над строчкой, поле на выходе – под строчкой. Веполь обозначают также (без конкретизации) в виде треугольника. Используют следующие условные обозначения:

	необходимое воздействие,
	недостаточное воздействие,
	нежелательное воздействие,
	направление воздействия,
	направление преобразования веполя.

Записывая условие задачи в вепольной форме, мы отбрасываем всё несущественное, выделяя суть (строим модель задачи): что дано (поля, вещества, действия), что надо изменить или ввести. Вепольная запись позволяет выявить причины возникновения задачи, то есть «болезни» технической системы, например недостроенность веполя. Поэтому вепольный анализ не только даёт удобную символику для записи изобретательских «реакций», но и служит инструментом проникновения в глубинную суть задачи и отыскания наиболее эффективных путей преобразования технических систем. В разделе по стандартам показано много вепольных записей.

2.3. Стандарты

Анализ патентного фонда показал, что все изобретательские задачи можно разделить на два вида: типовые и нетиповые. Типовые решаются по чётким правилам в один-два хода. Правила, основанные на известных законах развития технических систем, указывают, как должна быть преобразована исходная система. Называются такие правила *стандартами на решение изобретательских задач*, а совокупность этих правил, определённым образом классифицированных, называется системой стандартов.

Стандарты на решение изобретательских задач появились как особо сильные сочетания приёмов и физических эффектов, они составили первую, ещё не многочисленную группу стандартов. К ней были присоединены правила преобразования технических систем, вытекающие из законов развития. Возникла система стандартов, регулярно пополняемая и совершенствуемая. Все стандарты разбиты на 5 классов в порядке, отражающем направление развития технических систем.

Класс 1 – построение и разрушение вепольных моделей – включает ряд конкретных преобразований по достройке и разрушению веполей в зависимости от тех или иных ограничений, приведённых в условии исходных задач.

Класс 2 – развитие вепольных моделей – описывает способы, позволяющие путём сравнительно небольших усложнений существенно

повысить эффективность работы соответствующей модели технической системы.

Класс 3 – переход к надсистеме и на микроуровень – продолжает линию стандартов класса 2 на форсирование вепольных моделей. Стандарты классов 2 и 3 базируются на использовании законов развития технических систем.

Класс 4 – стандарты на обнаружение и измерение – составляют особый комплекс, поскольку решение таких задач имеет ряд характерных особенностей. Но в целом направление развития измерительных систем соответствует общим законам развития, вследствие чего стандарты этого класса имеют много общего со стандартами классов 1–3.

Класс 5 – стандарты на применение стандартов – имеет важное значение для получения эффективных решений изобретательских задач. Многие задачи могут быть решены «с позиции силы» – прямым введением в систему дополнительных веществ и полей. Такие решения бывают малоэффективны. Для получения изобретения высокого уровня нужно преодолеть противоречие: вещество (поле) должно быть введено и не должно быть введено. Класс 5 показывает пути преодоления таких противоречий. Применение большинства стандартов 1–4 классов приводит, по сути дела, к развёртыванию технической системы. Класс 5 предназначен для свёртывания полученных моделей. Система стандартов остаётся открытой, т.е. способна пополняться. «Кандидаты в стандарты» тщательно отбираются и проходят проверку в качестве экспериментальных стандартов (класс 5.5).

Система стандартов проста и логична. Они позволяют сразу и на высоком уровне решать 10–20 % сложных современных задач. Кроме того, стандарты могут использоваться в целях прогнозирования, для частичного решения нестандартных задач, для развития и усиления полученных решений. Далее приводятся порядок применения, перечень и подробное описание стандартов.

2.3.1. Порядок применения стандартов

Определить, какого рода предлагаемая задача: на изменение или измерение (обнаружение). Если задача на изменение, то нужно построить исходную вепольную модель, исходя из условий задачи. Если исходная модель – неполный веполь, то необходимо обратиться к стандартам подкласса 1.1; если вредный веполь – к стандартам подкласса 1.2; если неэффективный – к стандартам классов 2 и 3. Если задача на измерение, следует использовать стандарты класса 4. Найдя решение, проверить, нельзя ли свернуть полученную модель с помощью стандартов класса 5. К этому же стандарту нужно обращаться, если в условиях задачи имеется запрет на введение веществ или полей.

2.3.2. Перечень стандартов

Класс 1. Построение и разрушение вепольных систем

1.1. Синтез веполей

- 1.1.1. Постройка веполя
- 1.1.2. Внутренний комплексный веполь
- 1.1.3. Внешний комплексный веполь
- 1.1.4. Веполь на внешней среде
- 1.1.5. Веполь на внешней среде с добавками
- 1.1.6. Минимальный режим
- 1.1.7. Максимальный режим
- 1.1.8. Избирательно-максимальный режим

1.2. Разрушение веполей

- 1.2.1. Устранение вредной связи введением V_3
- 1.2.2. Устранение вредной связи введением измененных V_1 и (или) V_2
- 1.2.3. «Оттягивание» вредного действия
- 1.2.4. Противодействие вредным связям с помощью Π_2
- 1.2.5. «Отключение» магнитных связей

Класс 2. Развитие вепольных систем

2.1. Переход к сложным веполям

- 2.1.1. Цепные веполи
- 2.1.2. Двойные веполи

2.2. Форсирование веполей

- 2.2.1. Переход к более управляемым полям
- 2.2.2. Дробление V_2
- 2.2.3. Переход к капиллярно-пористым веществам
- 2.2.4. Динамизация
- 2.2.5. Структуризация полей
- 2.2.6. Структуризация веществ

2.3. Форсирование согласованием ритмики

- 2.3.1. Согласование ритмики Π и V_1 (или V_2)
- 2.3.2. Согласование ритмики Π_1 и Π_2
- 2.3.3. Согласование несовместимых или ранее независимых действий

2.4. Феполи (комплексно форсированные веполи)

- 2.4.1. «Протофеполи»
- 2.4.2. Феполи
- 2.4.3. Магнитная жидкость
- 2.4.4. Использование капиллярно-пористых структур в феполях
- 2.4.5. Комплексные феполи
- 2.4.6. Феполи на внешней среде
- 2.4.7. Использование физэффектов
- 2.4.8. Динамизация

- 2.4.9. Структуризация
- 2.4.10. Согласование ритмики в фепольях
- 2.4.11. Эполи
- 2.4.12. Реологические жидкости

Класс 3. Переход к надсистеме и на микроуровень

3.1. Переход к бисистемам и полисистемам

- 3.1.1. Системный переход 1-а: образование бисистем и полисистем
- 3.1.2. Развитие связей в бисистемах и полисистемах
- 3.1.3. Системный переход 1-б: увеличение различия между элементами
- 3.1.4. Свертывание бисистем и полисистем
- 3.1.5. Системный переход 1-в: противоположные свойства целого и частей

3.2. Переход на микроуровень

- 3.2.1. Системный переход 2: переход на микроуровень

Класс 4. Стандарты на обнаружение и измерение систем

4.1. Обходные пути

- 4.1.1. Вместо обнаружения или измерения – изменение систем
- 4.1.2. Использование копий
- 4.1.3. Измерение – два последовательных обнаружения

4.2. Синтез измерительных систем

- 4.2.1. «Измерительный» веполь
- 4.2.2. Комплексный «измерительный» веполь
- 4.2.3. «Измерительный» веполь на внешней среде
- 4.2.4. Получение добавок во внешней среде

4.3. Форсирование измерительных веполей

- 4.3.1. Использование физэфффектов
- 4.3.2. Использование резонанса контролируемого объекта
- 4.3.3. Использование резонанса присоединенного объекта

4.4. Переход к фепольным системам

- 4.4.1. «Измерительный протофеполь»
- 4.4.2. «Измерительный» феполь
- 4.4.3. Комплексный «измерительный» феполь
- 4.4.4. «Измерительный» феполь на внешней среде
- 4.4.5. Использование физэфффектов

4.5. Направление развития измерительных систем

- 4.5.1. Переход к бисистемам и полисистемам
- 4.5.2. Направление развития

Класс 5. Стандарты на применение стандартов

5.1. Введение веществ

- 5.1.1. Обходные пути
- 5.1.2. «Раздвоение» вещества

5.1.3. Самоустранение обработанных веществ

5.1.4. Введение больших количеств вещества

5.2. Введение полей

5.2.1. Использование полей по совместительству

5.2.2. Введение полей из внешней среды

5.2.3. Использование веществ, могущих стать источниками полей

5.3. Фазовые переходы

5.3.1. Фазовый переход 1: замена фаз

5.3.2. Фазовый переход 2: двойственное фазовое состояние

5.3.3. Фазовый переход. 3: использование сопутствующих явлений

5.3.4. Фазовый переход 4: переход к двухфазовому состоянию

5.3.5. Взаимодействие фаз

5.4. Особенности применения физэффектов

5.4.1. Самоуправляемые переходы

5.4.2. Усиление поля на выходе

5.5. Экспериментальные стандарты

5.5.1. Получение частиц вещества разложением

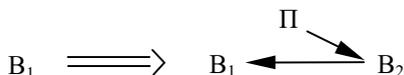
5.5.2. Получение частиц вещества соединением

5.5.3. Применение стандартов 5.5.1 и 5.5.2.

2.3.3. Описание стандартов

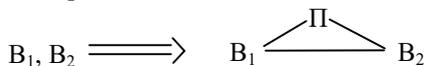
Класс 1. Построение и разрушение вепольных систем

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

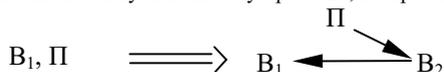


А.с. 283885. Способ деаэрации порошкообразных веществ, отличающийся тем, что, с целью интенсификации процесса, его проводят под действием центробежных сил.

Даны два вещества – порошок и газ, сами по себе невзаимодействующие. Введено поле, образовался веполь:



Гравитационное поле и спиленное дерево еще не образуют вепольной системы – нет второго вещества: поэтому поле не обрабатывает дерево. Согласно **а.с. 461722**, падающее дерево встречает на своем пути ножовое устройство, которое срезает сучья:



Чтобы дозированно подавать сыпучие или жидкие вещества, надо нанести их ровным слоем на легко удаляемый материал (например, бу-

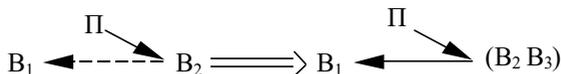
магу). При подготовке такого «бутерброда» происходит переход от одного вещества к двум, а для удаления основы веполь дотраивают введением поля (например, теплового или механического).

А.с. 305363. Способ непрерывного дозирования сыпучих материалов по массе в единице объема, например абразива, при ускоренных износных испытаниях двигателя внутреннего сгорания, отличающийся тем, что, с целью повышения точности, абразив предварительно наносят равномерным слоем на поверхность гибкой ленты из легковоспламеняющегося вещества, подают ее с заданной скоростью в зону нагрева и сжигают, а абразив отводят к испытываемому объекту. Аналогично производят микродозирование по **А.с. 421327.** Раствор препаратов наносят на бумагу, а «получение необходимой микродозы осуществляют отделением требуемой площадки плоского носителя».

Веполь часто приходится образовывать при решении задач на выполнение операций с тонкими, хрупкими и легко деформируемыми 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.

А.с. 182661. Способ изготовления тонкостенных трубок из нихрома, включающий волочение и промежуточные отжиги в вакууме, отличающийся тем, что, с целью получения трубок с толщиной стенок 0,01 мм, обеспечения при этом дописка отклонения по толщине стенки в пределах 0,002–0,003 мм и повышения выхода годного, волочение на последних операциях доводки осуществляют на алюминиевом стержне, удаляемом после обработки вытравливанием щелочью. **А.с. 235979.** Способ изготовления резиновых шаров-разделителей путем формирования и вулканизации резиновой оболочки на ядре, отличающийся тем, что, с целью придания шару необходимых размеров, ядро формируют из смеси измельченного мела с водой с последующей просушкой и разрушением твердого ядра после вулканизации жидкостью, вводимой с помощью иглы.

1.1.2. 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 веполю нужные свойства.



Здесь V_1 – изделие, V_2 – инструмент, V_3 – добавка; скобками обозначена комплексная связь.

А.с. 265068. Способ проведения массообменных процессов с вязкой жидкостью. Жидкость предварительно газируют. **А.с. 1044879.** Клапан для токсичных и взрывчатых веществ. Корпус клапана заполнен легкоплавким припоем, в который введены ферромагнитные частицы (с внешней стороны установлен электромагнит).

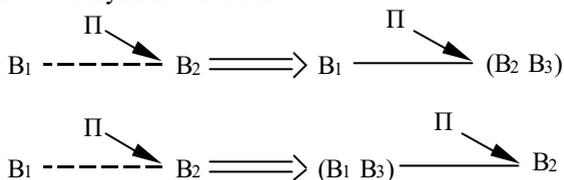
Примечания:

1. Нередко по условиям задачи даны два вещества, причем оба они плохо взаимодействуют или совсем не 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).

2. Иногда одно и то же решение, в зависимости от постановки задачи, может быть записано и как постройка веполя и как постройка комплексного веполя. Например: «Как визуально обнаружить маленькие капельки жидкости?». Решение: синтез веполя – в жидкость предварительно вводят люминофор и освещают зону поиска ультрафиолетовым светом (А.с. 277805). Возможна иная постановка той же задачи: «Как обнаружить неплотности в агрегате холодильника?». Здесь веществами являются «неплотности» и протекающие сквозь них капли жидкости. Люминофор – добавка, образующая внутренний комплекс с веществом жидкости.

1.1.3. Если дан веполю, плохо поддающийся нужным изменениям, и условия задачи содержат ограничения на введение добавок в имеющиеся вещества V_1 или V_2 , задачу решают переходом (постоянным или временным) к **внешнему комплексному веполю**, присоединяя к V_1 или V_2 внешнее вещество V_3 , увеличивающее управляемость или придающее веполю нужные свойства.



Примечание. Предположим, в условиях задачи на обнаружение неплотностей в агрегате холодильника имеется ограничение: люминофор нельзя вводить в жидкость. В этом случае вещество-обнаружитель может быть расположено на наружной поверхности агрегата (А.с. 311109). Возникает внешний комплексный веполю.

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

А.с. 175835. Саморазгружающаяся баржа по А.с. 163914, отличающаяся тем, что, с целью повышения надежности возврата баржи в исходное положение после разгрузки при любых углах крена и опрокидывания, она выполнена с балластной килевой цистерной, имеющей отверстия в наружных стенках, постоянно сообщающиеся с заборным пространством.

Нужно иметь тяжелый киль и нельзя иметь тяжелый киль. Выход: сделать киль из воды. В воде такой киль ничего не весит, а когда баржа опрокинута, киль оказывается в воздухе и приобретает вес. Вода не

успевают вытечь из отверстий – киль возвращает баржу в нормальное положение.

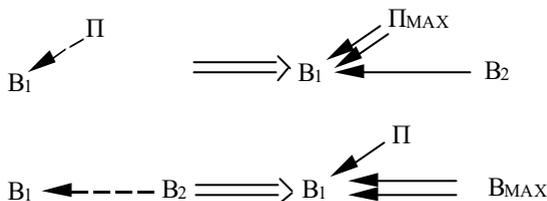
В частности, если нужно менять вес движущегося тела, а менять его нельзя, то телу надо придать форму крыла и, меняя наклон крыла к направлению движения, получить дополнительную, направленную вверх или вниз силу.

А.с. 358689. Центробежный датчик угловой скорости, содержащий двухплечные рычаги и грузы, отличающийся тем, что, с целью уменьшения габаритов и веса, грузы выполнены в виде крыла для создания дополнительной подъемной силы при вращении. **А.с. 167784.** Центробежный тормозного типа регулятор числа оборотов роторного ветродвигателя, установленный на вертикальной оси ротора, отличающийся тем, что, с целью поддержания скорости вращения ротора в малом интервале числа оборотов при сильном увеличении мощности, грузы регулятора выполнены в виде лопастей, обеспечивающих аэродинамическое торможение. **А.с. 526399.** Дебалансный вибратор, содержащий вал, дебаланс и устройство для крепления дебаланса к валу на заданном расстоянии от вала, отличающийся тем, что, с целью увеличения возмущающей силы, дебаланс выполнен в виде тела, имеющего в поперечном сечении профиль крыла.

1.1.5. Если внешняя среда не содержит веществ, необходимых для построения веполя по стандарту **1.1.4**, это вещество может быть получено заменой внешней среды, ее разложением или введением в нее добавок.

А.с. 796500. В опорном узле скольжения используют смазку (в данном случае это внешняя среда). Для улучшения демпфирования смазку газифицируют, разлагая ее электролизом.

1.1.6. Если нужен **минимальный** (дозированный, оптимальный) режим действия, а обеспечить его по условиям задачи трудно или невозможно, надо использовать максимальный режим, а избыток убирать. При этом избыток поля убирают веществом, а избыток вещества по-
лем.

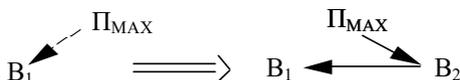


Избыточное действие обозначено двумя стрелками.

А.с. 242714. Для получения тонкого слоя краски на изделие наносят избыточное покрытие, окуная изделие в бак с краской. Затем изделие вращают и центробежные силы сбрасывают избыток краски. **А.с. 907503.** Способ дозирования тонера, включающий добавку в двухкомпонентный проявляющий состав тонера, по мере его расхода в процессе проявления, отличающийся тем, что, с целью повышения качества изображения, добавку тонера осуществляют в количестве, превышающем максимальный расход тонера на проявление одной копии, а из проявляющего состава одновременно с проявлением удаляют избыточное количество тонера.

1.1.7. 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:



А.с. 120909. При изготовлении предварительно напряженного железобетона нужно растянуть стальные стержни. Для этого их нагревают; от тепла стержни удлиняются и в таком виде их закрепляют. Однако, если вместо стержней используют проволоку, ее нужно нагревать до 700°C , а допустимо только до 400°C (при большем нагреве проволока теряет свои свойства). Предложено нагревать нерасходуемый жаропрочный стержень, который от нагрева удлиняется и в таком виде соединяется с проволокой. Охлаждаясь, стержень укорачивается и растягивает проволоку, оставляя ее холодной.

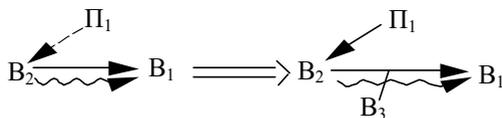
1.1.8. Если нужен избирательно-максимальный режим (максимальный режим в определенных зонах при сохранении минимального режима в других зонах), поле должно быть:

либо максимальным – тогда в места, где необходимо минимальное воздействие, вводят защитное вещество (1.1.8.1);

либо минимальным – тогда 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).

А.с. 264619. Для запайки ампулы с лекарством горелку включают на максимальный режим, а избыток пламени отсекают, погружая корпус ампулы в воду (так, что высовывается только верхушка капилляра). **А.с. 743810.** В зазор между свариваемыми деталями закладывают экзотермическую смесь, выделяющую при сварке тепло.

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



А.с. 937726. При взрывном уплотнении стенок скважины взрывные газы, выполняя полезную функцию, одновременно оказывают и вредное действие – приводят к образованию трещин в стенках. Предложено «окутать» шнуровой заряд оболочкой из пластилина: давление передается, трещин нет. **А.с. 724242.** Способ гибки ошпированной трубы намоткой ее в холодном состоянии на гибочный шаблон, отличающийся тем, что, с целью повышения качества при гибке на радиус менее трех наружных диаметров трубы, при намотке шипы трубы погружают в слой эластичного материала, например полиуретана. **А.с. 460148.** Способ изготовления изделий без снятия поверхностного слоя материала, например пластическим деформированием, в технологической среде с последующей очисткой, например ультразвуковой, в моющей жидкости, отличающийся тем, что, с целью интенсификации процесса очистки, на поверхности изделия перед обработкой наносят вещество, удаляющееся в моющей жидкости легче, чем технологическая

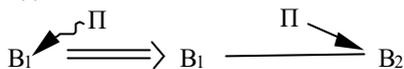
среда. **А.с. 880889.** Способ упаковки и консервации изделий со сложно-рельефной поверхностью, предусматривающий окунание их в расплав полимера, отличающийся тем, что, с целью облегчения съема упаковки, перед окунанием в расплав вводят подслои, содержащий парообразующее вещество.

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

Примечание. Вещество V_3 может быть введено в систему извне в готовом виде или получено (действием Π_1 или Π_2) из имеющихся веществ. В частности, V_3 может быть «пустотой», пузырьками, пеной и т.д.

А.с. 412062. Способ предупреждения кавитационной эрозии гидродинамических профилей, например подводных крыльев, путем покрытия поверхности профиля защитным слоем, отличающийся тем, что, с целью повышения его эффективности при одновременном снижении гидродинамического сопротивления профиля, защитный слой создают непрерывным намораживанием на поверхности корки льда, по мере разрушения ее от кавитации, поддерживая толщину защитного слоя в установленных пределах, исключая оголение поверхности и ее эрозию под действием кавитации. **А.с. 783154.** Способ транспортирования пульпы по трубопроводу, включающий подачу пульпы в трубопровод и перемещение по нему, отличающийся тем, что, с целью снижения износа трубопровода, наружную стенку последнего охлаждают до образования на внутренней его поверхности слоя замороженной пульпы.

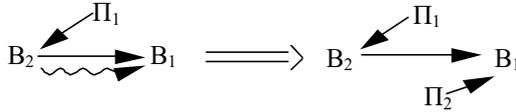
1.2.3. Если необходимо устранить вредное действие поля на вещество, задача может быть решена введением второго элемента, оттягивающего на себя вредное действие поля:



А.с. 152492. Для защиты подземных кабельных линий от повреждений, вызываемых образованием в грунте морозобойных трещин, заранее прорывают узкие прорезы («трещины») в стороне от трассы кабеля.

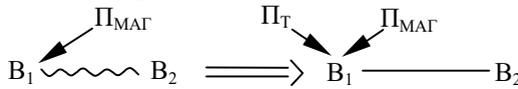
Для защиты труб от разрыва при замораживании в трубе размещают наддувную пластмассовую вставку (шланг). Замерзая, вода расширяется и сдавливает мягкую вставку, а труба остается целой.

1.2.4. 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 Π_1 , а нейтрализацию вредного действия (или превращение вредного действия во второе полезное действие) осуществляет Π_2 .



А.с. 755247. Для опыления цветков обдувают воздухом. Но цветок от ветра закрывается. Предложено раскрыть цветок воздействием электростатического заряда. **А.с. 589482.** Автоматическая система с обратной связью возбуждает в фундаментных опорах колебания, равные по величине, но противоположные по направлению колебаниям, возникающим при работе технологического оборудования.

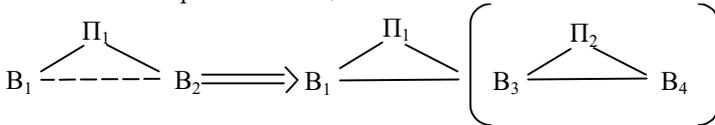
1.2.5. Если надо разрушить веполь с магнитным полем, задача может быть решена применением физэффектов, «отключающих» ферромагнитные свойства вещества, например, размагничиванием при ударе или нагреве выше точки Кюри.



А.с. 397289. Способ контактной приварки ферропорошков. Перед подачей в зону приварки порошок нагревают до точки Кюри. Это предотвращает выталкивание порошка магнитным полем сварочного тока. **А.с. 312746.** Способ внутреннего шлифования путем воздействия на изделие ферромагнитной среды, которую приводят в движение посредством вращающегося магнитного поля, отличающийся тем, что, с целью интенсификации обработки изделий из ферромагнитного материала, последние нагревают до температуры, равной или выше точки Кюри.

Класс 2. Развитие вепольных систем

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



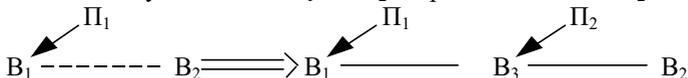
(\$B_3\$ или \$B_4\$, в свою очередь, может быть развернуто в веполь).

А.с. 428119. Устройство для заклинивания, содержащее клин и клиновую прокладку с нагревательным элементом, отличающееся тем, что, с целью облегчения извлечения клина, клиновья прокладка выполнена из двух частей, одна из которых легкоплавкая. **А.с. 1052351.** Сборный инструмент, в котором корпус состоит из двух concentric расположенных втулок (вместо одного цилиндра); втулки сопряжены между собой с гарантированным натягом и выполнены из материалов с различным коэффициентом линейного расширения, выбранных из условия сохранения гарантированного натяга и создания осевого натяга в инструменте.

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

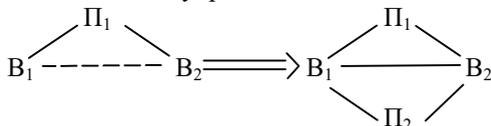
А.с. 271763. Самоходный кран с подвижным противовесом. **А.с. 508427.** Трактор для работы на крутых склонах – с подвижным центром тяжести. **А.с. 329441.** Качающийся дозатор имеет ковш, постепенно заполняемый жидкостью, и противовес. Когда ковш наполняется, дозатор наклоняется и выливает жидкость. Однако такой дозатор слишком рано начинает подниматься – часть жидкости остается в ковше. Предложено в противовесе сделать канал, в котором свободно перемещается шарик. При опрокидывании ковша шарик смещается к оси, передвигает центр тяжести системы и тем самым удерживает ковш наклонным до полного слива жидкости.

Цепной веполь может образовываться и при развертывании связей в веполе. В этом случае в связь $V_1 - V_2$ встраивается звено $\Pi_2 - V_3$:



Патент Англии 824047. Предлагается устройство для передачи вращения с одного вала к другому (муфта), содержащее наружный и внутренний роторы, охваченные электромагнитом. В зазоре между роторами находится магнитная жидкость, твердеющая в магнитном поле. Если электромагнит не включен, роторы свободно вращаются относительно друг друга. При включении электромагнита жидкость приобретает твердость и жестко связывает роторы, т.е. позволяет передавать вращающий момент.

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



А.с. 275331. Способ регулируемого расхода жидкого металла из разливочного ковша, отличающийся тем, что, с целью безаварийного разлива гидростатический напор регулируют высотой металла над отверстием разливочного стакана, вращая металл в ковше электромагнитным полем.

2.2.1. Если дана вепольная система, то 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.

А.с. 989386. Способ определения поверхностного натяжения жидкостей методом максимального давления в капле, выдавливаемой из капилляра, отличающийся тем, что, с целью экономии дорогостоящих материалов, повышения воспроизводимости результатов и расширения круга исследуемых материалов, максимальное давление создают с помощью центробежных сил, при этом измеряют скорость вращения жидкости в капилляре в момент выдавливания капли. **А.с. 496146.** Способ очистки электролита в процессе электрохимической обработки, основанной на отделении продуктов анодного растворения, отличающийся тем, что, с целью повышения качества очистки, электролит до входа в рабочий зазор пропускают через электростатическое поле. **А.с. 1002259.** Способ сгущения биосуспензий путем аэрации и флотации в псевдооживленном слое частиц дисперсного материала в присутствии поверхностно-активного вещества и коагулянта, отличающийся тем, что, с целью повышения степени сгущения биосуспензий

микроорганизмов активного ила, в качестве дисперсного материала используют в зоне аэрации частицы из ферромагнетиков, а в зоне флотации – из сегнетоэлектриков.

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



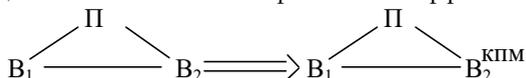
Примечания:

1. Символом $\text{В}^{\text{М}}$ 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.

А.с. 272737. При последовательной перекачке разных жидкостей по одному трубопроводу использовались поршневые и шаровые разделители. Работали они плохо, быстро истирались, застревали и т.д. Предложено ввести в зону контакта жидкостей разделитель из дробинки размерами 0,3–0,5 мм с плотностью, равной средней плотности жидкостей.

А.с. 354145. В щите для выемки угольных пластов вместо балок большого диаметра предложено использовать пучки из тонкомерных стержней. Видна линия дальнейшего развития: от пучков стержней к пучкам нитей.

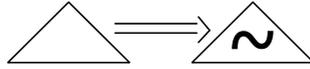
2.2.3. Особый случай дробления вещества – переход от сплошных веществ к капиллярно-пористым. Переход этот осуществляется по линии: сплошное вещество – сплошное вещество с одной полостью – сплошное вещество со многими полостями (перфорированное вещество) – капиллярно-пористое вещество – капиллярно-пористое вещество с определенной структурой (и размерами) пор. По мере развития по этой линии увеличивается возможность размещения в полостях–порах жидкого вещества и использования физических эффектов.



А.с. 243177. Устройство для передачи усилий от опоры копра на фундамент, отличающееся тем, что, с целью обеспечения равномерности давления на фундамент, он выполнен в виде плоского замкнутого сосуда, заполненного жидкостью. **А.с. 878312.** Огнепреградитель, содержащий корпус с размещенными между решетками гранулами насадки, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности работы, гранулы насадки выполнены полыми из легкоплавкого материала и заполнены огнетушащим веществом. **А.с. 403517.** Нагревательный стержень–паяльник выполнен не сплошным, а капиллярно-пористым. Благодаря этому можно отсасывать припой при демонтаже паяных соединений. **А.с. 493252.** Пучок капиллярных трубок (вместо одного крупного баллончика) образует устройство, аккуратно наносящее клей. **А.с. 713697.** Экструзионная головка, содержащая корпус с рабочим каналом, выполненным с облицовкой из пористого материала, и со штуцером для подвода смазки в рабочий канал через облицовку, отличающаяся тем, что, с целью повышения экономичности путем возможности подачи смазки под сниженным давлением, облицовка выполнена двухслойной, причем наруж-

ный слой выполнен с большим размером пор, чем внутренний, контактирующий с расплавом.

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



Примечания:

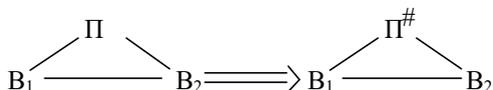
1. Символом \sim обозначена динамичная вепольная система, перестраивающаяся в процессе работы.
2. Динамизация V_2 чаще всего начинается с разделения V_2 на две шарнирно соединенные части. Далее динамизация идет по линии: один шарнир – много шарниров – гибкое V_2 .
3. Динамизация Π в простейшем случае осуществляется переходом от постоянного действия поля (или Π совместно с V_2) к импульсному действию.

А.с. 324990. Опора для шпалерных насаждений, выполненная в виде столба для крепления шпалерной проволоки, отличающаяся тем, что, с целью использования самой опоры для осеннего пригибания ветвей, подвязанных к проволоке, она выполнена из двух шарнирно соединенных частей. **А.с. 943392.** Способ обработки тампонажного раствора путем воздействия на него магнитным полем, отличающийся тем, что, с целью повышения качества тампонажного раствора, воздействие магнитным полем ведут в импульсном режиме.

В частности, эффективная динамизация системы может быть осуществлена за счет использования фазовых переходов первого рода (например, замерзание воды или таяние льда) или второго рода (например, эффект «память формы»).

А.с. 280867. Способ соединения токоподводящих шин электролизных ванн легкоплавким сплавом, помещенным в зазоры между концами шин, отличающийся тем, что, с целью снижения окисления сплава и улучшения электрического контакта между шинами, количество тепла, отводимого от контактного соединения, регулируют так, чтобы при работе ванны поддерживать сплав в твердом состоянии, а при монтаже и демонтаже контактного соединения – в жидком. **А.с. 710736.** Устройство для гибки петель из проволоки, содержащее смонтированные в корпусе оправку и гибочный инструмент, отличающееся тем, что, с целью упрощения конструкции, она имеет нагреватель для гибочного инструмента, при этом гибочный инструмент выполнен из термообработанного материала, например из титано-никелевого сплава, способного при нагревании принимать полученную в процессе термообработки конфигурацию, восстанавливаемую до первоначальной при охлаждении.

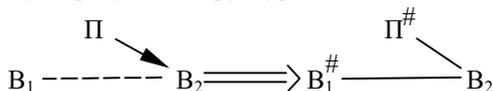
2.2.5. Если дана вепольная система, то ее эффективность может быть повышена переходом от полей однородных или имеющих неупорядоченную структуру к полям неоднородным или имеющим определенную пространственную структуру (постоянную или переменную).



Символ # над буквой Π указывает, что поле имеет определенную пространственно-временную структуру.

А.с. 504538. Способ фумигации (окуривания ядовитым газом) помещений на судах. Пункт 1 формулы изобретения: используют звуковое поле. Пункт 3: источники звука работают в противофазе и создают стоячие волны. **А.с. 715341.** Частицы порошка заряжают разноименным электричеством. Наносят слой одного порошка на слой другого и перемешивают их в неоднородном электрическом поле. При движении порошки быстро смешиваются. **А.с. 1004333.** Для отделения из потока слабомагнитных тонких фракций предложено использовать неоднородное магнитное поле, создаваемое рифленой пластиной.

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



А.с. 536874. Способ профилирования материала типа пруткового путем наложения на заготовку ультразвуковых колебаний и ее пластической деформации, отличающийся тем, что, с целью получения на заготовке периодического профиля синусоидального характера, заготовку подвергают действию ультразвуковых колебаний так, чтобы расположение пучностей и узлов ультразвуковой волны соответствовало выступам и впадинам профиля, после чего осуществляется процесс пластического деформирования заготовки в осевом направлении.

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

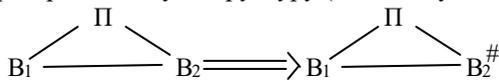
А.с. 1085767. Способ заточки стеклянных микропипеток, при котором их устанавливают под углом к подложке, на которую помещают свободный абразив, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности, из абразива формируют валик посредством возбуждения стоячей волны, в которой помещают обрабатываемый кончик микропипетки.

Стандарт 2.2.4 часто используют в сочетании со стандартом 1.2.5 (отключение магнитных связей).

А.с. 729658. Способ изготовления ферритовых изделий со сложным магнитопроводом, включающий прессование ферритовой платы с последующим обжигом и выполнением в ней нерабочих зон, отличающийся тем, что, с целью повышения механической прочности изделий, нерабочие зоны выполняют с местным нагревом до потери магнитных свойств. **А.с. 880570.** Способ сборки штампа по чертежу путём размещения на электромагнитной плите составляющих формообразующих элементов и последующего закрепления их на плите пропусканием через неё тока, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности труда, термообразующие элементы штампа выполняют из термомагнитного сплава, размещают их на плоскости электромагнитной плиты равномерно, проецируют на них посредством инфракрасных лучей изображение чертежа, на-

гревают освещённые участки до температуры перехода через точку Кюри, после чего через электромагнитную плиту пропускают ток.

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



А.с. 713146. Способ изготовления пористых огнеупоров: для создания направленной пористости используют выгорающие шелковые нити.

В частности, если нужно получить интенсивное тепловое воздействие в определенных местах системы (точки, линия), то в эти места следует заранее ввести экзотермические вещества.

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

А.с. 614794. Устройство для массажа синхронно с ударами сердца. В стенку ванны, в которую помещают больного, вмонтирована диафрагма насоса, передающего лечебной жидкости или грязям импульсы по команде датчика, контактирующего с телом больного.

А.с. 787017. Способ низведения камней мочеточников путем введения в мочеточник петли, закрепления ее на камне и приложения тянущего усилия, отличающийся тем, что, с целью увеличения числа видов и размеров низводимых камней, а также уменьшения травмирования мочеточника и болевых ощущений, частоту тянущих усилий выбирают кратной частоте перистальтики мочеточника. **А.с. 317797.** Способ предварительного ослабления угольного пласта путем воздействия на породы искусственно создаваемых импульсов, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности ослабления, на массив, предварительно приведенный в возбужденное состояние, воздействуют направленными импульсами с частотой, равной частоте собственных колебаний массива. **А.с. 856706.** Способ дуговой сварки плавящимся электродом, при котором на дугу воздействуют импульсным высокочастотным магнитным полем, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности процесса дуговой сварки, магнитное поле генерируют с частотой пульсации, равной собственной частоте электрода. **А.с. 641229.** Способ работы шлаковой шахты путем сжигания в ее полости топлива, отличающийся тем, что, с целью улучшения вытекания шлака, сжигание топлива осуществляют в пульсирующем режиме с частотой колебаний, равной собственной частоте колебаний шахты. **А.с. 307896.** Способ безопилочного резания древесины при помощи изменяющего свои геометрические размеры режущего инструмента, отличающийся тем, что, с целью снижения усилия внедрения инструмента в древесину, резание древесины осуществляют инструментом, частота пульсации которого близка к собственной частоте колебаний перерезаемой древесины. **А.с. 940714.** Способ распускания закристаллизовавшегося в сотах меда, включающий размещение сотов с медом в электромагнитном поле СВЧ, отличающийся тем, что, с целью исключения деформации сотов, одновременно с обработкой в электромагнитном поле СВЧ соты с медом охлаждают, а обработку в электромагнитном поле проводят при частоте поля, равной резонансной частоте диполей воды.

Примеры на антирезонанс.

А.с. 514141. Уплотнение торцового типа с двумя и более концентрично расположенными торцовыми парами, отличающееся тем, что, с целью повышения надежности при работе в условиях значительных вибраций, торцовые пары выполнены с частотами собствен-

венных колебаний, неравными и некратными друг другу. **А.с. 714509.** Провод электропередачи, содержащий один или несколько повивов проволок, отличающийся тем, что, с целью увеличения эксплуатационной надежности провода путем уменьшения амплитуды колебания провода при гололедно-ветровых нагрузках, диаметр одной из проволок внешнего повива больше диаметра остальных.

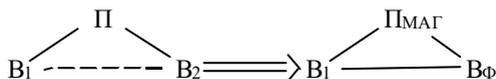
2.3.2. В сложных вепольных системах должны быть согласованы (или сознательно рассогласованы) частоты используемых полей.

А.с. 865391. Способ обогащения тонкоизмельченных сильно-магнитных руд, включающий воздействие на руду бегущим магнитным полем и вибрациями, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности процесса сепарации, бегущее поле включают синхронно вибрациям. **А.с. 521107.** Способ нанесения покрытий электрическими разрядами с использованием наносимого материала в виде порошка, включающий импульсную подачу тока и наложение магнитного поля, отличающийся тем, что, с целью повышения твердости и обеспечения мелко зернистости структуры покрытий, наложение магнитного поля осуществляют импульсами, причем каждому импульсу магнитного поля соответствует импульс тока.

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

А.с. 336120. Способ автоматического управления термическим циклом контактной точечной сварки, преимущественно деталей малых толщин, основанный на измерении термоэдс, отличающийся тем, что, с целью повышения точности управления при сварке импульсами повышенной частоты, измеряют термоэдс в паузах между импульсами сварочного тока. **А.с. 343722.** Способ производства тонких широких листов раскаткой на неподвижной опорной поверхности, отличающийся тем, что, с целью получения повышенной ширины листа, лист по частям раскатывают в поперечном направлении с продольным перемещением листа во время пауз между рабочими движениями вала. **А.с. 778981.** Способ электрохимической обработки деталей импульсным рабочим током с индукционным нагреванием их в процессе обработки, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности, индукционный нагрев производят в паузах между импульсами рабочего тока.

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



Примечания:

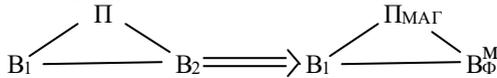
1. В этом стандарте речь идет о применении ферромагнитного вещества, не находящегося в измельченном состоянии. Речь, таким образом, идет о «протофеполях», «полуфеполях» – структуре на пути к феполям.

2. Стандарт применим не только к простым веполям, но и к веполям комплексным и веполям, включающим внешнюю среду.

А.с. 794113. Способ укладки дренажа, включающий отрывку траншеи с одновременной укладкой в нее труб, заделку стыков труб фильтрующим материалом и засыпку траншеи грунтом, отличающийся тем, что, с целью повышения качества укладки дренажа путем

устранения смещений труб одна относительно другой, поверхность дренажных труб и фильтрующий материал перед укладкой в траншею покрывают слоем ферромагнетика и намагничивают. **А.с. 499898.** Питатель, преимущественно для образования порошково-воздушной смеси, содержащий герметичную емкость с разгрузочной горловиной, воздухоподводящим и расходным трубопроводами, смесительную камеру и механизм подачи. Его рабочий орган выполнен в виде гибкого ферромагнитного элемента, например стального троса, размещенного по оси разгрузочной горловины. Последняя выполнена из парамагнитного материала между емкостью и смесительной камерой, а привод гибкого элемента осуществлен от последовательно подключаемых электромагнитов, смонтированных вокруг разгрузочной горловины с наружной ее стороны.

2.4.2. Чтобы повысить эффективность управления системой, необходимо перейти от веполя или «протофеполя» к феполу, заменив одно из веществ феррочастицами (или добавив феррочастицы) – стружку, гранулы, зерна и т.д. – и использовав 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 – зёрна – порошок – жидкость.



Примечания:

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 оправданно (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.

А.с. 1045945. Распылитель, содержащий емкость для жидкости с патрубками подачи и слива жидкости и электрод, соединенный с высоковольтным источником, отличающийся тем, что, с целью повышения дисперсности электроаэрозоля и упрощения эксплуатации распылителя, снаружи емкости расположена обмотка из провода, а внутри размещены гранулы из магнитно-твердого материала, намагниченные в магнитном поле. **А.с. 1006598.** Способ предотвращения образования льда на поверхности водоема, включающий в себя создание на защищаемой поверхности теплоизоляционного слоя, образованного из гранул водонепоглощающего теплоизоляционного материала легче воды, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности защиты путем ликвидации сноса

теплоизоляционного материала течением, теплоизоляционный слой, выполненный из гранул металлоизолированного ферромагнетиками материала, размещают между противоположно направленными магнитными полями. **А.с. 1068693.** Мишень для стрельбы из лука. Выполнена в виде кольцевого электромагнита, заполненного сыпучим ферромагнитным материалом. **А.с. 329333.** Пневматический дроссель с электромагнитным управлением, содержащий канал для прохода воздуха, расположенный в корпусе, с которым соединены входной и выходной штуцеры, электромагнит, обмотка которого соединена с клеммами подачи входных сигналов и клапан, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности и упрощения конструкции дросселя, клапан в нем выполнен в виде ферромагнитного порошка, расположенного между сетками, установленными в канале. **А.с. 708108.** Способ временного перекрытия трубопровода путем закачки в него отверждающейся композиции до образования герметизирующего тампона, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности, перед закачкой в трубопровод в композицию добавляют дисперсный адсорбент с ферромагнитными свойствами, а в процессе закачки в зоне формирования герметизирующего тампона на композицию воздействуют магнитным полем. **А.с. 933927.** Способ разрушения горных пород, заключающийся в том, что разрушение ведут жидкостью, содержащей ферромагнитные частицы, на которые воздействуют электромагнитным полем.

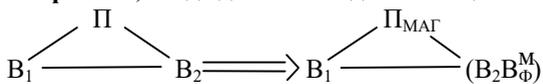
2.4.3. Эффективность феполей может быть повышена переходом к использованию магнитных жидкостей – коллоидных феррочастиц, взвешенных в керосине, силиконе или воде. Стандарт 2.4.3 можно рассматривать как предельный случай развития по стандарту 2.4.2.

А.с. 1124152. Устройство для снижения гидравлического сопротивления в трубопроводе, содержащее средство для создания кольцевого пристеночного слоя маловязкой жидкости, отличающееся тем, что, с целью снижения затрат, средство для создания кольцевого пристеночного слоя выполнено в виде постоянных магнитов, установленных на внешней поверхности трубопровода на расстоянии, равном 9,5–10 их ширины, при этом в качестве маловязкой жидкости используют магнитную жидкость. **А.с. 1068574.** Плотина с изменяемым агрегатным состоянием, включающая закрепленную на флютбете замкнутую оболочку из эластичного материала и наполнитель, отличающаяся тем, что, с целью повышения надежности в работе плотины, внутри оболочки размещен каркас из токопроводящей спирали, а в качестве наполнителя принята твердеющая в магнитном поле ферромагнитная жидкость. **А.с. 438829.** Заглушка, например, для герметизации трубопровода и горловин, выполненная в виде стакана под уплотнитель, отличающаяся тем, что, с целью сокращения времени установки и снятия заглушки, на наружной поверхности стакана установлена электромагнитная катушка, а в качестве уплотнителя используется ферромагнитная жидкость. **А.с. 740646.** Магнитное транспортное устройство, преимущественно для транспортировки внутри герметичных камер, содержащее перемещаемый от привода в немагнитном трубопроводе ведущий магнитный элемент и связанную с ним через постоянный магнит ведомую тележку, расположенную вне трубопровода, отличающееся тем, что, с целью повышения надежности работы, ведущий элемент выполнен из магнитной жидкости. **А.с. 985076.** Применение магнитной жидкости в качестве закалочной среды.

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

А.с. 1013157. Устройство для пайки волной припоя выполнено в виде магнитного цилиндра, покрытого слоем ферромагнитных частиц. Основное назначение – удаление излишков припоя. Одновременно пористая структура используется для подачи (как флюс) флюса из внутренней полости цилиндра.

2.4.5. 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:



А.с. 751778. Транспортирование деталей с помощью грузоподъемного электромагнита, отличающееся тем, что, с целью обеспечения транспортирования немагнитных деталей, последние предварительно засыпают магнитно-мягкими сыпучими материалами.

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



А.с. 469059. Способ демпфирования механических колебаний путем перемещения металлического ферромагнитного подвижного элемента между полюсами магнита, отличающийся тем, что, с целью уменьшения времени демпфирования, в зазор между полюсами магнита и подвижным элементом вводят магнитную жидкость и меняют напряженность поля пропорционально амплитуде колебаний.

В частности, 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.

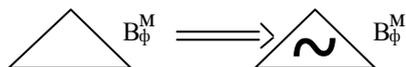
А.с. 527280. Манипулятор для сварочных работ, содержащий поворотный стол и узел, соединенный со столом, выполненный в виде поплавкового механизма, шарнирно соединенного через кронштейн со столом и помещенного в емкость с жидкостью, отличающийся тем, что, с целью увеличения скорости перемещения стола, в жидкость введена ферромагнитная смесь, а емкость с жидкостью помещена в электромагнитную обмотку.

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

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

А.с. 452055. Способ повышения чувствительности измерительных магнитных усилителей, заключающийся в использовании термического воздействия на сердечник магнитного усилителя, отличающийся тем, что, с целью снижения уровня магнитных шумов, при работе усилителя поддерживают абсолютную температуру сердечника равной 0,92–0,99 температуры Кюри материала сердечника (использован эффект Гопкинса).

2.4.8. Если дана фепольная система, ее эффективность может быть повышена путем динамизации, т.е. перехода к гибкой, меняющейся структуре системы:



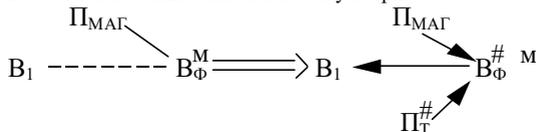
А.с. 750264. Устройство для контроля толщины стенок полых изделий из немагнитных материалов, содержащее индуктивный преобразователь с измерительной схемой и ферромагнитный элемент, располагаемые по разные стороны контролируемой стенки, отличающееся тем, что, с целью повышения точности измерения, ферромагнитный элемент выполнен в виде надувной эластичной оболочки, покрытой ферромагнитной пленкой.

А.с. 792080. Способ имитации почвенной массы в устройствах для испытаний рабочих органов сельскохозяйственных машин, предусматривающий введение в ее состав ферромагнитных частиц, отличающийся тем, что, с целью расширения условий испытания рабочих органов сельскохозяйственных машин, на частицы воздействуют электромагнитным полем, напряженность которого регулируют.

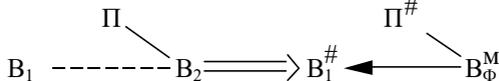
2.4.9. Если дана фепольная система, ее эффективность может быть повышена переходом от полей однородных или имеющих неупорядоченную структуру к полям неоднородным или имеющим определенную пространственную структуру (постоянную или переменную).



А.с. 545479. Способ магнитной формовки профильных изделий из термопластов. В качестве пуансона используют ферропорошок, на который налагают температурное поле, превышающее в местах наименьшей вытяжки точку Кюри:



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



А.с. 587183. Способ получения ворса на поверхности термопластического материала, при котором ворс образуют путем вытяжки поверхностных слоев материала с последующим охлаждением, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности и увеличения возможности управления процессом ворсообразования, перед операцией вытяжки в поверхностные слои материала вводят ферромагнитные частицы, производят нагрев термопластического материала до температуры его плавления, а вытяжку осуществляют путем извлечения ферромагнитных частиц посредством их контакта с электромагнитом.

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

А.с. 698663. Предложено при вибромагнитной сепарации материала вращающееся магнитное поле реверсировать синхронно с вибрациями. При этом уменьшается сила сцепления между частицами материала и повышается эффективность разделения. **А.с. 267455.** Способ транспортирования ферромагнитных сыпучих и кусковых материалов путем сообщения им отрывной вибрации, отличающийся тем, что, с целью повышения скорости транспортирования, на вибрируемый материал в начале фазы его отрыва воздействуют импульсным магнитным полем, бегущим по направлению транспортирования, причем длительность магнитных импульсов устанавливают равной фазе отрыва вибрируемого материала.

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

А.с. 994726. Способ разрушения горных пород: для силового воздействия пропускают импульсный ток по двум параллельным проводникам. **А.с. 1033417.** Способ захвата и удержания металлических немагнитных изделий, отличающийся тем, что, с целью повышения его надежности, в процессе захвата и удержания изделия через тело изделия в зоне действия магнитного поля пропускают электрический ток в направлении, перпендикулярном к силовым линиям магнита. **А.с. 865200.** Способ съема ягод со шпалерных культур путем колебания шпалерных проволок с привязанными к ним побегам, отличающийся тем, что, с целью снижения затрат труда и повреждений шпалерных культур, берут магнит с постоянным по направлению магнитным полем, между полюсами которого располагают шпалерные проволоки, по которым пропускают переменный электрический ток, и вдоль упомянутых проволок перемещают магнит.

Примечания:

1. Если феполи – системы, в которые введены ферромагнитные частицы, то **эполи** – системы, в которые вместо ферромагнитных частиц действуют (или взаимодействуют) токи.
2. Развитие эполей, как и развитие феполей, повторяет общую линию: простые эполи – комплексные эполи – эполи на внешней среде – динамизация – структурирование – согласование ритмики. Материал по эполям накапливается, его анализ покажет, целесообразно ли выделить стандарты по эполям в отдельную группу.
3. Стандарт на эполи предложен И.Л. Викентьевым (Санкт-Петербург).

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

А.с. 425660. Небалансный возбудитель колебаний. Небалансы размещены в электрореологической жидкости. **А.с. 495467.** Электрореологическая жидкость с изменяемой вязкостью использована в амортизаторе транспортного средства. **А.с. 931471.** Применение электровязкой суспензии в устройстве для резки материалов в качестве зажимающей среды. **А.с. 934143.** Шланг, содержащий внутренний и наружный слой, между которыми расположены слой электропроводных нитей, разделенных между собой слоем гибкого

изоляционного материала, отличающийся тем, что, с целью возможности управления жесткостью, гибкий изолирующий материал выполнен пористым и пропитан электро-реологической суспензией.

Класс 3. Переход к надсистеме и на микроуровень

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

А.с. 722624. Транспортировка горячих слябов транзитом от слябингов к приемному рольгангу широкополосного стана, включающая порезку слябов, их перемещение по рольгангу, отличающаяся тем, что, с целью снижения потерь тепла слябов путем уменьшения охлаждения каждого сляба, перемещение осуществляют пакетом, сложенным по крайней мере из двух слябов с последующим их разделением перед подачей в клеть.

Примечания:

1. Для образования бисистем и полисистем в простейшем случае объединяют два или более вещества V_1 или V_2 (**бивещественные и поливещественные** веполи).

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

Патент США 3567547. Для получения изделий из тонких стеклянных пластинок заготовки склеивают в блок. После этого блок можно подвергнуть машинной обработке, без опасения повредить тонкие пластинки.

Здесь хорошо видна одна из главных особенностей полисистем: при образовании полисистемы возникает **внутренняя среда** (или создаются условия для ее возникновения) с особыми свойствами. В данном случае появляется возможность ввести во внутреннюю среду клей и получить не просто сумму пластинок, а единый блок. Обмазка клеем одной пластинки ничего бы не дала. Прочность одной пластинки можно повысить, заключив пластинку в большую «глыбу» застывшего клея (стандарт **1.1.3**), но это увеличит стоимость обработки и снизит производительность.

Другая характерная особенность бисистем и полисистем – эффект многоступенчатости.

А.с. 126079. Способ наращивания скоростей вращения турбобуров, отличающийся тем, что, с целью увеличения числа оборотов ротора турбины при соблюдении допустимых величин скоростей движения потока рабочей жидкости, турбобур составляют из нескольких секций так, что вал ротора турбины первой секции присоединяют к корпусу турбины второй секции и т.д., при этом скорость вращения валов ротора возрастает от первого к последующим.

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

А.с. 321195. Способ электронагрева металлических заготовок под обработку давлением, отличающийся тем, что, с целью обеспечения безокислительного нагрева, поверхностные слои заготовок в процессе нагрева интенсивно охлаждаются (биполевая система). **А.с. 252036.** Получение электрохимическим способом отверстия, которое имеет расширение на середине глубины. Электрод (продольно) разделен на три части, на каждую подают свой потенциал.

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

Примечание. Новообразованные бисистемы и полисистемы часто имеют «нулевую связь» (термин предложен А. Тимошуком), т.е. 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.

Пример «жесточения» связей. При групповом использовании подъемных кранов (три крана по 60 т поднимают груз в 150 т) трудно синхронизировать работу машин. Предложено (А.с. 742372) устройство (жесткий многоугольник), объединяющее стрелы кранов.

Пример динамизации связей. Первоначально катамараны имели корпуса, жестко соединенные между собой. Затем были введены подвижные связи, позволяющие менять расстояние между корпусами (например, а.с. 524728 и 1094797).

3.1.3. Эффективность бисистем и полисистем повышается при **увеличении различия между элементами системы** (системный переход 1-б): от одинаковых элементов (набор одинаковых карандашей) к элементам со сдвинутыми характеристиками (набор разноцветных карандашей), затем – к разным элементам (готовальня) и инверсным сочетаниям типа «элемент и антиэлемент» (карандаш с резинкой).

А.с. 546445. При сварке толстых стальных листов электроды располагают один за другим, при этом сварочный ток у каждого последующего электрода и глубина его погружения в разделку кромок больше, чем у предыдущего (типичная полисистема со сдвинутыми характеристиками. Эффект достигнут в основном за счет перехода от обычной полисистемы к полисистеме со сдвинутыми характеристиками).

А.с. 645773. Устройство для зажима деталей по внутренней поверхности, содержащее разрезной упругий элемент, отличающееся тем, что, с целью повышения точности зажима и расширения технологических возможностей устройства, упругий элемент выполнен в виде двух соединенных между собой колец из материалов с различным коэффициентом линейного расширения.

А.с. 606233. Электроакустический преобразователь, содержащий секционный активный элемент, отличающийся тем, что, с целью обеспечения температурной стабилизации электроакустических параметров, любые соседние секции активного элемента выполнены из материала с противоположными по знаку температурными коэффициентами изменения пьезомодуля.

А.с. 1041250. Генератор механических колебаний для сварки, содержащий выполненный в виде ролика фрикционный рабочий элемент, установленный с возможностью скользашефрикционного взаимодействия с обрабатываемым объектом и соединенный с вращательным приводом, отличающийся тем, что, с целью улучшения качества сварки за счет увеличения амплитуды и расширения частотного диапазона генерируемых колебаний, ролик выполнен в виде набора секций из материалов с различными коэффициентами трения.

А.с. 1001988. Способ получения дисперсных систем путем вибрационных воздействий на среду в режиме вибротурбулизации путем введения в емкость со средой упругого резонатора и воздействия на емкость колебаниями резонансной частоты, отличающийся тем, что, с целью повышения экономичности процесса и его интенсификации, в емкость со средой вводят несколько упругих резонаторов с различной частотой собственных колебаний.

3.1.4. Эффективность бисистем и полисистем повышается при **свертывании** систем прежде всего за счет сокращения вспомогательных частей. Например, двустволка имеет один приклад. Полностью свернутые бисистемы и полисистемы снова становятся моносистемами, цикл может повторяться на новом уровне.

А.с. 408586. Тепловая электрическая станция с котельными агрегатами башенного типа, отличающаяся тем, что, с целью сокращения коммуникаций, упрощения монтажных работ и уменьшения опорной площади фундаментов, все котельные агрегаты сгруппированы в едином блоке с расположенной на нем общей дымовой трубой.

А.с. 111144. Увеличение защитной мощности холодильного костюма для горноспасателей наталкивалось на весовой барьер. Предложено объединить холодильную и дыхательную системы в единый скафандр, в котором одно холодное вещество (жидкий кислород) выполняет две функции: сначала испаряется, а потом идет на дыхание. Отпадает необходимость в тяжелом дыхательном аппарате; это позволяет во много раз увеличить запас холодильного вещества.

А.с. 287967. Способ переработки соленых руд, при котором дробление, измельчение и растворение руды ведут в одном устройстве за один цикл (до этого операции осуществляли последовательно, в отдельных аппаратах).

3.1.5. 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.

А.с. 510350. Рабочая часть тисков для зажима деталей сложной формы: каждая часть (стальная втулка) твердая, а в целом зажим податливый и способен менять форму.

3.2.1. Эффективность системы (на любом этапе развития) может быть повышена системным переходом 2: с макроуровня на микроуровень – систему или ее часть заменяют веществом, способным при взаимодействии с полем выполнять требуемое действие.

А.с. 275751. Регулируемый лабиринтный насос, содержащий цилиндрический ротор и статор с многозаходной нарезкой противоположного направления, отличающийся тем, что, с целью обеспечения возможности регулирования насоса с помощью изменения температуры, ротор и статор выполнены из материалов с разными коэффициентами линейного расширения.

Примечания.

1. Приведенный пример может показаться странным: насос остался насосом; в чем же принципиальная новизна? Из-за несовершенства действующих норм оформления изобретений запатентован «регулируемый лабиринтный насос». На самом деле насос остается неизменным, новизна в способе его регулирования. Вместо громоздкого и малоэффективного механического способа использован принципиально иной (тепловой) способ регулирования.

А.с. 339397. Устройство для безопилочного резания древесины, включающее станину и рабочий орган с режущим инструментом, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности и качества пиления, режущий инструмент выполнен из магнитострикционного материала с двухсторонней заточкой передней грани и соединен через электромеханические преобразователи с высокочастотным генератором.

2. В предыдущих работах по стандартам предполагалось, как и при рассмотрении перехода к надсистеме (см. примечание 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 системы

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

А.с. 505706. Способ индукционного нагрева деталей. Для самофиксации заданной температуры между индуктором и деталью помещают соль с температурой плавления, равной заданной температуре.

А.с. 471395. Индукционная печь для нагрева токами промышленной частоты, включающая тигель и индуктор, отличающаяся тем, что, с целью поддержания заданного режима нагрева, тигель выполнен из ферромагнитного материала, точка Кюри которого равна заданной температуре нагрева.

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

А.с. 241077. Измерение деформаций оболочек затруднено тем, что оболочки эти являются частью громоздкой конструкции. Предложено изготавливать слепки (до деформации и после нее) и вести измерения на слепках.

Вместо непосредственного обмера бревен, погруженных на железнодорожную платформу, измерение ведут по фотоснимку, сделанному в определенном масштабе.

В частности, 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.

А.с. 350219. Контроль пластинки с просверленными отверстиями ведут, совмещая желтое изображение пластинки с синим изображением эталона. Если на экране появляется желтый цвет, значит в контролируемой пластинке отсутствует отверстие. Появление синего цвета означает, что на пластинке есть лишнее отверстие.

А.с. 359512. Способ сличения объектов, заключающийся в проектировании изображений сличаемых объектов на экран и совмещении идентичных участков изображений, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности процесса сличения, изображения сличаемых материалов проектируют на экран во взаимно исключающих контрастах, например, негативное и позитивное или красное и синее.

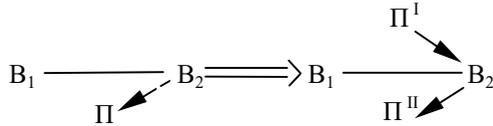
4.1.3. Если дана задача на измерение и нельзя применить стандарты **4.1.1** и **4.1.2**, то целесообразно перевести ее в задачу на **последовательное обнаружение изменений**.

А.с. 186366. При добыче медных руд камерным способом образуются огромные подземные залы, камеры. От взрывов и других причин потолок (кровля) камер местами отслаивается, падает. Необходимо регулярно следить за состоянием потолка, измерять образующиеся «ямы». Но как это сделать, если потолок – на высоте пятиэтажного дома? Предложено при подготовке камер заранее бурить в кровле скважины – сбоку, над потолком – и закладывать в них разноцветные люминесцирующие вещества. Если в каком-то месте выпала порода и образовался купол, это легко обнаружить по свечению люминофора. А по цвету можно судить о высоте образовавшегося купола.

Примечание. 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, состоящего из двух последовательных обнаружений. Рассмотрим, например, задачу об измерении диаметров шлифовального круга. Измерение нужно вести с определенной (и отнюдь не безграничной) точностью. Допустим, требуется точность в 0,01 мм. Это значит, что круг можно рассматривать состоящим из концентрических окружностей, причем расстояние между окружностями – 0,01 мм. Задача сводится к вопросу: как обнаружить, что совершился переход от одной окружности к другой? Фиксируя такие переходы и зная их число, мы всегда можем вычислить диаметр круга. Переход от расплывча-

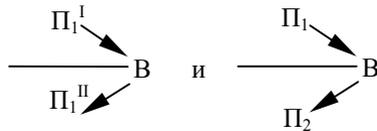
того понятия «измерение» к четкой модели «два последовательных обнаружения» резко упрощает задачу.

4.2.1. Если неведомая система плохо поддается обнаружению или измерению, задачу решают, достраивая простой или двойной веполь с полем на выходе:



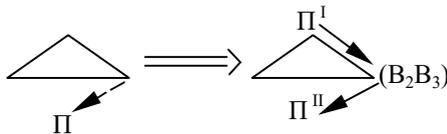
А.с. 269558. Способ обнаружения момента начала кипения жидкости (т.е. появление в жидкости пузырьков V_2). Через жидкость пропускают ток – при появлении пузырьков резко возрастает электрическое сопротивление. **А.с. 305395.** Способ обнаружения и счета инородных включений в жидкости, отличающийся тем, что, с целью повышения чувствительности, исследуемую среду облучают электромагнитными колебаниями сверх-высокой частоты и регистрируют форму и амплитуду рассеянных частицами колебаний, по которым судят о количестве включений в жидкости.

Примечание. Вепольные группы



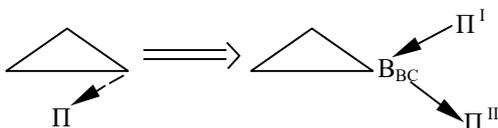
типичны для ответов на задачи по обнаружению и измерению.

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



А.с. 277805. Способ обнаружения неплотностей в холодильных агрегатах, заполненных фреоном и маслом, преимущественно домашних холодильников, отличающийся тем, что, с целью повышения точности определения мест утечек, в агрегат вместе с маслом вводят люминофор, освещают агрегат в затемненном месте и определяют места утечки по свечению люминофора в просачивающемся через неплотности масле. **А.с. 110314.** Способ определения фактической площади контакта поверхностей, отличающийся тем, что для окрашивания поверхностей применяют люминесцентные краски.

4.2.3. 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:



А.с. 260249. Для контроля износа двигателя нужно определить количество «стершегося» металла. Частицы эти поступают во внешнюю среду – масло. Предложено добавлять в масло люминофоры: металлические частицы являются гасителями свечения.

4.2.4. Если во внешнюю среду нельзя ввести извне добавки по стандарту 4.2.3, эти добавки могут быть получены в самой среде, например, ее разложением или изменением агрегатного состояния. В частности, в качестве таких добавок часто используют газовые или паровые пузырьки, полученные электролизом, кавитацией и другими способами.

Задача об измерении скорости потока жидкости в трубе (введение добавок извне исключено по условиям задачи). Решение: метку получают, используя кавитацию, дающую скопление мелких и потому устойчивых пузырьков.

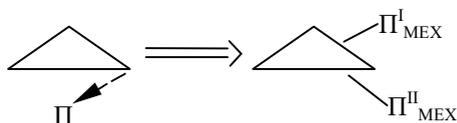
4.3.1. Если дана неполная система, эффективность обнаружений и измерений в ней может быть повышена за счет использования физических эффектов.

А.с. 170739. Исчезновение люминесцентных свойств у некоторых веществ в присутствии очень небольшого количества влаги. **А.с. 415516.** Резкое изменение показателя преломления света у алмазного зерна при изменении температуры.

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

А.с. 715838. Подшипник скольжения, содержащий антифрикционный вкладыш, установленный в токопроводящей обойме, контактирующей с токопроводящим корпусом, и подключенную к блоку защиты термомарку, отличающийся тем, что, с целью повышения быстродействия защиты от перегрева, термомарка образована обоймой и корпусом. **А.с. 1046636.** Способ регистрации разрушения изделий, включающий нанесение на контролируемую поверхность чувствительного слоя, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности, в качестве чувствительного слоя используют магнитную пленку и размещают на ней токопроводящий контур, а о разрушении изделий судят по эдс индукции, возникающей в контуре.

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



А.с. 271051. Способ измерения массы вещества в резервуаре, например жидкого, отличающийся тем, что, с целью повышения точности и надежности измерения, возбуждают механические резонансные колебания системы резервуар – вещество, измеряют их частоту, по величине которой судят о массе вещества. **А.с. 244690.** Способ определения линейного веса движущейся нити, заключающийся в том, что нить располагают на двух опорах, одной из которых сообщают механические колебания, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения, в качестве задатчика частоты колебаний опоры используют измеритель резонансных колебаний нити, а линейный вес определяют по частоте колебаний на выходе измерителя. **А.с. 560563.** Способ контроля выдаивания долей вымени животных при машинном доении, включающий определение степени опорожнения вымени по изменению физических свойств его с помощью известных устройств, отличающийся тем, что, с целью повышения точности контроля, определение степени опорожнения долей вымени ведут по изменению уровня и частоты акустических колебаний, возникающих в них.

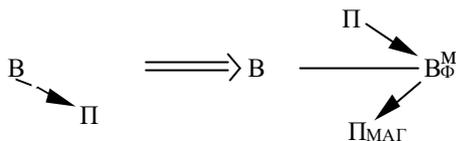
4.3.3. Если невозможно применить стандарт 4.3.2., о состоянии системы судят по изменению собственной частоты объекта (внешней среды), связанного с контролируемой системой.

А.с. 438873. Способ измерения количества материала в кипящем слое, например в аппарате для обжига цементного клинкера, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения, количество материала определяют по изменению амплитуды автоколебаний газа над кипящим слоем.

4.4.1. Веполи с немагнитными полями имеют тенденцию перехода в «протофеполи», т.е. веполи с магнитным веществом и магнитным полем.

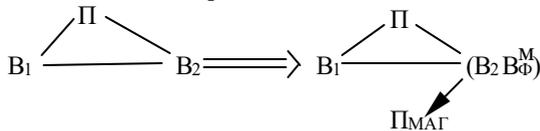
А.с. 222892. Способ обнаружения герметизированных отверстий, например, в подводной части корпуса законсервированного корабля, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности и ускорения процесса поиска местонахождения герметизирующего отверстия, в патрубок отверстия перед его герметизацией закладывают излучающий элемент, например, постоянный магнит с направлением создаваемого им магнитного поля по нормали к наружной обшивке корпуса, и обнаруживают это отверстие при помощи индикатора, например магнетометра, по наибольшей величине местной напряженности магнитного поля.

4.4.2. Если нужно повысить эффективность обнаружения или измерения «протофепольными» и вепольными системами, необходимо перейти к феполям, заменив одно из веществ ферромагнитными частицами (или добавив ферромагнитные частицы) и обнаруживая или измеряя магнитное поле:



А.с. 239633. Способ определения степени затвердевания (размягчения) полимерных составов, отличающийся тем, что, с целью неразрушающего контроля, в состав вводят магнитный порошок и измеряют изменение магнитной проницаемости состава в процессе его затвердевания (размягчения).

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



А.с. 754347. Гидроразрыв пласта осуществляют, действуя жидкостью под давлением на горную породу. Для контроля за жидкостью в нее вводят ферропорошок и осуществляют магнитный каротаж.

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

При движении модели корабля в воде возникают волны. Для изучения характера волнообразования в воду добавляют частицы ферропорошка.

4.4.5. 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.

А.с. 115128. Способ измерения температуры при помощи индуктивного датчика, свойства магнитопровода которого изменяются в зависимости от изменения его температуры, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения, магнитопровод разогревают (или охлаждают) до температуры, близкой к точке Кюри, при которой незначительное изменение температуры магнитопровода вызывает резкое изменение его проницаемости (эффект Гопкинса). **А.с. 1035426.** Сигнализатор уровня жидкости, содержащий камеру из немагнитного материала, внутри которой помещен магнит, определяющий положение уровня жидкости, а снаружи – магнитоуправляемый контакт, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности работы устройства, магнит внутри камеры закреплен на высоте контролируемого уровня и покрыт термочувствительным материалом, точка Кюри которого ниже температуры контролируемого жидкости. **А.с. 332758.**

Устройство для непрерывного индукционного нагрева штучных заготовок, перемещаемых с регулируемой скоростью под действием подающего механизма, связанного с электродвигателем, в камеру высокочастотного нагрева с цилиндрическим индуктором, отличающееся тем, что, с целью обеспечения автоматического контроля и регулирования температуры нагрева заготовок, оно снабжено индукционной катушкой, устанавливаемой в нагревательной камере индуктора в зоне нагрева заготовок до температуры, вызывающей потерю магнитных свойств и связанной с ней и электродвигателем исполнительной преобразующей схемой. **А.с. 266029.** Магнитная муфта скольжения, содержащая корпус и многополюсный ротор с постоянными магнитами, отличающаяся тем, что, с целью обеспечения автоматического включения и выключения муфты при заданной температуре, она снабжена шунтами, установленными между полюсами ротора и

выполненными из терморезистивного материала, имеющего характеристику магнитной проницаемости с точкой Кюри, соответствующей заданной температуре, а корпус и ро- тор изготовлены из материала с точкой Кюри, соответствующей температуре выше заданной (бисистемный переход через точку Кюри). **А.с. 504944.** Способ измерения усилия, заключающийся в изменении микроструктуры элемента, имеющего доменную структуру, и преобразовании изменений микроструктуры в электрический сигнал, отличающийся тем, что, с целью повышения чувствительности и точности измерения, в нем регистрируют число скачкообразных изменений микроструктуры элемента, по которому и судят о величине измеряемого усилия (эффект Баркгаузена). **А.с. 563556.** Способ измерения толщины металлопокрытий, заключающийся в том, что металлопокрытие подвергают электролитическому растворению, окончание которого фиксируют по сигналу электролитического взаимодействия с основой, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения немагнитных металлопокрытий на ферромагнитной основе, в качестве сигнала электролитического взаимодействия с основой используют шумы Баркгаузена.

4.5.1. Эффективность измерительной системы (на любом этапе развития) может быть повышена переходом к бисистеме или полисистеме.

Задача об измерении температуры тела маленького жука-долгоносика. В стакан помещают много жуков. Между жуками возникает внутренняя среда, температура которой равна температуре жуков. Измерение ведут с помощью обыкновенного медицинского термометра. **А.с. 256570.** Устройство для измерения длины прыжка воднолыжника. Если под трамплином установить два микрофона: один над водой, а другой под водой, то разность времени прохождения воздушной и подводной волн будет пропорциональна длине прыжка.

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

А.с. 998754. Способ определения напряженного состояния горного массива, при котором измеряют не само электросопротивление породы (как было раньше), а скорость изменения электросопротивления.

Класс 5. Стандарты на применение стандартов

5.1.1. Если нужно ввести в систему вещество, а это запрещено условиями задачи или недопустимо по условиям работы системы, то следует использовать обходные пути:

1. Вместо вещества используют «пустоту».

А.с. 245425. Способ образования тензометрической сетки внутри модели из прозрачного материала путем заливки в тело модели сетки из нити, отличающийся тем, что, с целью исключения искажения поля напряжений нитями, после затвердевания материала модели нити удаляют, в результате чего внутри модели образуется тензометрическая сетка из цилиндрических микропустот. В качестве материала можно использовать, например, тонкие медные нити, удаляемые затем воздействием кислоты.

2. Вместо вещества вводят поле.

А.с. 500464. Для измерения степени вытяжки нити на ходу на нить наносят электрические заряды и определяют изменение линейной плотности заряда.

3. Вместо внутренней добавки используют добавку наружную.

А.с. 360540. Как измерить толщину стенки полого керамического сосуда? В сосуд заливают жидкость с высокой электропроводностью, подводят к жидкости один электрод и измеряют толщину стенки в любом месте, прикладывая снаружи другой электрод омметра.

4. Вводят в очень малых дозах особо активную добавку.

А.с. 427982. Смазка для волочения труб на основе минерального масла, отличающаяся тем, что, с целью уменьшения гидродинамического давления смазки в очаге деформации, в ее состав введено 0,2–0,8 вес. % полиметакрилата.

5. Вводят в очень малых дозах обычную добавку, но располагают ее концентрированно – в отдельных частях объекта.

В полимер вводят (чтобы сделать его электропроводным) феррочастицы и располагают их в виде отдельных линий, нитей.

6. Добавку вводят на время.

А.с. 458422. Способ бесконтактной магнитной ориентации деталей по а.с. 360116, отличающийся тем, что, с целью повышения точности стереометрических исследований, плоскости сечений трехмерных тел имитируют горизонтальной поверхностью жидкости, помещенной внутри прозрачной модели, которой придают различные положения в пространстве.

7. Вместо объекта используют его копию (модель), в которую допустимо введение добавок.

А.с. 499577. Способ получения множества сечений путем создания набора моделей, отличающийся тем, что, с целью повышения точности стереометрических исследований, плоскости сечений трехмерных тел имитируют горизонтальной поверхностью жидкости, помещенной внутри прозрачной модели, которой придают различные положения в пространстве.

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

А.с. 342761. Способ пластификации древесины путем обработки аммиаком, отличающийся тем, что, с целью обеспечения пластификации поверхностей трения в процессе работы, пропитку древесины производят солями, разлагающимися при температуре трения, например $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

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

А.с. 904956. Способ размерной электрохимической обработки, осуществляемый с присутствием газа в электролите, отличающийся тем, что, с целью интенсификации удаления продуктов растворения, газ в электролите образуют посредством электролиза последнего перед зоной обработки.

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

А.с. 177761. Способ подачи быстрорасплаивающейся рабочей жидкости в рабочую камеру анодно-механического станка, отличающийся тем, что, с целью лучшего перемешивания, жидкость подается в зону обработки двумя встречными потоками. **А.с. 412449.** Способ термообработки сыпучих материалов, например сахарного песка, в барабанной сушилке путем конвективной сушки и последующего охлаждения в противотоке с газообразным агентом, отличающийся тем, что, с целью интенсификации процесса и отделения мелкой фракции, материал предварительно завихряют, а теплоноситель для конвективной сушки и охлаждающий агент подают навстречу друг другу и отсасывают отработавшие газы со взвешенной в них мелкой фракцией материала из зоны их смешения. **А.с. 719809.** 1. Способ получения металлических порошков, включающий распыленные струи металлического расплава вихревым газовым потоком, отличающийся тем, что,

с целью повышения дисперсности порошка, струе металлического расплава сообщают вращательное движение относительно ее оси. 2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что вращательное движение струн металлического расплава осуществляют противоположно направлению вихревого газового потока. **А.с. 726256.** Способ гашения энергии потока, включающий разделение его на отдельные потоки, закручивание их и последующее объединение, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности гашения, потоки размещают один внутри другого и закручивают в противоположных направлениях. **А.с. 727942.** Способ сжигания топлива путем подачи в зону горения смеси топлива, воздуха и предварительно подогретого сыпучего материала, отличающийся тем, что, с целью интенсификации процесса горения с одновременным уменьшением вредных выбросов, смесь топлива, воздуха и сыпучего материала подают по крайней мере двумя встречными сталкивающимися потоками.

А.с. 749571. Способ дробления стружки при токарной обработке заготовок со снятием больших припусков, заключающийся в разделении снимаемого припуска с последующим получением направленных и независимых друг от друга потоков стружки, отличающийся тем, что, с целью расширения диапазона дробления стружки и уменьшения усилий резания, независимые потоки стружки направляют навстречу друг другу с последующим их столкновением между собой и дроблением на элементы путем взаимодействия сил сталкивающихся потоков стружки.

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

А.с. 259019. Способ электрической коагуляции аэрозоля в шахтах для очистки воздуха сухим пылеосаждением, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности пылеулавливания, пылевой поток разделяют на две части, каждую из которых заряжают разноименно и направляют навстречу друг другу.

5.1.3. Введенное в систему вещество (после того, как оно сработало) должно исчезнуть или стать неотличимым от вещества, ранее бывшего в системе или во внешней среде.

Чтобы вести индукционную плавку окиси бериллия (или алюминия), нужно ввести в окись проводник (окись – диэлектрик; приобретает электропроводность только в расплаве). Введение проводника может загрязнить окись (плавка производится для получения чистых кристаллов). Решение: вводят металлический бериллий (алюминий). Он обеспечивает «прием» индукционного поля и нагрев окиси. А при высокой температуре бериллий сгорает, превращаясь в окись и, следовательно, не загрязняя расплав.

А.с. 588025. Способ очистки внутренних поверхностей полых изделий путем прокачки через изделия жидкости с наполнителем, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности очистки и обеспечения возможности полного удаления остатков наполнителя, в качестве последнего используют гранулы легкоиспаримого вещества. **А.с. 1013709.** Ледохранилище, содержащее корпус, выполненный из теплоизоляционного материала, отличающийся тем, что, с целью предотвращения загрязнения воды при размораживании льда, в качестве теплоизоляционного материала используют искусственный нетоксичный тугоплавкий лед, полученный из смеси воды с метаном.

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

Патент СССР 320102. Для перемещения аварийных самолетов под крыльями устанавливают надувные емкости. При наполнении воздухом емкости плавно приподнимают самолет. Под емкости могут быть установлены тележки для транспортировки. **А.с. 895858.** Способ формирования лесосплавного пучка, состоящий в укладке бревен в накопитель, их обвязке и формировании между ними подплава, отличающийся тем, что, с целью повышения степени плавучести, подплав формируют путем заполнения свободного пространства между бревнами внутри пучка смесью полиизоцианата с полиэфирами, образующими пенопласт.

Примечания:

1. Применение надувных конструкций – стандарт на макроуровне. Использование пены – тот же стандарт на микроуровне.

2. Стандарт. 5.1.4. часто используют вместе с другими стандартами.

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

Способ отделения пузырьков газа от жидкости в потоке жидкого кислорода. В системе два вещества. Оба являются носителями механического поля. Для решения задачи достаточно преобразовать движение этих веществ, «закрутив поток». Центробежная сила отождит жидкость к стенкам, а газ – к оси трубопровода.

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

А.с. 414354. Для удаления влаги с проезжей части моста используют тягу, создаваемую эжектором, опущенным в реку.

5.2.3. Если в систему нужно ввести поле и это нельзя сделать по стандартам 5.2.1 и 5.2.2, следует использовать поля, носителями или источниками которых могут «по совместительству» стать вещества, имеющиеся в системе или во внешней среде.

А.с. 504932. Сигнализатор уровня жидкости, преимущественно топлива, содержащий поплавок с контактом, корпус с другим контактом, изолированным от него, и индикатор, в цепь которого включены указанные контакты, отличающийся тем, что, с целью исключения источника питания в сигнальной цепи и предотвращения возможного искробразования на контактах, контакты корпуса и поплавок выполнены из разнородных металлов, например меди и константана, образующих при замыкании холодный спай термопары, а другой спай, расположенный вне объекта контроля, снабжен источником подогрева. **А.с. 225992.** Электромагнитный насос для перекачивания расплавленного металла или жидкого электропроводного теплоносителя, включающий электромагнит и электрический контур, отличающийся тем, что, с целью исключения внешнего источника электрического питания, в нем в качестве источника питания применен замкнутый контур, состоящий из двух полупроводниковых термоэлементов, имеющих форму пластин и расположенных между холодной коммутационной пластиной термоэлемента и горячей коммутационной пластиной, имеющей полость, по которой протекает горячий

перекачиваемый жидкий теплоноситель и которая расположена между полюсами электромагнита. **А.с. 356489.** Система обрабатываемая деталь – режущий инструмент используется как термопара в устройстве для измерения температуры резания. **А.с. 568538.** Абразив нанесен на проволочный каркас, выполненный в виде термопары. Шлифовальный круг сам сигнализирует о температуре в зоне шлифования.

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

А.с. 518591. Мальтийский механизм, содержащий ведущее звено и ведомый мальтийский крест, отличающийся тем, что, с целью повышения срока службы, ведущее звено снабжено секторами из магнитомягкого материала с установленными в них постоянными магнитами, а мальтийский крест снабжен пластинками из гистерезисного материала.

5.3.1. Эффективность применения вещества (без введения других веществ) может быть повышена фазовым переходом 1, т.е. заменой фазового состояния имеющегося вещества.

А.с. 252262. Энергоснабжение пневмосистем в шахтах – на основе сжиженного (а не сжатого) газа.

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

А.с. 166202. Применение в качестве рабочих тел в газотурбинных установках замкнутого цикла газовых систем (например, N_2O_4 , Al_2C_2 , $NCH_4 + CO_2$ и др.), в которых в результате обратимых химических реакций, сопровождающихся тепловым эффектом, газовая постоянная увеличивается перед турбиной и уменьшается перед компрессором до первоначальной величины. (Газовые смеси обладают свойством обратимой диссоциации – рекомбинации с выделением и поглощением тепла.)

А.с. 1003163. Конденсатор переменной емкости, содержащий две обкладки с расположенным между ними диэлектриком и узел регулирования температуры диэлектрика, отличающийся тем, что, с целью увеличения диапазона изменения емкости, диэлектрик состоит из двух слоев, один из которых выполнен из материала с диэлектрической проницаемостью, не зависящей от температуры, а другой – из материала с фазовым переходом металл–диэлектрик.

5.3.3. Эффективность системы может быть повышена за счет фазового перехода 3, т.е. использования явлений, сопутствующих фазовому переходу.

А.с. 601192. Приспособление для транспортировки мороженных грузов имеет опорные элементы в виде брусков льда (снижение трения за счет таяния).

5.3.4. Двойственные свойства системы могут быть обеспечены фазовым переходом 4 – замена однофазового состояния двухфазовым.

Патент США 3589468. Для глушения шума, а также для улавливания испарений, запахов и стружек при резании покрывают пеной зону резания; пена проницаема для инструмента, но непроницаема для шума, испарений и т.д. **А.с. 936962.** Способ промывки фильтров с зернистой загрузкой, включающий взрыхление загрузки и последующее вымывание загрязнений восходящим потоком промывной воды, отличающийся тем, что, с целью повышения КПД и уменьшения травматизации рыбы, активную среду перед подачей ее из сопла насыщают газом.

5.3.5. Эффективность технических систем, полученных в результате фазового перехода 4, может быть повышена введением взаимодействия (физического, химического) между частями (или фазами) системы. **А.с. 224743.** Двухфазное рабочее тело для компрессоров и теплосиловых установок, состоящее из газа и мелких частиц твердого тела, отличающееся тем, что, с целью дополнительного сжатия газа в холодильнике и компрессоре и дополнительного расширения в нагревателе, в качестве твердой фазы использованы сорбенты с общей или избирательной поглотительной способностью. **А.с. 282342.** Применение в качестве рабочего тела для контуров бинарного цикла энергетической установки химически реагирующих веществ, диссоциирующих при нагревании с поглощением тепла и уменьшением молекулярного веса и рекомбинирующих при охлаждении к исходному состоянию.

5.4.1. Если объект должен периодически находиться в разных физических состояниях, то переход следует осуществлять самим объектом за счет использования обратных физических превращений, например, фазовых переходов, ионизации–рекомбинации, диссоциации–ассоциации и т.д.

А.с. 177497. Молниеотвод в виде газоразрядной трубки сам включается при возникновении молнии: газ ионизируется, становится проводником. После исчезновения молнии ионы сами рекомбинируют, газ становится электронейтральным, а молниеотвод непроводящим и потому не дающим радиотени.

А.с. 820836. Автоматическая заслонка, содержащая корпус, клапан и термочувствительный элемент, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности работы и упрощения конструкции, она имеет установленную на корпусе перемычку, на которой закреплен клапан, состоящий из двух загнутых пластин, выполненных из металла, обладающего «памятью формы».

5.4.2. 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».

А.с. 969327. Способ усиления упругих волн, включающий ввод в твердое тело упругой волны и наложение поля внешнего источника энергии, отличающийся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей путем усиления ударных волн, перед вводом упругой волны твердое тело деформируют, нагревают его до температуры, меньшей температуры фазового перехода второго рода на величину скачка температуры при прохождении упругой волны по нему. **А.с. 416586.** Способ испытания изделий на герметичность, заключающийся в том, что изделие погружают в обезгаженную жидкость, создают перепад давления в полости изделия и над жидкостью, обеспечивая более высокое давление в полости, и по пузырькам в жидкости обнаруживают места нарушения герметичности, отличающийся тем, что, с целью повышения чувствительности испытания, жидкость при испытании поддерживают в состоянии перегрева.

5.5.1. Если для решения задачи нужны частицы вещества (например ионы) и непосредственное их получение невозможно по условиям задачи, требуемые частицы надо получить разрушением вещества более высокого структурного уровня (например молекул).

А.с. 741105. Способ создания высокого давления водорода. Водородосодержащее соединение помещают в герметический сосуд и подвергают электролизу с образованием свободного водорода.

5.5.2. 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 дотройкой или объединением частиц более низкого структурного уровня (например ионов).

А.с. 364493. Для снижения гидродинамического сопротивления движению судов использовали подачу высокомолекулярных составов (эффект Томса). Это связано с большим расходом полимеров. Предложено создавать комплексы молекул воды под действием электромагнитного поля.

5.5.3. 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 – дотройка ближайшего нижестоящего «нецелого» уровня.

А.с. 177497. Задача о защите антенны. Ионы получают разрушением молекул газа. Нейтральные молекулы восстанавливают, объединяя «осколки» (ионы и электроны).

2.4. Алгоритм решения изобретательских задач

Наряду с типовыми задачами, решаемыми по чётким правилам в один ход, существуют задачи нетиповые, многоходовые. Для их решения нужна программа, позволяющая шаг за шагом продвигаться к ответу. Такая программа, использующая все средства и методы ТРИЗ, называется *алгоритмом решения изобретательских задач* (АРИЗ). Далее приводится подробное его описание на примере решения задачи.

ВНИМАНИЕ! АРИЗ – инструмент для мышления, а не вместо мышления. Не спешите! Тщательно обдумывайте формулировку каждого шага. Кроме того, надо обязательно записывать (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.

1.1. Записать условия мини-задачи (без специальных терминов!) по следующей схеме.

Техническая система для (указать назначение) включает (перечислить основные части системы). Техническое противоречие 1: (указать). Техническое противоречие 2: (указать). Необходимо при минимальных изменениях в системе (указать результат, который должен быть получен).

Пример. Техническая система для приема радиоволн включает антенну радиотелескопа, радиоволны, молниеотводы, молнии. ТП-1: если молниеотводов много, они надежно защищают антенну от молний, но поглощают радиоволны. ТП-2: если молниеотводов мало, то заметного поглощения радиоволн нет, но антенна не защищена от молний. Не-

обходимо при минимальных изменениях обеспечить защиту антенны от молний без поглощения радиоволн. (В этой формулировке следует заменить термин «молниевод» словами «проводящий стержень», «проводящий столб» или просто «проводник»).

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 шага 1.1 следует указать не только технические части системы, но и природные, взаимодействующие с техническими. В задаче о защите антенны радиотелескопа такими природными частями системы являются молнии и принимаемые радиоволны (если они излучаются природными космическими объектами).

3. Техническими противоречиями называют взаимодействия в системе, состоящие, например, в том, что полезное действие вызывает одновременно и вредное; введение (усиление) полезного действия или 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 состояний заведомо недопустимо. Например, дана задача: «Как наблюдать невооруженным глазом микрочастицы, взвешенные в образце оптически чистой жидкости, если эти частицы настолько малы, что свет обтекает их?».

ТП-1: если частицы малы, жидкость остается оптически чистой, но частицы невозможно наблюдать невооруженным глазом.

ТП-2: если частицы большие, они хорошо наблюдаемы, но жидкость перестает быть оптически чистой, а это недопустимо.

Условия задачи, казалось бы, заведомо исключают рассмотрение ТП-2: изделие менять нельзя! Действительно, в дальнейшем будем исходить (в данном случае) из ТП-1, но ТП-2 даст дополнительные требования к

изделию: маленькие частицы, оставаясь маленькими, должны быть большими...

4. Специальные термины, относящиеся к инструменту и внешней среде, необходимо заменять простыми словами для снятия психологической инерции. Термины:

навязывают старое представление о технологии работы инструмента: «ледокол колет лед» – хотя можно продвигаться сквозь льды, не раскалывая их;

затушевывают особенности веществ, упоминаемых в задаче: «опалубка» – это не просто «стенка», а «железная стенка»;

сужают представления о возможных состояниях вещества: термин «краска» тянет к традиционному представлению о жидкой или твердой краске, хотя краска может быть и газообразной.

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.

Правило 2. Если в задаче есть пары однородных взаимодействующих элементов, достаточно взять одну пару.

Пример. Изделие – молния и радиоволны. Инструмент – проводящие стержни (много стержней, мало стержней).

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 измерение изделия может оказаться элемент, являющийся по своей основной функции инструментом, например шлифовальный круг.

6. Инструментом называют элемент, с которым непосредственно взаимодействует изделие (фреза, а не станок; огонь, а не горелка). В частности, инструментом может быть часть окружающей среды. Инструментом являются и стандартные детали, из которых собирают изделие. Например, набор частей игры «Конструктор» – это инструмент для изготовления различных моделей.

7. Один из элементов конфликтующей пары может быть сдвоенным. Например, даны два различных инструмента, которые должны одновременно действовать на изделие, причем один инструмент мешает другому. Или даны два изделия, которые должны воспринимать действие одного и того же инструмента: одно изделие мешает другому.

1.3. Составить графические схемы ТП-1 и ТП-2.

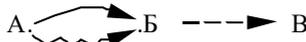
Пример: ТП-1: много проводящих стержней; ТП-2: мало проводящих стержней



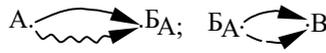
Примечания:

8. В табл. 2.1 (см. с.94) 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 B изменяемым изделием или перенести на B основное свойство (или состояние) A.

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.

1.4. Выбрать из двух схем конфликта ту, которая обеспечивает наилучшее осуществление главного производственного процесса (основной функции технической системы, указанной в условиях задачи). Указать, что является главным производственным процессом.

Пример. В задаче о защите антенны радиотелескопа главная функция системы – приём радиоволн. Поэтому выбрать следует ТП-2: в этом случае проводящие стержни не вредят радиоволнам.

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. Нельзя, например, подменять «малое количество проводников» каким-то «оптимальным количеством». 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. Проводников мало и увеличивать их количество не будем, но в результате решения молнии должны отводиться так, словно проводников очень много.

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 системы, а не измерительной части.

Исключением являются только некоторые задачи на измерение в научных целях.

1.5. Усилить конфликт, указав предельное состояние (действие) элементов.

Правило 3. Большинство задач содержат 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»).

Пример. Будем считать, что вместо «малого количества проводников» в ТП-2 указан «отсутствующий проводник».

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.).

Пример. Даны отсутствующий проводник и молния. Отсутствующий проводник не создает помех (при приеме радиоволн антенной), но и не обеспечивает защиту от молний. Необходимо найти такой икс-элемент, который, сохраняя способность отсутствующего проводника не создавать помех (антенне), обеспечивал бы защиту от молний.

Примечания:

14. Модель задачи условна, в ней искусственно выделена часть элементов технической системы. Наличие остальных элементов только подразумевается. Так, в модели задачи о защите антенны из четырех элементов, необходимых для формулировки задачи (антенна, радиоволны, проводник и молния), остались только два, остальные упоминаются в скобках – их можно было бы вообще не упоминать.

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 икс-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.

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 по 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 пространства, времени, веществ и полей.

2.1. Определить оперативную зону (ОЗ).

Примечание:

18. В простейшем случае оперативная зона – это пространство, в пределах которого возникает конфликт, указанный в модели задачи.

Пример. В задаче об антенне ОЗ – пространство, ранее занимаемое молниеотводом, т.е. мысленно выделенный «пустой» стержень, «пустой» столб.

2.2. Определить оперативное время (ОВ).

Примечание:

19. Оперативное время – 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 .

Пример. В задаче об антенне ОВ является суммой T_1' (время разряда молнии) и T_1'' (время до следующего разряда), T_2 нет.

2.3. Определить вещественно-полевые ресурсы (ВПР) рассматриваемой системы, внешней среды и изделия. Составить список ВПР.

Примечания:

20. Вещественно-полевые ресурсы – это вещества и поля, которые уже имеются или могут быть легко получены по условиям задачи. ВПР бывают трех видов:

1. Внутрисистемные ВПР: а) ВПР инструмента; б) ВПР изделия.

2. Внешнесистемные ВПР: а) ВПР среды, специфической именно для данной задачи, например, вода в задаче о частицах в жидкости оптической чистоты; б) ВПР, общие для любой внешней среды, «фоновые» поля, например, гравитационное, магнитное поле земли.

3. Надсистемные ВПР: а) отходы посторонней системы (если такая система доступна по условиям задачи); б) «копеечные» – очень дешевые посторонние элементы, стоимостью которых можно пренебречь.

При решении конкретной мини-задачи желательно получить результат при минимальном расходовании ВПР. Поэтому целесообразно исполь-

зовать в первую очередь внутрисистемные ВПР. При развитии же полученного ответа и при решении задач на прогнозирование (т.е. максимизацию), 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 изделия в целом неограниченно много (например, вода в реке, ветер и т.д.); в) допускать переход в надсистему (кирпич не меняется, но меняется дом); 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.

Пример. В задаче о защите антенны фигурирует «отсутствующий молниеотвод». Поэтому в ВПР входят только вещества и поля внешней среды. В данном случае ВПР – это воздух.

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.

3.1. Записать формулировку ИКР-1: икс-элемент, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, устраняет (указывает вредное действие) в течение ОВ в пределах ОЗ, сохраняя способность инструмента совершать (указывает полезное действие).

Пример. Икс-элемент, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, устраняет в течение ОВ «непритягивание» молнии отсутствующим проводящим стержнем, сохраняя способность этого стержня не создавать помех для антенны.

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).

3.2. Усилить формулировку ИКР-1 дополнительным требованием: в систему нельзя вводить новые вещества и поля, необходимо использовать ВПР.

Пример. В модели задачи о защите антенны инструмента нет («отсутствующий молниеотвод»). По примечанию 23 в формулировку ИКР-1 следует ввести внешнюю среду, т.е. заменить икс-элемент словом «воздух» (можно точнее: «столб воздуха на месте отсутствующего молниеотвода»).

Примечание.

24. При решении мини-задач, в соответствии с примечаниями 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 максизадачи целесообразно проверить все существующие в данном случае линии. То есть, получив ответ, например, на «линии инструмента», следует проверить также линии внешней среды, побочных ВПР и изделия.

При обучении АРИЗ последовательный анализ постепенно заменяется параллельными: 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. Как, например, обозначить свойства краски растворяться, не растворяясь (окрасить, не крася)?

При работе с АРИЗ записи надо вести простыми, нетехническими, даже «детскими» словами, всячески избегая спецтерминов (они увеличивают психологическую инерцию).

3.3. Записать формулировку физического противоречия на макроуровне: оперативная зона в течение 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)».

Пример. Столб воздуха в течение ОВ должен быть электропроводным, чтобы отвести молнию, и должен быть неэлектропроводным, чтобы не поглощать радиоволны.

Эта формулировка наводит на ответ: столб воздуха должен быть электропроводным при разряде молнии и должен быть неэлектропроводным в остальное время. Разряд молнии сравнительно редкое явление, к тому же очень быстро проходящее. Закон согласования ритмики: периодичность появления молниеотвода должна быть та же, что и периодичность появления молнии. Это, конечно, не весь ответ. Как, например, сделать, чтобы столб воздуха при появлении разряда превращался в проводник?

Как сделать, чтобы проводник исчезал сразу по окончании разряда?

ВНИМАНИЕ! При решении задачи по АРИЗ ответ формулируется постепенно, как бы проявляется. Не надо прерывать решение при первом намеке на ответ и «закреплять» еще не вполне готовый ответ. Решение по АРИЗ должно быть доведено до конца!

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 частицы (или должны быть частицы с противоположным состоянием или действием), чтобы обеспечить (указать требуемое по 3.3 другое макросостояние).

Пример. В столбе воздуха (при разряде молнии) должны быть свободные заряды, чтобы обеспечить электропроводность (для отвода молнии), и не должны быть (в остальное время) свободные заряды, чтобы не было электропроводности (из-за которой поглощаются радиоволны).

Примечания:

27. При выполнении 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 сочетаниях с каким-то полем и (реже); в) «частицами поля».

29. Если задача имеет решение только на макроуровне, 3.4 может не получиться. Но и в этом случае попытка составления микро-ФП полезна, потому что даёт 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!

3.5. Записать формулировку конечного результата ИКР-2: оперативная зона (указать) в течение оперативного времени (указать) должна сама обеспечивать (указать противоположные физические макро- или микросостояния).

Пример. Нейтральные молекулы в столбе воздуха должны сами превращаться в свободные заряды при разряде молнии, а после разряда молнии свободные заряды должны сами превращаться в нейтральные молекулы.

Смысл новой задачи: на время разряда молнии в столбе воздуха должны сами собой появляться свободные заряды; тогда столб ионизированного воздуха срабатывает как «молниеотвод» и «притянет» молнию к себе; после разряда молнии свободные заряды в столбе воздуха должны сами собой вновь стать нейтральными молекулами. Для решения этой задачи достаточно знания физики 9-го класса...

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; пусть частицы А выполняют действие 1, а частицы Б – действие 2.

Правило 5. Введение 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 и введенные частицы после обработки должны стать неотличимыми друг от друга или от ранее имевшихся частиц.

Примечание:

30. Правила 4–7 относятся ко всем шагам четвертой части АРИЗ.

4.1. Метод ММЧ:

а) используя метод ММЧ («моделирование маленькими человечками»), построить схему конфликта;

б) изменить схему «а» так, чтобы «маленькие человечки» действовали, не вызывая конфликта. Примечания:

31. 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 изменяемые части модели задачи (инструмент, экс-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.

Пункт 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, форсируется работа воображения. ММЧ, таким образом, 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.

Пример. А. Человечки внутри мысленно выделенного столба воздуха ничем не отличаются от человечков воздуха за пределами столба. Те и другие одинаково нейтральны

(условно: человечки держат друг друга, руки у них заняты, человечки не хватают молнию).

Б. По правилу 6 надо разделить человечков на две группы: человечки вне столба пусть остаются без изменений (нейтральные пары). А человечки в столбе, оставаясь в парах (т.е. оставаясь нейтральными), пусть высвободят одну руку – это символизирует их стремление притянуть молнию.

(Возможны и другие схемы, но в любом случае ясна необходимость разделить человечков на две группы: изменить состояние человечков в столбе.)

В. Молекула воздуха (в столбе), оставаясь нейтральной молекулой, должна быть более склонна к ионизации, распаду. Простейший прием – уменьшение давления воздуха внутри столба.

ВНИМАНИЕ! Цель мобилизации ресурсов при решении мини-задачи не в том, чтобы использовать все ресурсы, а чтобы при минимальном расходе ресурсов получить один максимально сильный ответ.

4.2. Если из условий задачи известно, какой должна быть готовая система, и задача сводится к определению способа получения этой системы, может быть использован метод «шаг назад от ИКР». Изображают готовую систему, а затем вносят в рисунок минимальное демонтирующее изменение. Например, если в ИКР две детали соприкасаются, то при минимальном отступлении от ИКР между деталями надо показать зазор. Возникает новая задача (микро-задача): как устранить дефект? Разрешение такой микро-задачи обычно не вызывает затруднений и часто подсказывает способ решения общей задачи.

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 новых веществ 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 и 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. Так, если моносистема – лист, то полисистема – блокнот, а не один очень толстый лист.

Но сохранение границ требует введения второго (граничного) вещества (пусть это будет даже пустота). 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.

4.4. Определить, решается ли задача заменой имеющихся ресурсных веществ пустотой или смесью ресурсных веществ с пустотой.

Пример. Смесью воздуха и пустоты – это воздух под пониженным давлением. Из курса физики 9-го класса известно, что при уменьшении давления газа уменьшается и напряжение, необходимое для возникновения разряда. Теперь ответ на задачу об антенне получен практически полностью. «Молниеотвод, отличающийся тем, что, с целью придания ему свойства радиопрозрачности, он выполнен в виде изготовленной из диэлектрического материала, герметически закрытой трубы, давление воздуха в которой выбрано из условия наименьших газоразрядных градиентов, вызываемых электрическим полем развивающейся молнии».

Примечание.

35. Пустота – исключительно важный вещественный ресурс. Она всегда имеется в неограниченном количестве, предельно дешева, легко смешивается с имеющимися веществами, образуя, например, полные и пористые структуры, пену, пузырьки и т.д.

Пустота – 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 сложные молекулы, для молекул – отдельные атомы и т.д.

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. Если, например, ресурсное вещество жидкость, к производным относятся лед и пар. Производными считаются и продукты разложения ресурсных веществ. Так, для воды производными будут водород и кислород. Для многокомпонентных веществ производные – их компоненты. Производными

являются также вещества, образующиеся при разложении или сгорании ресурсных веществ.

Правило 8. Если для решения задачи нужны частицы вещества (например ионы) и непосредственное их получение невозможно по условиям задачи, требуемые частицы надо получать 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: минимально обработанное вещество (простейшее техновещество, например проволока); «сверхмолекулы» (кристаллические решетки, полимеры, ассоциации молекул); сложные молекулы; молекулы; части молекулы, 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.

4.6. Определить, решается ли задача введением (вместо вещества) электрического поля или взаимодействия двух электрических полей.

Пример. Известен способ разрыва труб скручиванием. При скручивании трубы приходится механически зажимать, что вызывает их деформацию. Предложено возбуждать крутящий момент в самой трубе – за счет электродинамических сил.

Примечание.

38. Если использование ресурсных веществ (имеющихся и производных) недопустимо по условиям задачи, надо использовать электроны (ток). Электроны – «вещество», которое всегда есть в имеющемся объекте. К тому же, электроны – вещество в сочетании с полем, это обеспечивает высокую управляемость.

4.7. Определить, решается ли задача применением пары поле – добавка вещества, отзывающегося на поле (например, магнитное поле – ферровещество, ультрафиолет – люминофор, тепловое поле – металл с «памятью формы» и т.д.).

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.

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 наличными 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 шага 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.

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 введения 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 относится к технике введения добавок.

5.2. Рассмотреть возможность решения задачи (в формулировке ИКР-2 и 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

но невелико. Поэтому значительная часть задач решается по аналогии с другими задачами, содержащими аналогичное физпротиворечие. Внешне задачи могут быть весьма различными, аналогия выявляется только после анализа – на уровне физпротиворечия.

5.3. Рассмотреть возможность устранения физического противоречия с помощью типовых преобразований (см. п. 2.1 на стр. 30).

Правило 11. Пригодны только те решения, которые совпадают с ИКР или практически близки к нему.

5.4. Применение «Указателей эффектов».

Рассмотреть возможность устранения физпротиворечия с помощью указателей применения физических и химических эффектов и явлений. Примечание.

42. Применение физических эффектов и явлений рассмотрено в табл. 2.2 (см. с. 95), а применение химических эффектов и явлений – в табл. 2.3 (см. с. 97).

Часть 6. Изменение и (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, обусловленных психологической инерцией и до решения кажущихся самоочевидными.

Например, вечная «краска» оказывается не краской в буквальном смысле слова, а пузырьками газа, возникающими при электролизе.

Для правильного понимания задачи необходимо ее сначала решить, изобретательские задачи не могут быть сразу поставлены точно. Процесс решения, в сущности, есть процесс корректировки задачи.

6.1. Если задача решена, перейти от физического ответа к техническому: сформулировать способ и дать принципиальную схему устройства, осуществляющего этот способ.

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 первоочередного решения (обычно достаточно решить одну главную задачу).

Пример. Задача: «Как запаивать звенья тонких и тончайших золотых цепочек? Вес одного метра такой цепочки всего 1 грамм. Нужен способ, позволяющий запаивать за день десятки и сотни метров цепочки».

Задача разбивается на ряд подзадач: а) как ввести микродозы припоя в заборы звеньев? б) как обеспечить нагрев внесенных микродоз припоя

без вреда для всей цепочки? в) как убрать излишки припоя, если они есть? Главная задача – внесение микродоз припоя в зазоры.

6.3. Если ответа нет, изменить задачу, выбрав на шаге 1.4 другое ТП.

Пример. При решении задач на измерение и обнаружение выбор другого ТП часто означает отказ от усовершенствования измерительной части и изменение всей системы так, чтобы необходимость в измерении вообще отпала (стандарт 4.1.1).

6.4. Если ответа нет, вернуться к шагу 1.1, 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 два–три часа на получение нового – более сильного ответа, чем потом полжизни бороться за плохо внедряемую, слабую идею.

7.1. Контроль ответа.

Рассмотреть вводимые вещества и поля. Можно ли не вводить новые вещества и поля, используя ВПП – 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, например, теряют магнитные свойства при нагревании выше точки Кюри. Применение саморегулируемых веществ позволяет менять состояние системы или проводить в ней измерения без дополнительных устройств.

7.2. Провести предварительную оценку полученного решения.

Контрольные вопросы:

- а) обеспечивает ли полученное решение выполнение главного требования ИКР-1?
- 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 «одноцикловой» модели задачи, в реальных условиях со многими «циклами»?

Если полученное решение не удовлетворяет хотя бы одному из контрольных вопросов, вернуться к 1.1.

7.3. Проверить (по патентным данным) формальную новизну полученного решения.

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.

8.1. Определить, как должна быть изменена надсистема, в которую входит измененная система.

8.2. Проверить, может ли измененная система (или надсистема) применяться по-новому.

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 8.3 (а)– 8.3 (д) может стать началом разработки общей 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.

9.1. Сравнить реальный ход решения данной задачи с теоретическим (по АРИЗ). Если есть отклонения, записать.

9.2. Сравнить полученный ответ с данными информационного фонда ТРИЗ (стандарты, приемы, физэффекты). Если в информационном

фонде нет подобного принципа, записать его в предварительный накопитель.

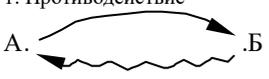
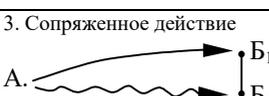
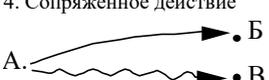
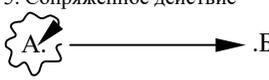
ВНИМАНИЕ!

АРИЗ-85В 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 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 идеи должны быть сначала тщательно, даже до тошно, проверены.

Таблица 2.1.

Основные виды конфликтов в моделях задач

Конфликт	Пояснение
1. Противоводействие 	A действует на B полезно (сплошная стрелка), но при этом постоянно или на отдельных этапах возникает обратное вредное действие (волнистая стрелка), требуется устранить вредное явление, сохранив полезное действие.
2. Сопряженное действие 	Полезное действие A на B в чем-то оказывается вредным действием на это же B (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 A на одну часть B оказывается вредным для другой части B. Требуется устранить вредное действие на B ₂ , сохранив полезное действие на B ₁ .
4. Сопряженное действие 	Полезное действие A на B является вредным действием на V (причем A, B и V образуют систему). Требуется устранить вредное действие, сохранив полезное и не разрушив систему.
5. Сопряженное действие 	Полезное действие A на B сопровождается вредным действием на само A (в частности, вызывает усложнение A). Требуется устранить вредное действие, сохранив полезное.
6. Несовместимое действие 	Полезное действие A на B несовместимо с полезным действием V на B (например, обработка несовместима с измерением). Требуется обеспечить действие V на B (пунктирная стрелка), не меняя действия A на B.

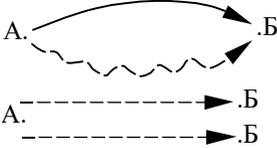
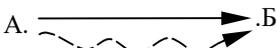
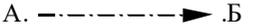
<p>7. Неполное действие или бездействие</p> 	<p>А оказывает на Б одно действие, а нужно два разных действия. Или А не действует на Б. Иногда А вообще не дано: надо изменить Б, а каким образом – неизвестно. Требуется обеспечить действие на Б при минимально простом А.</p>
<p>8. «Безмолвие»</p> 	<p>Нет информации (волнистая пунктирная стрелка) об А, Б или взаимодействии А и Б. Иногда дано только Б. Требуется получить необходимую информацию.</p>
<p>9. Нерегулируемое (в частности, избыточное) действие</p> 	<p>А действует на Б нерегулируемо (например, постоянно), а нужно регулируемое действие (например, переменное). Требуется сделать действие А на Б регулируемым (штрих-пунктирная стрелка).</p>

Таблица 2.2.

Применение физических эффектов и явлений [2]

Что требуется	Физическое явление, эффект, фактор, способ
1. 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
2. Понижение температуры	Фазовые переходы. Эффект Джоуля-Томсона. Эффект Ранка. Магнитокалорический эффект. Термоэлектрические явления
3. Повышение температуры	Электромагнитная индукция. Вихревые токи. Поверхностный эффект. Диэлектрический нагрев. Электронный нагрев. Электрические разряды. Поглощение излучения веществом. Термоэлектрические явления
4. Стабилизация температуры	Фазовые переходы (в том числе переход через точку Кюри)
5. 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 излучения. Люминесценция. Изменение электрических и магнитных полей. Электрические разряды. Эффект Доплера
6. Управление перемещением объекта	Действие магнитным полем на объект или на ферромагнетик, соединенный с объектом. Действие электрическим полем на заряженный объект или магнитным на проводник с током. Передача давления жидкостями или газами. Механические колебания. Центробежные силы. Тепловое расширение. Световое давление
7. Управление движением жидкости и газа	Капиллярность. Осмос. Электроосмос. Эффект Томса. Эффект Бернулли. Волновое движение. Центробежные силы. Эффект Вайссенберга
8. Управление потоками аэрозолей (пыль, дым, туман)	Электризация. Электрические и магнитные поля. Давление света

9. Перемещение смесей. Образование растворов	Ультразвук. Кавитация. Диффузия. Электрические поля. Магнитное поле в сочетании с ферромагнитным веществом. Электрофорез. Солюбилизация
10. Разделение смесей	Электро- и магнитосепарация. Изменение кажущейся плотности жидкости – разделителя под действием электрических и магнитных полей. Центробежные силы. Сорбция. Диффузия. Осмос. Электроосмос. Электрофорез
11. Стабилизация положения объекта	Электрические и магнитные поля. Фиксация в жидкостях, твердеющих в магнитном и электрическом полях. Гироскопический эффект. Реактивное движение
Требуемое действие, свойство	Физическое явление эффект, фактор, способ
12. 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
13. Изменение трения	Эффект Джонсона-Рабека. Воздействие излучений. Эффект аномально низкого трения. Эффект безыносного трения. Колебания.
14. Разрушение объекта	Электрические разряды. Электрогидравлический эффект. Резонанс. Ультразвук. Кавитация. Лазер (индуцированное излучение)
15. Аккумулирование механической и тепловой энергии	Упругие деформации. Гироскопический эффект. Фазовые переходы
16. Передача энергии: механической тепловой лучистой электрической	Деформации. Колебания. Эффект Александра. Волновое движение, в том числе ударные волны Излучение. Теплопроводность. Конвекция Явление отражения света (световоды). Индуцированное излучение Электромагнитная индукция. Сверхпроводимость
17. Установление взаимодействия между подвижным (меняющимся) и неподвижным (неменяющимся) объектами	Использование электромагнитных полей (переход от «вещественных» связей к «полевым»)
18. Измерение размеров объекта	Измерение собственной частоты колебаний. Нанесение и считывание магнитных и электрических меток
19. Изменение размеров объектов	Тепловое расширение. Эффект «память формы». Деформации. Магнито-, электрострикция. Пьезоэлектрический эффект
20. Контроль состояния и свойств поверхности	Электрические разряды. Отражение света. Электронная эмиссия. Муаровый эффект. Излучения
21. Изменение свойств поверхности	Трение. Адсорбция. Диффузия. Эффект Баушингера. Электрические разряды. Механические и акустические колебания. Ультрафиолетовое излучение

22. 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. Измерение собственной частоты колебания объекта. Ультразвук. Эффект Мессбауэра. Эффект Холла
23. Изменение объемных свойств объекта	Изменение свойств жидкости (кажущейся плотности, вязкости) под действием электрических и магнитных 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, термомагнитные и магнитооптические эффекты. Кавитация. Фотохромный эффект. Внутренний фотоэффект
24. Создание заданной структуры. Стабилизация структуры объекта	Интерференция волн. Стоячие волны. Муаровый эффект. Магнитные поля. Фазовые переходы. Механические и акустические колебания. Кавитация
25. 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
26. Индикация излучения	Оптико-акустический эффект. Тепловое расширение. Фотоэффект. Люминесценция. Фотопластический эффект
27. Генерация электромагнитного излучения	Электрические разряды. Эффект Джозефсона. Явление индуцированного излучения. Туннельный эффект. Люминесценция. Эффект Ганна. Эффект Черенкова
28. Управление электромагнитными полями	Экранирование. Изменение состояния среды, например, увеличение или уменьшение ее электропроводности, магнитной проницаемости. Изменение формы поверхностей тел, взаимодействующих с полями
29. Управление потоками света. Модуляция света	Преломление и отражение света. Электро- и магнитооптические явления. Фотоупругость. Эффекты Керра и Фарадея. Эффект Ганна. Эффект Франца – Келдыша
30. Инициирование и интенсификация химических превращений	Ультразвук. Кавитация. Ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивное излучения. Электрические разряды. Ударные волны

Таблица 2.3

Применение химических эффектов и явлений [3]

Что требуется	Химическая реакция, способ
---------------	----------------------------

Преобразование вещества	
1. Перенос в пространстве	Транспортные реакции. Термохимический метод. В гидратном состоянии. В сжатых газах. В гидридах. В виде части бующего соединения. В адсорбентах. В виде взрывчатых смесей. Молекулярная самосборка. Комплексоны. Жидкие мембраны
2. Изменение массы	Транспортные реакции. Термохимический метод. Перевод в химически связанный вид. Перевод в гидратное состояние. Перевод в гидридное состояние. Экзотермические реакции
3. Изменение концентрации	Транспортные реакции. Перевод в химически связанный вид и выделение. Перевод в гидратное состояние. В сжатых газах. В гидридах. Смещение химического равновесия. Адсорбция – десорбция. Полупроницаемые мембраны. Комплексоны. Жидкие мембраны
4. Изменение удельного веса	Перевод в химически связанный вид. Перевод в гидратное состояние. Гидриды
5. Изменение объема	Перевод в химически связанный вид. Транспортные реакции. Перевод в гидратное состояние, растворение в сжатых газах. Перевод в гидриды. Экзотермические реакции. Термохимические реакции. Растворение. Взрыв
6. Изменение формы	Транспортные реакции. Термохимическая обработка. Газовые гидраты. Сжатые газы. Гидриды. Плавление – затвердевание
7. Изменение электрических свойств	Гидрирование. Восстановление окисей. Растворение солей. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Нейтрализация электрических зарядов. Смещение химического равновесия. Электризация окислением. Газы при радиоактивном облучении. Электрохромы. Гидрофильный слой. Комплексоны
8. Изменение оптических свойств	Восстановление окисей. Изменение цвета. Генерация света. Изменение светопропускания. В молекулярных слоях
9. Изменение магнитных свойств	Гидрирование. СВС. Изменение окислителей. Кластеры
10. Изменение биологических свойств	Перевод в химически связанный вид. Озонирование. Гидрофильность – гидрофобность. Комплексоны
11. Изменение химических свойств	Транспортные реакции. Термохимическая обработка. Химическое связывание газов. Газовые гидраты. Сжатые газы. Гидрирование. Восстановление окисей. Экзотермические реакции. Термохимические реакции. Плавление – затвердевание. Растворение солей. СВС. Смещение химического равновесия. Озонирование. Фотохромы. Гидрофильность – гидрофобность. Перевод в микросостояние. Комплексоны. Жидкие мембраны
12. Изменение фазового состояния	Транспортные реакции. Термохимическая обработка. Химическое связывание газов. Газовые гидраты. Сжатые газы. Гидриды. Плавление – затвердевание. Растворение солей. Выделение из растворов. Адсорбция – десорбция. Фотохромы
13. Обезвреживание (деструкция)	Перевод в химически связанный вид. Перевод в гидратное состояние. В сжатых газах. Гидрирование. Экзотермические реакции. Термохимические реакции. Растворение. Озонирование. Комплексоны. Жидкие мембраны
14. Стабилизация	Химическое связывание газов. Перевод в гидратное состоя-

(временное уменьшение активности)	ние. В сжатых газах. В гидридах. Плавление – затвердевание. В адсорбентах. Комплексоны
15. Превращение двух или более веществ в одно	Транспортные реакции. Термохимический метод. Химическое связывание газов. Газовые гидраты. Сжатые газы. Гидриды. Окисление – восстановление. Экзотермические реакции. Термохимические реакции. Растворение. Соединение взаимно активных веществ. Озонирование. Фотохромизм. Комплексоны
16. Предохранение одного вещества от проникновения другого	Путем химического связывания одного из них. Защита гидратами. Растворение в сжатых газах. Защита гидридами. Сжигание. Окисление. Озон. Гидрофильность – гидрофобность. Полупроницаемые мембраны. Жидкие мембраны
17. Нанесение одного вещества на поверхность другого	Транспортные реакции. В гидратном состоянии. С помощью гидридов. Окисление – восстановление. Соединение взаимно активных веществ. Фотохромы. Электрохромы. Молекулярная самосборка. Гидрофильность – гидрофобность. Жидкие мембраны
18. Соединение разнородных веществ (уплотнение, закупорка)	С помощью гидратов. С помощью гидридов. Сварка. Плавление – затвердевание. Молекулярная самосборка
19. Разделение веществ (выделение одного из другого)	Транспортные реакции. Выделение химически связанных газов. Из сжатых газов. Из гидридов. Восстановление из окисей. Смещение химического равновесия. Из адсорбентов. Из озонидов. Гидрофильность – гидрофобность. Полупроницаемые мембраны. Комплексоны. Жидкие мембраны
20. Разрушение вещества	Транспортные реакции. Термохимический метод. Разрушение химически связанных веществ. Выделение из сжатых газов. насыщение водородом. Разрушение окисей. Сжигание. Растворение. Смещение химического равновесия в смесях. Соединение взаимно активных веществ. Окисление. Взрыв. Комплексоны
21. Размещение одного вещества в другом	Транспортные реакции. Химическое связывание газов. Газовые гидраты. В сжатых газах. В гидридах. В адсорбентах. Растворение. Комплексоны. Молекулярная самосборка. Жидкие мембраны
22. Получение новых веществ (синтез)	Транспортные реакции. Термохимический метод. Химическое связывание газов. Газовые гидраты. Гидриды. Восстановление из окисей. Экзотермические реакции. Термохимические реакции. Соединение взаимно активных веществ. При смещении химического равновесия. Озонирование. Окислители. Сверхокислители. Озониды. Молекулярная самосборка. Комплексоны
23. Организация замкнутого цикла по веществу (поглощение – выделение)	Транспортные реакции. Химическое связывание – выделение газов. Растворение в сжатых газах. Гидриды. Адсорбция – десорбция. Озониды. Электрохромы. Комплексоны. Жидкие мембраны
24. Сборка вещества из атомов	Транспортные реакции. Выделение из химически связанного вида. Выделение из сжатых газов. Из гидридов. Восстановление из окисей. Соединение взаимно активных веществ. Молекулярная самосборка. Полупроницаемые мембраны. Переход молекула – агрегат. Комплексоны. Жидкие мембраны
25. Получение ве-	Транспортные реакции. В химически связанном виде. Выде-

ществ с хорошо организованной структурой (чистых веществ)	ление из сжатых газов. Из гидридов. Молекулярная самосборка. Комплексоны. Жидкие мембраны
26. Транспорт одного вещества сквозь другое	Транспортные реакции. Термохимический метод. В химически связанном виде. В сжатых газах. В гидридах. Водород сквозь металлы. Термохимические реакции. Фазовые переходы. Смещение химического равновесия. Адсорбция. Полупроницаемые мембраны. Комплексоны. Жидкие мембраны
Преобразование энергии	
27. Получение тепла (ввод тепловой энергии в систему)	Сжигание газовых гидратов. Сжигание водорода. Гидриды. Энергоемкие вещества. Экзотермические реакции. СВС. Сильные окислители. Разложение озона
28. Получение холода (вывод тепловой энергии из системы)	Разложение газогидратов. Гидриды. Эндотермические реакции. Растворение
29. Получение механических давлений	Разложение газогидратов. Разложение гидридов. Разупрочнение металлов при наводороживании. Разбухание металлов. Разложение жидкого озона
30. Генерация светового излучения	Хемилюминесценция
31. Аккумулирование тепла	Химические реакции. Фазовые переходы
32. Аккумулирование холода	Гидриды
33. Аккумулирование световой энергии	Фотохромизм
34. Транспорт тепловой энергии	Транспортные реакции. Гидридные аккумуляторы
35. Транспорт (сток) статического электричества	Металлизация тканей. Обработка озоном. Гидрофильное покрытие
36. Регулирование световой энергии	Фотохромизм
37. Энергетические воздействия на вещество	Коронный разряд. Радиоактивное излучение. Кавитация. Ультрафиолет. Электрическое поле. Электрический ток. Электромагнитное поле. Инфракрасное излучение. СВЧ-разряд. Видимый свет. Тепловая энергия
Преобразование информации	
38. Индикация текущей информации о веществе	Хемилюминесценция. Флуоресценция. Гидрофотография. Гидродинамика потоков
39. Индикация информации об энергии: тепловой; коронного разряда; радиоактивного излучения; видимого излучения; ультрафиолета.	Фазовые переходы. Термохромы. По образованию озона. По образованию озона. Радиохромы. Фотохромы. Фотохромы

2.5. Решение исследовательских задач

Решением изобретательских задач нужды производства не исчерпываются. На практике часто приходится сталкиваться и с проблемами несколько иного характера – задачами исследовательскими, в которых нужно найти, объяснить причины того или иного наблюдаемого явления. Наиболее эффективным в таких случаях является применение приёма, который получил название *обращение исследовательской задачи*, заключающегося в том, что вместо основного вопроса «как это явление объяснить?» переходят к вопросу «как это явление получить?». Таким образом, происходит превращение исследовательской задачи в изобретательскую, в результате решения которой получают одну или несколько гипотез, подлежащих дальнейшей проверке с целью подтверждения или отклонения. Далее приводятся методические рекомендации по решению исследовательских задач на конкретном примере.

1. Формулировка исходной исследовательской задачи

Записать условие исходной исследовательской задачи по форме: «Система для (указать назначение) включает (перечислить входящие в систему элементы). При условии (указать) происходит (описать явление), в то время как должно происходить (указать). Требуется объяснить, почему?».

Пример. В одной лаборатории обнаружили странное явление: некая химическая реакция проходила только в том случае, если ее проводил один из сотрудников. Реакция шла в закрытой колбе, но все равно коллеги стали подозревать человека в фальсификации. Дело осложнялось еще и тем, что если в лаборатории находился кто-нибудь еще, кроме него, реакция тоже не получалась. Как это объяснить?

Запишем исходную исследовательскую задачу по приведенной выше форме.

Система для проведения определенной химической реакции включает вещество в закрытой колбе, химика, других сотрудников. При условии, что этот химик работает в одиночестве, реакция происходит, в то время как она должна была бы происходить и у других людей, а также в их присутствии. Требуется объяснить, почему реакция происходит только в том случае, если химик проводит ее в одиночку.

2. Формулировка обращенной задачи

Превратить исследовательскую задачу в изобретательскую, заменив вопрос «почему (как) это происходит?» на «как это сделать?». Записать формулировку обращенной задачи по форме: «Система для (указать назначение) включает (перечислить входящие в систему элементы). Необходимо при заданных условиях (указать) обеспечить получение (указать явление).»

Пример. Система для проведения определенной химической реакции включает вещество в закрытой колбе, химика, других людей. Необходимо обеспечить, чтобы реакция проходила тогда, когда химик один, и не проходила в присутствии других.

3. Поиск известных решений

Рассмотреть, в каких областях науки, техники, обыденной жизни требуемое явление или эффект получают искусственно, самым простым путем, как его получают. Проверить, нельзя ли этот способ использовать для решения обращенной задачи.

Пример. Известны способы активизации реакций с помощью катализаторов, либо путем наложения различных полей. Но в нашем случае катализаторы не подходят – колба закрыта.

4. Паспортизация и использование ресурсов

Рассмотреть ресурсы системы и надсистем, которые в готовом или производном виде могли бы помочь в выполнении нужного действия (решении обращенной задачи).

Примечание. Следует обратить особое внимание на ресурсы изменения, функциональные и системные.

Пример. Имеются вещественные и полевые ресурсы, в частности, почти все виды полей по МаТХЭМ: механические (перемещения, встряхивание, толчки, создаваемые человеком звуки); химические вещества, которые в принципе могли бы служить катализатором; тепловое поле, создаваемое человеком; электрическое – если он одет в синтетическую одежду; магнитное – если у него в кармане, например, магнит.

5. Поиск нужных эффектов

Рассмотреть физические, химические, геометрические, психологические (если задача связана с поведением людей) эффекты или цепочки эффектов, которые могли бы обеспечить нужное действие (решение обращенной задачи) .

Пример. В нашем случае годятся эффекты, связанные с активизацией химических реакций, например, наложение различных полей.

6. Поиск новых решений

Использовать для нахождения решения инструменты ТРИЗ: приемы, вепольный анализ, стандарты, АРИЗ.

Примечания:

1. В систему нельзя вводить дополнительные вещества и поля. Решение обращенной задачи должно быть получено только за счет ресурсов.

2. Имеются некоторые особенности и в формулировании шагов при решении обращенной задачи по АРИЗ. В частности, вместо обычного конфликта типа «вредное действие связано с полезным» часто получается конфликт типа «необходимое действие противоречит имеющемуся». При формулировке мини-задачи вместо слов «необходимо при минимальных изменениях в системе обеспечить...» следует писать «необходимо без изменений в системе обеспечить...», при формули-

ровке ИКР вместо слов «абсолютно не усложняя систему...» – «абсолютно не изменяя систему...».

Пример. Исходная вепольная модель: V_1 – вещество, V_2 – химик. Получается неполный веполь, который нужно достроить по стандарту 1.1.1, то есть ввести недостающее поле П. Примечание указывает, что это поле должно быть из ресурсов, причем связано с конкретным человеком (получается противоречие: поле должно быть, чтобы активизировать реакцию, и его не должно быть, потому что у других реакция не идет). После несложного анализа отпадают все поля, кроме звукового.

7. Формулировка гипотез и задач по их проверке

На основе полученных решений обращенной задачи сформулировать гипотезу (гипотезы) и задачи по их проверке.

Примечание. Если решение задач по проверке гипотез вызывает сложности, необходимо использовать инструменты ТРИЗ.

Пример. Формулируем две гипотезы: а) наличие посторонних людей создает звуки, нарушающие ход реакции; б) отсутствие других людей позволяет химику создать звуки, активизирующие реакцию. Для проверки гипотез необходимо простейшее прослушивание. При этом выяснилось, что химик любил петь, обладал мощным басом, но плохим слухом. Поэтому пел только в одиночестве. А реакция активизировалась только низкочастотными звуковыми колебаниями...

8. Развитие решения

Если наблюдаемое явление относится к числу вредных (например, речь идет о выявлении причин брака), сформулировать и решить задачу по его устранению, при необходимости используя ТРИЗ. Если явление полезное, можно сформулировать и решить задачу по его усилению с учетом полученного знания о механизме его действия.

Пример. Явление полезное. Его действие может быть усилено путем выбора наилучших режимов звукового воздействия.

Контрольные вопросы

1. В чем достоинства и недостатки метода проб и ошибок?
2. На чем основан метод мозгового штурма?
3. На чем основан метод фокальных объектов?
4. На чем основан метод обратного штурма?
5. На чем основан морфологический анализ?
6. На чем основан метод синектики?
7. На чем основан метод контрольных вопросов?
8. В чем состоит основной постулат теории решения изобретательских задач?
9. Каковы основные механизмы совершенствования и синтеза новых технических систем в теории решения изобретательских задач?

Отметить подходящее:

алгоритм решения изобретательских задач;

система стандартов на решение изобретательских задач.

10. Какие подходы сочетает в себе системный подход к развитию техники? Отметить подходящее:

компонентный, изучающий состав системы (наличие в ней подсистем, её надсистемы);

структурный (взаимное расположение подсистем в пространстве и во времени, связи между ними);

функциональный (функционирование системы, взаимодействие её подсистем);

генетический (становление системы, последовательность её развития, замена одной системы другой).

11. Как понимается развитие технической системы в теории решения изобретательских задач? Отметить подходящее.

Как процесс:

увеличения суммы выполняемых системой полезных функций;

увеличения суммы факторов расплаты;

уменьшения суммы выполняемых системой полезных функций;

уменьшения суммы факторов расплаты;

уменьшения степени идеальности;

+увеличения степени идеальности.

12. Какие основные этапы проходят в своём развитии технические системы? Отметить подходящее:

«Рождение» и «детство»;

Период интенсивного развития;

«Старость» и «смерть».

13. Каковы особенности основных этапов развития технических систем?
14. Какова последовательность вытеснения человека из технической системы?
15. Какие виды противоречий рассматриваются в теории решения изобретательских задач? Отметить подходящее:
логическое;
техническое;
физическое.
16. По какой схеме строится физическое противоречие? Отметить подходящее:
Объект (часть объекта) должен обладать свойством С и вместе с тем иметь
превосходящее;
смежное;
противоположное свойство анти-С;
супер-С;
дубль-С.
17. В чем состоит основная идея функционального подхода?
18. В чем состоит основная идея поэлементного экономического анализа?
19. Какие ресурсы, чаще всего используют при совершенствовании технических систем? Отметить подходящее:
финансовые;
вещества;
энергии;
кадровые;
информации;
пространства;
времени;
функциональные;
системные.
20. Какое использование ресурсов позволяет решать задачи наиболее эффективно? Отметить подходящее:
использование только одного ресурса;
комбинированное;
когда удаётся использовать в качестве ресурсов вредные вещества, поля, вредные функции системы.
21. За счет чего происходит повышение динамичности систем? Отметить подходящее:
за счет повышения её скорости;

- за счет перехода к мультифункциональности;
за счет перехода к системам с увеличенным числом степеней свободы.
22. За счет чего происходит повышение управляемости систем? Отметить подходящее:
за счет принудительного управления состоянием системы;
за счет перехода к самоуправлению;
за счет хаотичного управления.
23. В каком направлении происходит изменение устойчивости систем в процессе их развития?
24. Приведите иерархию глубинных уровней строения вещества, которые используются в развитии технических систем?
25. Каковы поля, наиболее эффективно работающие в технике, и последовательность их применения по мере развития технической системы?
26. Каковы тенденции в использовании полей при развитии технических систем?
27. Каковы основные виды согласования в развитии технических систем? Отметить подходящее:
прямое – увеличение одного параметра требует увеличения другого;
обратное – увеличение одного параметра требует уменьшения другого;
однородное – согласование однотипных параметров;
неоднородное – согласование разнотипных параметров;
внутреннее – согласование параметров подсистем между собой;
внешнее – согласование параметров системы с надсистемой, внешней средой;
непосредственное – согласование систем, так или иначе связанных между собой;
условное – согласование систем, непосредственно не связанных друг с другом, осуществляемое через глубинные (общественные) механизмы.
28. Каковы основные этапы согласования в развитии технических систем? Отметить подходящее:
динамическое рассогласование;
динамическое согласование;
согласование;
рассогласование;
динамическое согласование –рассогласование.
29. По какой линии происходит вытеснение человека из технической системы?
30. По какой линии идет увеличение степени идеальности технической системы?

31. По какой линии происходит развертывание технической системы?
32. По какой линии происходит свертывание технической системы?
33. Как развивается согласование взаимодействия инструмента с изделием?
34. По какой линии идет согласование ритмики рабочих движений при обработке?
35. По какой линии идет дробление технической системы?
36. Каковы основные инструменты теории решения изобретательских задач? Отметить подходящее:
типичные приемы устранения технических противоречий;
вепольный анализ;
стандарты на решение изобретательских задач;
алгоритм решения изобретательских задач.
37. Указатели каких эффектов и явлений применяются в качестве инструментов в теории решения изобретательских задач? Отметить подходящее:
необычных;
физических;
геометрических;
алгоритмических;
химических;
логических.
38. Каковы основные виды конфликтов в решении изобретательских задач?
39. Каковы основные этапы решения исследовательских задач?
40. Каковы основные классы стандартов на решение типовых изобретательских задач?

Литература

1. Г.С.Альтшуллер, Б.Л.Злотин, А.В.Зусман, В.И.Филатов, Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач). – Кишинёв: Картя Молдовенска, 1989. — 381 с.
2. Дерзкие формулы творчества./Сост. А.Б.Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия, 1987. – 269 с.
3. Нить в лабиринте/Сост. А.Б.Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия, 1988. – 277 с.