

Г. Н. ФЕДОТОВ,
В. С. ШАЛАЕВ

**ВВОДНО-
ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ
КУРС ЛЕКЦИЙ
ПО КЛАССИЧЕСКОЙ
ТЕОРИИ РЕШЕНИЯ
ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ
ЗАДАЧ**

РЕКОМЕНДОВАНО

*УМО по образованию в области лесного дела
в качестве учебного пособия для студентов вузов,
обучающихся по направлениям подготовки бакалавров
«Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих
производств» и магистров «Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств»*



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • МОСКВА • КРАСНОДАР
2016

ББК 32.81я73

Ф 34

Федотов Г. Н., Шалаев В. С.

Ф 34 Вводно-ознакомительный курс лекций по классической теории решения изобретательских задач: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2016. — 348 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

ISBN 978-5-8114-2135-0

В пособии приведен краткий курс лекций ознакомительно-информационного характера, в которых рассматриваются основные аспекты теории решения изобретательских задач (ТРИЗ): алгоритм, стандарты, вепольный анализ, учение о законах развития технических систем, информационный фонд, методика обучения теории. Подробно рассмотрен алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ). Цель курса — не только показать круг вопросов, которыми занимается современная ТРИЗ, но и привлечь слушателей к дальнейшей самостоятельной систематической серьезной учебе.

Учебное пособие составлено на базе учебных и научно-технических материалов по изобретательскому творчеству, для облегчения понимания теоретического материала в пособие включено большое количество практических примеров, базирующихся на конкретных авторских свидетельствах и патентах.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» и магистров «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств».

ББК 22.16я73

Рецензенты:

С. А. ШОБА — декан факультета почвоведения МГУ им. М. В. Ломоносова, член-корреспондент РАН;

М. И. БАЛАКИН — кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревоперерабатывающих производств МГУЛ.

Обложка © Издательство «Лань», 2016
Е. А. ВЛАСОВА © Г. Н. Федотов, В. С. Шалаев, 2016
© Издательство «Лань»,
художественное оформление, 2016

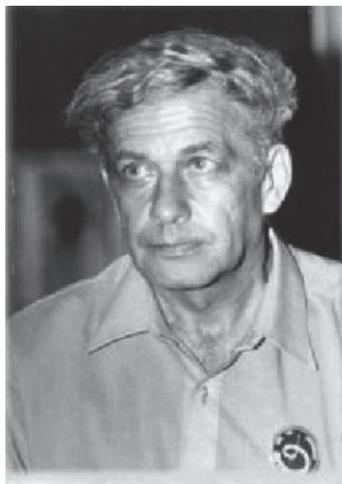
Оглавление

Введение	4
Лекция 1. Изобретательские задачи и существующие подходы к их решению	8
Лекция 2. Законы развития технических систем	31
Лекция 3. Законы увеличения степени вепольности и динамизации технических систем	50
Лекция 4. Методы устранения технических противоречий (1-20)	74
Лекция 5. Методы устранения технических противоречий (21-40)	95
Лекция 6. Некоторые элементы алгоритма решения изобретательских задач	115
Лекция 7. Алгоритм решения изобретательских задач – АРИЗ-71	133
Лекция 8. Стандарты на решение изобретательских задач. Класс 1. Построение и разрушение вепольных систем	160
Лекция 9. Класс 2. Развитие вепольных систем	173
Лекция 10. Класс 3. Переход к надсистеме и на микроуровень. Класс 4. Стандарты на обнаружение и измерение систем	196
Лекция 11. Класс 5. Стандарты на применение стандартов	213
Лекция 12. Алгоритм решения изобретательских задач – АРИЗ-77	234
Лекция 13. Алгоритм решения изобретательских задач – АРИЗ-85-В	252
Лекция 14. Алгоритм решения изобретательских задач – АРИЗ-85-В (по шагам)	280
Лекция 15. Примеры использования АРИЗ в реальных условиях	300
Заключение	316
Приложение 1. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий	318
Приложение 2. Указатель применения физических эффектов и явлений при решении изобретательских задач	334
Приложение 3. Указатель применения химических эффектов и явлений при решении изобретательских задач	337
Приложение 4. Указатель применения геометрических эффектов при решении изобретательских задач	343
Литература	344

*Посвящается памяти выдающегося
ученого и замечательного человека
Глеба Всеволодовича Добровольского*

Введение

Мысль о том, что техника развивается закономерно и что закономерности эти можно познать и использовать при решении изобретательских задач, возникла у Г.С. Альтшуллера в 1946 году. С 1948 г. работа в этом направлении стала для него главной.



Г.С. Альтшуллер

Первоначально «методика изобретательства» мыслилась в виде свода правил типа: «решить задачу – значит найти и преодолеть техническое противоречие» или «решение задачи тем сильнее, чем меньше затраты вещества, энергии, пространства, времени».

В складывающуюся «методику изобретательства» входили и некоторые типовые приемы: дробление, объединение, инверсия, изменение агрегатного состояния, замена механической схемы химической и прочие. Основным источником для выявления правил и прие-

мов служили сведения о работе великих изобретателей, собственная изобретательская практика, материалы по истории техники.

В 1958 г. был проведен первый семинар по теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) в Министерстве строительства Азербайджана (г. Баку), в котором приняли участие 22 инженера и техника. На нем впервые было сформулировано понятие ИКР – идеального конечного результата.

Г.С. Альтшуллер начал массовое обучение изобретательскому мастерству. Первый опыт был поставлен на заводе «Красный металлист» в Ставрополе. Затем он проводил семинары на предприятиях Москвы, Баку, Тамбова, Новосибирска.

В 1959 году его поддержала газета «Комсомольская правда». Она рассказала о практических результатах методики Г.С. Альтшуллера. Затем журнал «Изобретатель и рационализатор» изложил основные принципы теории изобретательства, разработанные Альтшуллером, и провел дискуссию об этом. Вышла из печати его книга «Как научиться изобретать».

В 60-х годах Г.С. Альтшуллер проводит семинары по ТРИЗ, которые служили практической базой для ее развития. Он публикует статьи и книги. В нескольких городах СССР организуются первые Школы ТРИЗ.

До 1968 г. совершенствование алгоритма решения изобретательских задач (АРИЗ) велось, в основном, путем анализа патентной информации. Семинары проводились нерегулярно, преподавал ТРИЗ только Г.С. Альтшуллер. К 1968 г. положение изменилось. Приближалось время перехода к массовому применению ТРИЗ – надо было готовить преподавателей, совершенствовать АРИЗ так, чтобы она была приемлема для широкого использования. За три года, с 1968 по 1971, были проведены семинары в Свердловске, Каунасе, Москве, Дзидтари, Дубне, Баку, Гомеле. Завершен полный учебный цикл в Бакинской молодежной изобретательской школе.

В 70-х годах появляется ТРИЗовское движение. 70-е и 80-е годы – период бурного развития ТРИЗ. Занятия идут в десятках школ (курсы, семинары и прочее).

В этот период развиваются все разделы ТРИЗ: АРИЗ, стандарты, вепольный анализ, учение о законах развития технических систем, информационный фонд, методика обучения теории.

Для школ ТРИЗ разработана и испытана гамма учебных программ:

1) до 40 учебных часов. Такой краткий курс имеет ознакомительно-информационный характер. Цель курса – показать круг вопросов, которыми занимается современная ТРИЗ, и привлечь слушателей к дальнейшей систематической серьезной учебе. Именно подобный курс излагается в данном пособии;

2) 60-90 учебных часов. Полгода при занятиях раз в неделю или двухнедельный семинар с отрывом от работы. Цель – освоение главных рабочих инструментов ТРИЗ;

3) 120-150 учебных часов. Год при занятиях раз в неделю или месячный семинар с отрывом от работы. Цель – прочное освоение основных рабочих инструментов ТРИЗ и решение с их помощью хотя бы одной практической задачи (с последующим оформлением заявки на изобретение). Выработка навыков творческого мышления, начальная подготовка к преподавательской деятельности в ТРИЗ;

4) 220-280 учебных часов. Два года занятий раз в неделю или два месячных семинара с отрывом от производства. Цель углубленное освоение современной ТРИЗ и решение нескольких производственных задач (с обязательным оформлением заявок), приобретение навыков системного творческого мышления, подготовка преподавателей и разработчиков ТРИЗ, минимальная преподавательская и исследовательская практика по ТРИЗ.

ТРИЗ помимо стран бывшего СССР распространена в США, Канаде, странах Европы, Израиле, Австралии, Японии, странах Юго-Восточной Азии и Южной Америки.

Компании, специализирующиеся на применении и развитии ТРИЗ, работают во многих странах мира. Например, в США, Канаде, Германии, Англии, Франции, Швеции, Швейцарии, Австрии, Голландии, Финляндии, Италии, Израиле, Чехии, Японии, Республике Корея, России и других странах.

Курс ТРИЗ читается в ряде университетов США, Канады, Франции, Англии, Германии, Швейцарии, Израиля, Японии, России.

ТРИЗ изучают инженеры и ученые, студенты университетов различных специальностей и школьники всех возрастов. Проводят занятия с дошкольниками, начиная с трех лет. Имеются курсы для подготовки воспитателей детских садов, учителей школ и преподавателей ТРИЗ для университетов. Ведется большая работа по подготовке учебно-методических материалов.

Несколько фирм разрабатывают и продают компьютерные программы по ТРИЗ.

Наиболее распространена консультационная деятельность для промышленных фирм – решение производственных и научных проблем, получение перспективных решений. Успешны в консультационной деятельности американские компании Pragmatic Vision International и Ideation International Inc., немецкая фирма TriSolver Consulting. Среди компаний, разрабатывающих и продающих компьютерные программы наиболее, успешны Invention Machine Corp., Ideation International Inc. и TriSolver Consulting. Эти компании имеют многомиллионные обороты и обслуживают ведущие в мире фирмы.

В 1997 году по инициативе основоположника ТРИЗ Г.С. Альтшуллера была создана Международная ассоциация (МА) ТРИЗ. В настоящий момент в МА ТРИЗ входит 33 общественные организации ТРИЗ из России, Беларуси, Латвии, Эстонии, Украины, США, Перу, Франции, Израиля, Республики Корея, а также Европейская ассоциация ТРИЗ.

На наш взгляд, освоение элементов ТРИЗ даже в рамках ознакомительного курса является необходимым для студентов и аспирантов, обучающихся по естественно-научным и инженерным специальностям.

Цели составления данного пособия состояли в следующем:

во-первых, создать ознакомительный курс, показывающий ТРИЗ в развитии;

во-вторых, разместить в рамках одного пособия материалы, которые позволят обучающимся самостоятельно повышать свой уровень владения ТРИЗ.

Необходимо отметить, что при освоении ТРИЗ меняется подход к решению задач, имеющиеся знания по физике, химии и другим наукам переходят в «активную фазу». Исчезает главный недостаток, часто встречающийся у выпускников вузов – непонимание, как браться за решение той или иной возникающей задачи. Уходит боязнь задач. После наработки очень небольших навыков по ТРИЗ у многих даже возникает некоторая эйфория. Они начинают понимать, как сильно возросли их возможности в решении задач. Изобретательство – дело азартное.

Представляемый курс лекций составлен полностью по книгам Г.С. Альтшуллера и его учеников. Надеемся, что учебное пособие окажется для Вас полезным.

Лекция 1. Изобретательские задачи и существующие подходы к их решению

Исследовательская и научно-исследовательская деятельность. Виды научной деятельности. Правила Декарта. Теория решения изобретательских задач. Метод проб и ошибок. Уровни трудности изобретательских задач. Попытки совершенствования методов изобретательства. Мозговой штурм. Морфологический метод. Синектика.

Одна из основных целей обучающихся на естественных и технических факультетах университетов – научиться грамотно проводить научные и инженерные исследования.

Занимаясь научной работой, необходимо иметь четкие представления о своей деятельности. Наличие подобных представлений может оказаться весьма полезным.

Для этого попытаемся ответить на ряд вопросов.

1. Что такое научная деятельность – научно-исследовательская работа?
2. Какие виды научно-исследовательской работы существуют?
3. Как подходить к решению возникающих задач?

Итак, что такое научно-исследовательская работа?

Практически все живые существа, в том числе и человек, родившись, сразу приступают к познавательной (исследовательской) деятельности. Ребенок протягивает руку к погремушке, ощупывает – исследует ее. Котенок играет с собственным хвостом и т.д. Но познавать, исследовать, проявлять любознательность еще не значит заниматься наукой.

Когда говорят, что этот человек ученый или этот человек занимается наукой, – имеют в виду лишь одно: он обладает определенными знаниями и использует их в работе.

Следовательно, существует четкий критерий того, занимается человек наукой или нет: человек занимается наукой в определенной области, если он обладает знаниями, накопленными к данному моменту времени другими исследователями в этой области (и знаниями в других областях, которые можно применить в данной области), и использует эти знания в своей работе.

В противном случае, какими бы званиями он не обладал, если у него нет багажа накопленных знаний в области проводимого исследования, или он не использует их в работе, эти занятия не являются

научной работой. Подобный вопрос практически всегда возникает при «вторжении» ученых в неизвестную для них область науки, знаниями в которой они не обладают.

Отсутствие знаний, как правило, порождает иллюзию простоты получения конечного результата.

Об этом хорошо высказался Г.С. Альтшуллер. Он сравнил химию и алхимию. Химики всегда решают несравнимо более частные задачи: создать материал, получить вещество, изучить механизм реакции и т.д. Алхимики же на такие «мелочи» не размениваются. У них другие цели: получить философский камень, найти панацею – лекарство от всех болезней или средство, обеспечивающее бессмертие.

Поэтому надо всегда контролировать себя, чтобы не сбиться на «алхимищину». Ведь все хотят быстро получить значимые результаты.

В связи с этим экспериментальная проверка любых самых, казалось бы, интересных и перспективных идей должна начинаться со знакомства со всем тем, что сделано до исследователя в новой для него области. Нужно всегда задаваться вопросом: почему это не было сделано до него? Ответ на этот вопрос не должен быть формальным, он многое позволит понять в работе. Если всего этого не делать, то время и ресурсы на проведение экспериментов могут быть потрачены зря.

Во многих случаях в основе «алхимического» подхода лежит вера человека в чудо: нахождение простого средства от старения или лекарства от рака, приемов практически беззатратного получения энергии или повышения урожая сельскохозяйственных культур и т.д.

Введя критерий научности, рассмотрим теперь виды научной деятельности. Очень часто думают, что существует два вида науки – фундаментальная и прикладная. В результате сложилась парадоксальная ситуация. Начинают считать, если ученый проводит исследования, но они не являются прикладными, то, следовательно, они – фундаментальные. Однако опыт показывает, что это далеко не всегда соответствует действительности.

Поэтому необходимо выбрать критерии, по которым можно проводить подобную градацию. Эти критерии достаточно очевидны, в их основе лежат цели, подходы и методы. Приведем общую формулировку фундаментальных исследований, взятую из Интернета.

К фундаментальным исследованиям относятся исследования, проводимые с целью лучше понять фундаментальные принципы. Они связаны с проверкой (подтверждением либо опровержением) теорий, объясняющих законы этого мира и причины явлений, и направлены на получение новых знаний об основных закономерностях строения, функционирования и развития окружающей природной среды.

Таким образом, цель – получение новых знаний. Как правило, при этом используют новые подходы и новые методы.

Из опыта мы знаем, что не все работы, направленные не на внедрение, соответствуют этим критериям. Новые закономерности часто устанавливаются на ограниченном числе объектов, и возникает необходимость оценки применимости возникших теорий для всех объектов, входящих в круг их рассмотрения. При этом целью является проверка применимости теорий для большего числа объектов. В этом случае используют уже разработанные при проведении конкретных фундаментальных исследований подходы и, как правило, проверенные методы исследования. Данное направление уже нельзя считать фундаментальным. Скорее его следует называть «расширяющим».

Еще одним очевидным направлением научной работы, с которым Вы хорошо знакомы, являются обучающие научные исследования. Цель – научить студентов или аспирантов тому, как проводить научные исследования. При этом используют хорошо проработанные подходы и методы исследования.

Следует отметить, что каждое из этих трех направлений научной деятельности подразделяется на два подхода – познавательно-описательный, основой которого является наблюдение, и познавательно-изменяющий. Первый подход основывается на тезисе: познать, чтобы описать, а второй – на тезисе: познать, чтобы использовать (управлять, воздействовать).

Первый характерен для ряда разделов биологии и геологии. Очень часто он используется в почвоведении. Второй подход характерен для химии, материаловедения, ряда разделов биологии.

Различие этих двух подходов хорошо описаны у Б.А. Доспехова: «Между наблюдением и экспериментом с точки зрения теории познания есть принципиальная разница: наблюдение отражает внешний мир, идет извне в наш мозг, оно фиксирует факты, а эксперимент идет из нашего сознания и мышления, он, как бы, гипотеза, ищущая проверки фактами, практикой».

На инновационно-прикладном направлении научной деятельности нет смысла останавливаться подробно.

Можно с уверенностью говорить, что в чистом виде ни одно из этих направлений не существует, но преимущество одного из видов научной деятельности в любой научно-исследовательской работе всегда присутствует. Об этом надо помнить, чтобы понимать, чем ты занимаешься.

Во многих работах, выполняемых в зарубежных университетах, присутствует в значительной степени инновационно-прикладной подход. У нас, к сожалению, эта направленность в исследованиях выражена значительно слабее.

Теперь остановимся на общем подходе к решению научных задач – на правилах Декарта. Они сводятся к четырем основным положениям:

1. начинать с несомненного и самоочевидного;
2. разделять любую проблему на столько частей, сколько необходимо для ее эффективного решения;
3. начинать с простого и постепенно продвигаться к сложному;
4. постоянно перепроверять правильность умозаключений.

Рассмотрим более подробно второе положение.

Оно основано на том, что любую сложную проблему следует разделять на столько более простых задач, чтобы решение каждой из них не вызывало затруднений. В чем-то этот подход сходен с понятием импульса силы равного произведению силы на время ее действия. Этот общий принцип довольно часто встречается в жизни.

Приведем пример. У Вас есть 40-литровый баллон с гелием высокой чистоты (99,9999), в котором гелий находится под давлением 100 атмосфер (4000 литров гелия при н.у.), и 5-литровый баллон с воздухом при 1 атмосфере. Надо закачать в 5-литровый баллон гелий, чтобы его чистота была 99,999. Нагревать баллоны по технике безопасности нельзя. Есть два пути. Первый – соединить 5-литровый баллон с 40-литровым. Поднять давление до предела, а затем выпустить избыточный газ. После первого раза чистота газа будет 99%, но мы затратим 500 литров гелия. После второго раза – меньше 99,99%, но мы затратим 1000 литров гелия. После третьего раза мы придем к искомой чистоте, затратив 1500 литров гелия. Быстро, но дорого. «Сила» – велика, а время – мало.

Можно пойти другим путем, поднимая давление в маленьком баллоне до 2 атмосфер. Такую операцию придется повторять примерно 18 раз, но затрачено на очистку баллона будет меньше 100 литров гелия. «Сила» – мала, а время – велико.

Таким образом, разбив сложную проблему на ряд менее сложных, мы получаем возможность ее решить, но при этом увеличиваем количество решаемых более простых проблем.

Однако, базируясь на правилах Декарта, довольно трудно понять – как решать возникающие задачи.

Рассмотрим пример. Необходимо изучить процесс сублимационной сушки растворов солей – одной из стадий криохимической технологии получения материалов для электронной техники (ферритов, пьезокерамики, твердых электролитов и т.д.).

Перед Вами сразу возникают чисто технические задачи:

- Как проводить замораживание растворов?
- Как сделать установку для изучения сублимационной сушки?
- Как определять температуру на поверхности и внутри гранул?
- Как определять давление на поверхности и внутри гранул?
- Как определять наличие жидкой фазы при сублимационной сушке?
- Как определять наличие изменений в структуре солей в процессе сублимационной сушки?

Возникает много и других чисто технических задач. Они неизбежно всегда встают перед экспериментатором. Научная работа – не практикум, где все методики расписаны, реактивы и приборы предоставлены, рядом преподаватель, готовый помочь и ответить на все вопросы. На вопросы приходится искать ответы самому.

Что же нам может помочь в решении всех этих (часто незнакомых) технических и организационных задач и проблем, которые являются составной частью научной работы и возникают на каждом шагу?

Такой метод существует, и называется он теорией решения изобретательских задач (ТРИЗ).

В этом курсе лекций мы рассмотрим причины возникновения и некоторые элементы этой теории.

Теория изобретательства изучает изобретательское творчество с целью создать эффективные методы решения изобретательских задач.

Чем же плохи существующие методы?

Посмотрим, как обычно решается изобретательская задача по книге Б.С. Егорова «Секрет НСЭ».

Итак, прежде всего – задача: «Представьте себе большую электронно-вычислительную машину середины прошлого века, в глубине которой несколько тысяч мельчайших кольцевых трансформаторов. Каждый из них имеет отверстие всего лишь в 2 миллиметра. На каждое из таких колечек намотан тончайший, тоньше человеческого волоса, проводок, покрытый шелковой оболочкой. Это, разумеется, надо было производить вручную, не повредив нежной изоляции. То был изнурительный труд...».

Задача ясна: есть маленькое колечко, сделанное из феррита. Нужно быстро и аккуратно обмотать это колечко тонкой изолированной проволокой. Несколькими годами раньше Б.С. Егоров успешно решил подобную задачу – тогда требовалось механизировать намотку дросселей телефонных фильтров. Внешне обе задачи совершенно подобны: есть кольцо и провод, которым нужно обмотать это кольцо. Но крохотное ферритовое колечко значительно меньше, чем кольцо телефонного дросселя, и это принципиально меняло задачу.

Обмотку этих колечек вели вручную с помощью шпули. Шпуля представляет собой, в сущности, иглу, несущую в себе запас провода (рис.1.1).

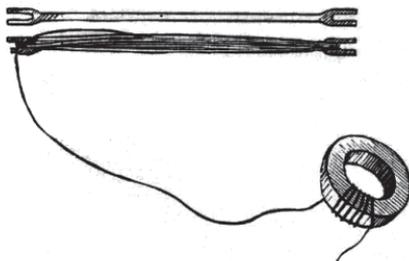


Рис. 1.1

Поперечное сечение колечка (тороида) может быть квадратным, прямоугольным или круглым – это несущественно.

«...Сразу стало ясно, что от шпульки, с помощью которой осуществлялась укладка провода на моем первом станке, придется отка-

заться, она была бы слишком мала. Это усложняло решение вопроса. А нельзя ли обойтись без нее, заменить ее, использовать совершенно новый принцип намотки? Но каким должен быть этот принцип? Вопросы не давали мне покоя...».

«— А не применить ли здесь маятник? Это мнение разделяли многие товарищи, с которыми мне приходилось советоваться. И я задумал решить задачу с помощью маятника. Принцип был прост: два маятника, а между ними кольцо. На маятнике — игла. Правый маятник иглой продевает провод сквозь кольцо и подводит иглу к левому. Кольцо при этом поднимается, игла идет обратно, и все повторяется сначала. Так и осуществляется намотка провода на кольцо. Удивительно просто, и при этом все делается без шпильки».

Была построена модель станка. Ее испытания дали отрицательные результаты — провод натягивался лишь тогда, когда игла находилась в крайнем положении, когда же она была в движении, провод провисал, поэтому нитки ложились, как попало.

«Я заново, с удвоенной энергией взялся за работу. Попробовал иначе разместить маятники, иначе расположить кольца, и так, и так пытался изменить ход работы маятников, но нить все равно провисала. Я проделал свыше трехсот экспериментов. В конце концов, пришел к заключению, что от маятников надо отказаться».

Тогда возникла мысль осуществить намотку провода с помощью сжатого воздуха, который выполнял бы роль маятников. Ту же самую иглу будет толкать через кольцо не маятник, а сжатый воздух.

Егоров построил еще одну модель станка. Но сжатый воздух не помог — провод провисал, как и в маятниковом станке.

«И тут в голову пришла мысль, что сам принцип намотки провода на кольцо не годится. Ведь во всех вариантах принцип был один: игла прошивает кольцо. А она не дает возможности держать провод в натяжении. Следовательно, надо отказаться от использования самой иглы и предложить взамен иной, совершенно новый принцип. Но что можно предложить взамен? На этот вопрос не мог никто ответить».

Шло время. Егоров не переставал думать о задаче. И вот однажды появилась новая идея. Случилось это в электричке.

«Я перевожу взгляд на моих соседей, и вдруг мой взор привлекает старушка, которая вяжет кружево. В руках у нее крючок. Она совершает движение рукой — и крючок делает колечко, еще движение рукой — и еще колечко. Я машинально смотрю, не отрывая глаз, на

руки вязальщицы. Колечко... Колечко... Мысленно повторяю движение крючка раз, еще раз и еще. Потом я уже представляю себе движение крючка не в руках старушки, а в моем станке... А что, если вместо шпульки и маятников применить в станке крючки? Крючок захватит провод, который пройдет через колечко. А специальной пружинкой можно будет тогда поддержать провод в натянутом состоянии. Я достаю иглу с ниткой, делаю из иглы крючок и пытаюсь повторить движения старушки. Раз... другой. Неужели в этом обыкновенном крючке секрет намоточного станка, неужели найдена разгадка казавшейся неразрешимой задачи? Да, так и есть. Витки ложатся на кольцо ровно. Это и есть тот самый принцип, который я так долго искал. С помощью крючков можно осуществить крепкую, надежную намотку витков на кольцо».

Так появился принцип намоточного станка – знаменитого НСЕ.

Что можно сказать о путях, которыми шел изобретатель? Некоторые особенности сразу бросаются в глаза. Поиски велись, в сущности, наугад. Или, как говорят психологи, методом **«проб и ошибок»**.

Возникла идея: «А если сделать так?» Затем следовала ее теоретическая или практическая проверка. Одна идея оказывалась неудачной, выдвигалась вторая, третья...

Схематически этот метод изображен на рис. 1.2.

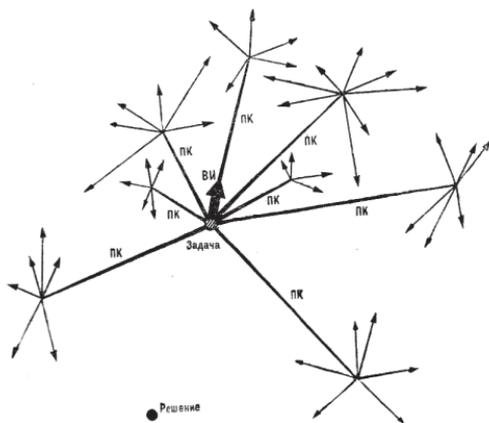


Рис. 1.2

От точки, которую мы назовем **«Задача»**, изобретатель должен попасть в точку **«Решение»**. Где именно находится эта точка, зара-

нее, конечно, неизвестно. Изобретатель создает определенную поисковую концепцию (**ПК**), т. е. выбирает направление поисков («И я задумал решить задачу с помощью маятника»).

Начинаются «броски» в выбранном направлении (они условно обозначены стрелками): «А если попробовать так?» А потом становится ясно, что неправильна вся поисковая концепция – поиски идут не в том направлении («В конце концов, пришел к заключению, что от маятников надо отказаться»).

Изобретатель возвращается к задаче, выдвигает новую поисковую концепцию («Тогда возникла мысль осуществить намотку провода с помощью сжатого воздуха...») и начинает новую серию «бросков».

В практике количество попыток обычно намного больше, чем изображено на схеме. Егоров говорит о **трехстах (!!!)** модификациях одной только первой модели станка, вообще же при поисках решения методом «проб и ошибок» количество попыток очень велико. Требуются тысячи, иногда и десятки тысяч «а если?», чтобы нащупать удачное решение.

И еще одна очень важная особенность. На схеме стрелки расположены гуще в направлении, **противоположном «Решению»**. Это не случайно.

Дело в том, что пробы не так хаотичны, как кажется на первый взгляд. Приступая к поискам, изобретатель опирается на свой предыдущий опыт. Егоров однажды уже создал станок для намотки телефонных дросселей, и при решении новой задачи мысль сначала неизбежно шла в привычном направлении: нужна – как и в прошлый раз – шпуля, но она должна быть очень тонкой; заменим ее иглой, т. е. той же шпулей, но без запаса провода.

В сущности, безуспешность почти всех попыток вызвана стремлением, так или иначе, использовать иглу. Эта первоначальная тенденциозность показана на схеме **«вектором инерции» (ВИ)**, выходящим из точки **«Задача»** и направленным в сторону от **«Решения»**. Большим шагом вперед была мысль, что от иглы нужно вообще отказаться...

Рассмотрим еще один из тех редких случаев, когда изобретатель говорит о путях, которыми он пришел к новой идее.

Задача, решенная Е. Веретенниковым, не отличается особой сложностью, а наличие у изобретателя ученой степени делает этот случай достаточно показательным.

Вот что рассказывает изобретатель: «Наш Куйбышевский индустриальный институт сотрудничает с Куйбышевским долотным заводом. Завод выпускает долота. Мне кажется, любой, кто попадет на участок сборки шарошечных долот, обязательно подумает: «Нельзя ли делать это как-нибудь по-иному?» Картина, мягко говоря, малопривлекательная. Цапфу лапы долота обмазывают густой солидоловографитной смазкой. Эта смазка играет роль клея. Она удерживает на двух горизонтальных площадках (дорожках качения цапфы) устанавливаемые там ролики подшипника, которые иначе соскальзывали бы в разные стороны. Когда два ряда роликов составлены, на цапфу надевают шарошку. Сборка производится обнаженными руками. На кожу минеральные масла действуют вредно. Кроме того, в этой массе иногда попадаются острые металлические занозы, ранившие руки сборщика. Труд тяжелый, требует высокой квалификации.

Подобный тип сборки, когда необходимо предварительное удерживание деталей в определенном положении друг к другу, весьма распространен. Для промежуточной фиксации пользуются струбцинами, стяжными хомутами, обоймами, применяют временное прихватывание деталей пайкой или сваркой, клеящими веществами или, как в данном случае, густыми липкими смазками. Сборка шарошечных долот заставила меня задуматься над тем, как, например, удерживать ролики на цапфе при надевании сверху шарошки?»

Итак, задача состоит в следующем. Для сборки секции бурового долота нужно сначала обложить шарошку двумя рядами роликов. Роликов в ряду несколько десятков. Понятно, что придерживать руками одновременно все ролики невозможно. Значит, нужно найти какой-то способ (вместо «приклеивания» густой мазью), позволяющий удерживать ролики на дорожках качения цапфы до момента, пока цапфа не вставлена в шарошку. Способ этот должен быть простым, производительным, допускающим в дальнейшем автоматизацию сборки.

«Первое, что пришло в голову, – рассказывает далее изобретатель, – была, конечно, веревка. Связать! Но как вытащить ее после сборки? Что ж, можно связать такой пленкой, которая в дальнейшем бесследно растает, растворившись в масле. Пожалуй, это выход..., если не считать, что автоматизация сборки ничуть не упрощена.

Дальнейшие раздумья привели к решению, которое оказалось удачным. Надо прилеплять ролики к цапфе, но не клеем и никаким другим веществом. Их будут удерживать магнитные силы!»

История этого изобретения – плохой роман с хорошим концом. В самом деле, задача возникла давно, и тогда уже существовали средства, необходимые для ее решения. Изобретение запоздало, по меньшей мере, на несколько десятков лет!

Веретенников сам подчеркивает, что каждому, кто попадает на участок сборки, обязательно бросится в глаза необходимость усовершенствовать сборку долот. Задача словно кричала: «Пожалуйста, обратите на меня внимание! Ведь так важно и так нетрудно найти решение!» Но люди проходили мимо...

Это не случайность: всегда имеется большое число изобретений, которые нужно и можно сделать (при современном развитии науки и техники), но которые еще не сделаны.

Посмотрим теперь, как шла работа изобретателя. Первая мысль – «конечно, веревка». Тут примечательны и «конечно», и «веревка». Исходный пункт размышлений – существующие конструкции (стяжные хомуты и т. д.). Использовать хомут – «металлическую веревку» – невозможно. Отсюда мысль: применить «просто веревку».

Идея «веревки» настолько сковывала воображение изобретателя, что он никак не хотел с ней расставаться. И следующий шаг – снова «веревка» (вот он, **вектор инерции**!), на этот раз пластмассовая... Понятно, что и этот современный вариант «веревки» тоже не привел к решению задачи.

Последовали дальнейшие раздумья, которые, наконец, дали правильное решение: надо использовать магнитные силы.

Между тем задача эта из числа тех, в которых **точная формулировка вопроса** автоматически дает нужный ответ. Творчество здесь состоит в самом выборе задачи! Требуется, повторяем, чтобы ролики, укладываемые при сборке вокруг цапфы, не падали до тех пор, пока цапфа не вставлена в шарошку. Стальная деталь должна прижиматься – на время – к другой стальной детали.

Достаточно так поставить задачу, и из десяти человек, обладающих знаниями в объеме средней школы, пять сразу же ответят: «Магнит!»

Анализ литературы показывает, что решение изобретательских задач до появления теории изобретательства велось методом проб и ошибок. Вот что говорит американский изобретатель Дж. Рабинов: «Было бы очень удобно, если бы изобретения были результатом логического и упорядоченного процесса. К сожалению, обычно это не так. Они представляются продуктом того, что психологи называют

«интуицией» – неожиданной вспышки вдохновения, механизм которого лежит в глубинах человеческого разума».

Эдисону, по его собственному признанию, приходилось работать над одним изобретением в среднем семь лет. По крайней мере, треть этого времени уходила на поиски идеи. Для изобретения спирали для электрической лампочки Эдисону пришлось потратить более 15000 попыток.

Вот что писал Николай Тесла, работавший одно время в лаборатории Эдисона: «Если бы Эдисону понадобилось найти иголку в стоге сена, он не стал бы терять времени на то, чтобы определить наиболее вероятное место ее нахождения. Он немедленно с лихорадочным прилежанием пчелы начал бы осматривать соломинку за соломинкой, пока не нашел бы предмета своих поисков. Его методы крайне неэффективны: он может затратить огромное количество времени и энергии и не достигнуть ничего, если только ему не поможет счастливая случайность».

Один из изобретателей сравнивал творческую работу с восхождением на крутую гору: «Бредешь, отыскивая воображаемую тропинку, попадаешь в тупик, приходишь к обрыву, снова возвращаешься. И, когда, наконец, после стольких мучений доберешься до вершины и посмотришь вниз, то видишь, что шел глупо, бестолково, в то время как ровная широкая дорога была так близка, и по ней легко было взойти, если бы раньше ее знал».

Очень точно подмечена характерная особенность творческого процесса: за «бестолковость» поисков приходится расплачиваться огромной затратой сил и времени. Неудивительно, что уже давно возникла мысль о необходимости как-то упорядочить поиски, найти правила выхода на «ровную и широкую дорогу», создать науку о решении творческих задач – эвристику.

Почему же эвристика за семнадцать веков ее существования не создала эффективных методов решения изобретательских задач? Прежде всего, потому что эвристика с самого начала ставила слишком общую цель: найти универсальные правила, позволяющие решать любые творческие задачи во всех отраслях человеческой деятельности.

Даже технические задачи (именно они нас и интересуют) по степени трудности можно разделить на пять уровней (классов). Для самых легких задач (первый уровень) характерно применение средств

(устройств, способов, веществ), которые прямо предназначены именно для данной цели.

Вот пример задач первого уровня.

Задача: *Имеется печь, в которой находится расплавленный металл. В центральную зону печи подведен трубопровод для жидкого кислорода. Что нужно сделать, чтобы кислород, идущий по этой трубе, не газифицировался вплоть до выхода в металл?*

Ответ очевиден: нужна теплоизоляция, а если она уже есть, нужно ее усилить – сделать более толстой, ввести двойные стенки, использовать принудительное охлаждение и т. д. Именно так и была решена эта задача: *Устройство для подачи жидкого кислорода в расплавленный металл, выполненное в виде четырех концентрически расположенных охлаждаемых труб и наконечника, отличающееся тем, что с целью предотвращения газификации кислорода в потоке внутренняя труба изолирована от окружающих тепловой изоляцией с толщиной 15-20 мм.*

Надо бороться с теплом – и вот введен слой теплоизоляции. Его толщина не 1,5-2 мм, этого было бы явно мало, и не 1,5-2 м, труба с таким защитным слоем просто не поместилась бы в печи, а 15-20 мм, как и следовало ожидать. Решение предельно очевидное. Многочисленные эксперименты с задачей показали, что ее с нескольких попыток решают все – научные работники, конструкторы, студенты, учащиеся ПТУ, школьники.

Задача: *Защитный колпак к баллонам для сжатых, сжиженных и растворимых газов, отличающийся тем, что с целью значительного снижения стоимости и экономии металла колпак выполнен из пластмассы и снабжен ребрами жесткости на внутренней поверхности.*

Это типичные задачи, решенные на первом уровне. В каждом выпуске бюллетеня «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки» около 30% изобретений – решение подобных задач. В данном случае поиск решения практически сведен к нулю. Технология изобретательского творчества на этом уровне не нуждается в совершенствовании.

Предположим, дана **задача:** *Дуга мешает электросварщику наблюдать за процессами, происходящими в зоне сварки. Свет дуги «забивает» менее яркие детали (капли металла и т. д.). Как быть?*

В такой формулировке задача без труда решается на первом уровне: надо осветить зону сварки лучом, более ярким, чем дуга.

Теперь усложним задачу, введя дополнительные требования.

Задача: *Дуга мешает электросварщику наблюдать за процессами, происходящими в зоне сварки. Свет дуги «забивает» менее яркие детали (капли металла и т. д.). Надо улучшить условия наблюдения без существенного усложнения аппаратуры и снижения производительности.*

Новая задача сложнее, поэтому придется перебрать несколько десятков вариантов. Отпадут, например, все предложения, связанные с введением дополнительных светильников для освещения зоны сварки, – они значительно усложнят оборудование. Не подойдут и предложения, требующие периодического отключения дуги, – они связаны со снижением производительности.

Наиболее простое решение, удовлетворяющее условиям задачи, выглядит так: *Устройство для защиты глаз и лица электросварщика, содержащее корпус и рамку с встроенным в нее светофильтром, отличающееся тем, что с целью улучшения наблюдения за процессом сварки оно снабжено рефлектором, выполненным в виде прямоугольного сектора сферы по габаритам корпуса и фокусирующим свет от дуги на свариваемые материалы в зону расплавления.*

В задачах первого уровня объект (устройство или способ) не изменяется (усилили уже имеющуюся теплоизоляцию).

На втором уровне объект изменяется, но несильно (в защитное устройство дополнительно введено зеркало).

На третьем уровне объект изменяется сильно,

на четвертом уровне он меняется полностью,

а на пятом уровне меняется вся техническая система, в которую входит объект.

Пример изобретений третьего уровня: *Винтовая пара, состоящая из винта и гайки, отличающаяся тем, что с целью предупреждения износа их поверхности путем устранения трения между ними во время работы винт и гайка расположены с зазором, сохраняемым во время работы, в их резьбе уложены обмотки для создания электромагнитного поля, обеспечивающие поступательное движение гайки относительно винта.*

Винтовая пара осталась, но она сильно изменена по сравнению с прототипом.

Способ перекрытия светового пучка с использованием взрывного затвора, например, при скоростной киносъемке, отличающийся тем, что, с целью многократного использования одного и того же прерывателя светового пучка, взрыв или искровой разряд производят в жидкости, помещенной между двумя защитными стеклами так, чтобы ее свободная поверхность в спокойном состоянии касалась светового канала оптической системы.

Известный способ взрывного перекрытия светового пучка состоит в разрушении стекла. Понятно, что при этом прерыватель может быть использован только один раз. Изменение агрегатного состояния прерывателя обеспечивает появление нового качества: жидкостной прерыватель может быть использован многократно. Среди изобретений третьего уровня много таких, в которых новый эффект достигается изменением агрегатного состояния.

Примером изобретения четвертого уровня может служить новый способ контроля износа двигателя. Раньше контроль износа вели, время от времени отбирая пробы масла и определяя содержание в них металлических частиц. По а. с. № 260249 предложено добавлять в масло люминофоры и по изменению свечения (мелкие частицы металла гасят свечение) непрерывно контролировать концентрацию частиц металла.

Исходный способ изменен полностью. Использованный физический эффект менее известен, чем в предыдущем изобретении. Найденная идея шире запатентованного способа контроля износа: по гашению люминесценции можно контролировать появление металлических частиц и в других случаях.

Способ контроля породоразрушающего инструмента, например, буровых долот, отличающийся тем, что, с целью упрощения контроля, в качестве сигнализатора износа применяют монтируемые в тело долота ампулы с резко пахнущими химическими веществами, например, с этилмеркаптаном.

Это изобретение четвертого уровня: здесь предлагается новый («запаховый») способ контроля, а не совершенствуется старый.

Изобретение пятого уровня: *Применение монокристаллов сплавов медь – алюминий – никель и медь – алюминий – марганец в качестве твердого рабочего тела для преобразования тепловой энергии в механическую путем изменения его упругих свойств при колебании температуры.*

Вообще-то известно, что твердые тела меняют свои свойства при изменении температуры. Но веществ, которые сильно меняют свойства при небольших перепадах температур, мы знаем мало. Обнаружение или получение таких веществ – это уже нечто граничащее с открытием. Новые вещества – преобразователи можно использовать при решении самых различных изобретательских задач (создание тепловых двигателей, различных измерительных приборов и т. д.).

Способ получения порошков металлов, сплавов и других токопроводящих материалов, отличающийся тем, что, с целью использования при замыкании цепи электродинамических сил для вырывания из электродов порций диспергируемого материала и выбрасывания их в окружающую среду, подлежащие диспергированию материалы включены в качестве электродов в цепь электрического колебательного (разрядного) контура, который настроен так, что он работает в области искрового разряда (в области нестационарного электрического разряда).

С этого изобретения началась вся история электроискровой обработки материалов.

Решение задачи первого уровня требует перебора нескольких очевидных вариантов. Это доступно каждому инженеру, и подобные задачи повседневно решаются без затруднений, хотя и не всегда оформляются в виде заявок на изобретения.

На втором уровне число вариантов измеряется уже десятками. Перебрать 50-70 вариантов в принципе способен каждый инженер. Но все-таки здесь требуется определенное терпение, настойчивость, уверенность в возможности решения задачи. Иногда человек выдыхается после десяти попыток.

Правильное решение задач третьего уровня прячется среди сотен неправильных.

На четвертом уровне нужно сделать тысячи и десятки тысяч проб и ошибок, чтобы отыскать решение задачи.

Наконец, на пятом уровне число проб и ошибок возрастает до сотен тысяч и миллионов. Можно вспомнить, например, что Эдисону пришлось поставить 50000 опытов, чтобы изобрести щелочной аккумулятора. Речь идет только о вещественных попытках. Мысленных вариантов «а если сделать так?» наверняка было значительно больше.

Вот пример учебной задачи четвертого уровня.

Задача: *Кривые стволы и сучья деревьев перерабатывают «в щепу». Получается смесь кусков коры и щепы древесины. Как отделить куски коры от щепы древесины, если они очень мало отличаются по плотности и другим характеристикам?*

По этой задаче есть множество патентов, выданных в различных странах: изобретатели упорно (и безуспешно) пытаются отделять куски коры от щепы древесины, используя ничтожную разницу в плотности. В экспериментах с этой задачей число проб иногда измерялось сотнями, однако никому не удавалось преодолеть психологические барьеры и пойти в принципиально новом и, главное, верном направлении.

Может возникнуть вопрос: если все-таки делаются изобретения высших уровней, значит, как-то удастся перебрать сотни и тысячи вариантов?

Тут действует очень интересный «эстафетный» механизм. Появилась задача «ценой» в 100000 проб. Кто-то потратил полжизни на перебор 10000 проб и не нашел решения. Задачу взялся решать другой человек, он перекопал еще какую-то часть **поискового поля**, и так далее. Задача приобретает репутацию неразрешимой, «вековечной». На самом же деле она постепенно упрощается и, в конце концов, решается. Здесь и появляются исследователи, пытающиеся выяснить, в чем секрет изобретателя, решившего «вековечную» задачу. Никакого секрета нет. Неудачники, штурмовавшие задачу в начале «эстафеты», могли быть даже более способными, чем тот, кто «пробежал» последний этап. Просто им досталось слишком большое поисковое поле. В сущности, задачу решал не один человек, а целый коллектив – «кооперация современников», по определению Маркса. Для очень трудных задач необходима даже кооперация изобретателей нескольких поколений. Их усилия постепенно превращают задачу пятого уровня в сравнительно простую задачу первого уровня, кто-то делает последний рывок тем же методом проб и ошибок.

Есть другой способ, который можно назвать «задача сама ищет своего решателя». Сложная задача трудна потому, что она относится к одной области, а для ее решения нужны знания совсем из другой области. Когда в 1898 г. Крукс поставил задачу связывания атмосферного азота, о ней благодаря научному авторитету Крукса стало известно очень многим ученым. Норвежский специалист по полярным сияниям Биркеланд предложил использовать процессы, подоб-

ные происходящим в верхней атмосфере. Задача «отыскала» человека, чьи специальные знания были необходимы для ее решения.

Задачи высших уровней отличаются от задач низших уровней не только числом проб, необходимых для обнаружения решения.

Существует и качественная разница.

Задачи первого уровня, и средства их решения находятся в пределах одной узкой специальности (задача по усовершенствованию производства древесно-стружечных плит решается методами, уже использовавшимися в этом производстве).

Задачи второго уровня и средства их решения относятся к одной отрасли техники (задача о древесно-стружечных плитах решается методами, известными в деревообработке).

Для задач третьего уровня решения приходится искать в других отраслях (задача в деревообработке решается методами, известными в металлообработке).

Решение задач четвертого уровня надо искать не в технике, а в науке – обычно среди мало применяемых физических, химических и геометрических эффектов и явлений.

На высших подуровнях задач пятого уровня средства решения могут вообще оказаться за пределами современной науки; поэтому, сначала нужно сделать открытие, а потом, опираясь на новые научные данные, решать изобретательскую задачу.

На первом и втором уровнях можно перебирать варианты, пользуясь знаниями только по своей специальности. Чем выше уровень, тем более широкие знания нужны. Коллектив хороших специалистов легко делает изобретения первого и второго уровней. Такие изобретения совершенствуют технику. Но принципиально новые решения скорее можно ожидать от людей «со стороны».

Вероятно, уже возник вопрос: а каково соотношение между количествами изобретений первого и, например, пятого уровней? Г.С. Альтшуллер проанализировал изобретения по 14 классам за 1965 и 1969 годы.

Анализ дал следующее соотношение (%):

- 1-й уровень 32;
- 2-й уровень 45;
- 3-й уровень 19;
- 4-й уровень менее 4;
- 5-й уровень менее 0,3.

Следовательно, 77% зарегистрированных (признанных) изобретений фактически представляют лишь новые конструкции и инженерные решения. В принципе каждый инженер должен уметь делать изобретения на двух первых уровнях. В этом диапазоне не приходится иметь дело с выработкой новых задач, новых технических идей и т. д., для успешной работы достаточны те знания и навыки, которыми обязан обладать каждый современный инженер. С другой стороны, высшие подуровни пятого уровня связаны с использованием новых открытий. Для современного изобретательского творчества типичен, таким образом, диапазон от третьего уровня до середины пятого уровня. Количественно это менее четверти регистрируемых изобретений. Но именно эти изобретения обеспечивают качественное изменение техники.

Обычный путь интенсификации процесса решения состоит в увеличении числа людей, одновременно работающих над одной проблемой (создание НИИ). Но сосредоточение большого числа людей на решении одной технической проблемы ведет к уменьшению интенсивности работы на других направлениях.

Таким образом, возникла задача разработки способа перевода изобретательских задач с высших уровней на низшие уровни (уменьшение числа необходимых попыток). Если задачу четвертого или пятого уровня удастся перевести на первый или второй уровень, далее сработает обычный перебор вариантов. Вся проблема в том, чтобы уметь быстро сужать поисковое поле (уменьшать количество необходимых попыток), превращая «трудную» задачу в «легкую».

На Западе в XX веке неоднократно пытались усовершенствовать метод изобретательства.

В 1953 году американский психолог А. Осборн предпринял такую попытку. Он исходил из достаточно разумных положений.

Пытаясь решить задачу методом «проб и ошибок», изобретатель выдвигает какую-то идею («А если сделать так?»), а затем проверяет, годится она или нет. Есть люди, которые по складу ума хорошо «генерируют» идеи, но плохо справляются с их анализом. И наоборот: некоторые люди больше склонны к критическому анализу идей, чем к их «генерации». Осборн решил разделить эти процессы. Пусть одна группа, получив задачу, только выдвигает идеи, хотя бы и самые фантастические. Другая группа пусть только анализирует выдвинутые идеи.

Мозговой штурм (брейнсторминг) – так назвал Осборн свой метод – не устраняет беспорядочных поисков. В сущности, он делает их даже более беспорядочными. Как мы видели, «пробы» долгое время идут в направлении «вектора инерции»: они не просто беспорядочны, они преимущественно направлены не в ту сторону. Поэтому переход к «простой беспорядочности» – уже какой-то прогресс.

Основные правила мозгового штурма несложны:

1. в группу «генераторов» идей должны входить люди различных специальностей;
2. «генерирование» идей ведут, свободно высказывая любые идеи, в том числе явно ошибочные, шутливые, фантастические. Регламент – минута. Идеи высказываются без доказательств. Все идеи записываются в протокол или фиксируются магнитофоном;
3. при «генерировании» идей запрещена всякая критика (не только словесная, но и молчаливая – в виде скептических улыбок и т. п.). В ходе штурма между его участниками должны быть установлены свободные и доброжелательные отношения. Желательно, чтобы идея, выдвинутая одним участником штурма, подхватывалась и развивалась другими;
4. при экспертизе следует внимательно продумывать все идеи, даже те, которые кажутся явно ошибочными или несерьезными.

Обычно группа «генерации» идей состоит из шести – десяти человек. Продолжительность штурма невелика: 20-40 минут. «Бестолковость» поисков, возведенная мозговым штурмом в принцип, компенсируется количественным фактором – задачу штурмуют «оравой».

Внешне штурм выглядит эффектно – задача решается за один день. Но выигрыш тут в значительной мере кажущийся: 50 человек в течение одного дня затрачивают столько же работы, сколько один человек за 50 дней. А мозговой штурм всегда требует (учитывая время на предварительную подготовку) несколько сотен человеко-дней. Выигрыш достигается лишь за счет сокращения малоперспективных попыток в направлении «вектора инерции».

Мозговой штурм дает положительный эффект, например, когда надо найти новые способы рекламы, но он не дает существенных результатов, когда дело касается более сложных проблем, которые мо-

гут быть решены на изобретательском уровне: здесь его «потолок» – решения *второго уровня*.

Существует заманчивая идея: а нельзя ли получить – для каждой задачи – список всех возможных вариантов? Ведь имея такой список, не рискуешь что-либо упустить...

Чтобы составить полный список, нужен специальный метод. Таким методом (точнее – приближением к нему) является так называемый **морфологический анализ**, предложенный в 1942 году известным американским астрономом Ф. Цвикки.

Сущность этого метода заключается в построении многомерных таблиц (морфологических ящиков), в которых осями берутся основные показатели данной совокупности объектов.

Предположим, надо найти оптимальную конструкцию ранцевого устройства для передвижения пловца-подводника. Мы можем начать перебирать различные «а если сделать так?». Например: а если использовать электромотор и аккумуляторы? Или: а если использовать энергию сжатого воздуха и турбинку? Или: а если использовать энергию сжатого воздуха, но не с турбинкой, а с плавником типа «рыбий хвост»?..

При морфологическом методе – до выбора – нужно построить многомерную таблицу, на одной оси которой надо отложить (в данном случае) вид используемой энергии (электрическая, механическая, химическая и т. д.), на другой оси – разные типы двигателей (электромоторы, турбины, ракетные двигатели различных систем), на третьей – типы возможных движителей (винт, плавник, ракета и т. д.). Такой ящик охватит почти все мыслимые комбинации. Конечно, ящик будет тем полнее, чем больше осей в нем и чем длиннее эти оси. Так, ящик, составленный Цвикки для прогнозирования одного только типа ракетных двигателей, имел — при 11 осях – 36864 комбинации!..

В этом, собственно, и заключается один из основных недостатков морфологического метода. При решении изобретательской задачи даже средней трудности в ящике могут оказаться сотни тысяч и миллионы вариантов.

Другой недостаток метода – отсутствие уверенности в том, что при построении ящика учтены все оси и все классы вдоль этих осей. Интуитивный поиск вариантов заменяется интуитивным же поиском осей и классов. Выигрыш в том, что мы переходим от перебора мелких (и потому легко теряющихся) единиц (вариантов) к подбору

крупных единиц (оси, классы по осям). Проигрыш в том, что, упустив хотя бы одну ось, мы автоматически теряем очень большую группу вариантов. А с осями, как с вариантами: самые тривиальные лезут в глаза, а самые интересные прячутся за психологическими барьерами. И все-таки морфологический метод – большой шаг вперед по сравнению с обычным перебором вариантов. Любой порядок – лучше беспорядка.

Пытаясь усовершенствовать мозговой штурм, американский исследователь Уильям Гордон, предложил, так называемую, **синектику** и основал в 1960 году изобретательскую фирму «Синектикс».

Слово «синектика» в переводе с греческого означает «совмещение разнородных элементов». В проспекте фирмы «Синектикс» дано такое определение: «Синектические группы – группы людей различных специальностей, которые встречаются с целью попытки творческих решений проблем путем неограниченной тренировки воображения и объединения несовместимых элементов».

В основу синектики положен мозговой штурм, проводимый **постоянными группами**. Такие группы, накапливая приемы, опыт, работают сильнее, случайно собранных. В синектические группы обычно включают людей разных специальностей (за обучение одной группы фирма «Синектикс» брала от 20 до 200 тысяч долларов. Заказчики – «Дженерал моторс», «ИБМ», «Дженерал электрик» и другие крупнейшие фирмы).

Решение задачи синектической группой начинается с ознакомления с «проблемой, как она дана». Затем группа, уточняя проблему, превращает ее в «проблему, как она понимается».

Далее начинается собственно решение, основанное, как пишет Гордон, на превращении непривычного в привычное, а привычного – в непривычное, т. е. на систематических попытках взглянуть на задачу с какой-то новой точки зрения и тем самым сбить психологическую инерцию. Для этого в синектике используют четыре вида аналогий.

Прямая аналогия – рассматриваемый объект сравнивается с более или менее аналогичным объектом из другой отрасли техники или с объектом из живой природы. Например, если мы хотим усовершенствовать процесс окраски мебели, то применение ПА будет состоять в том, чтобы рассмотреть, как окрашиваются минералы, цветы, птицы и т. д. Или – как окрашивают бумагу, как «окрашивают» телеизображение.

Личная аналогия – ее называют также эмпатией. Решающий задачу человек вживается в образ совершенствуемого объекта, пытаясь выяснить возникающие при этом чувства, ощущения. Например, в предыдущем случае можно представить себя белой вороной, которая хочет как-то окраситься.

Символическая аналогия – обобщенная, абстрактная аналогия. Например, для шлифовального круга символической аналогией будет «точная шероховатость».

Фантастическая аналогия – в задачу вводятся какие-нибудь фантастические существа, выполняющие то, что требуется по условиям задачи. Или какие-нибудь фантастические средства (шапка-невидимка, сапоги-скороходы и т.п.).

Ход синектического заседания обязательно записывается магнитофоном, затем запись тщательно изучается для совершенствования тактики решения.

Синектика – наиболее сильное из того, что есть в зарубежных странах в области методики изобретательства. Но возможности синектики также весьма ограничены.

Лекция 2. Законы развития технических систем

Технические и физические противоречия. Законы развития технических систем. Понятия о повышении идеальности.

Попытаемся уточнить, чем изобретательские задачи отличаются от инженерных или конструкторских задач.

Сравним два изобретения.

Первое: *Способ определения параметров, недоступных прямому наблюдению (например, износостойкости), основанный на косвенном контроле, отличающийся тем, что с целью повышения точности определения искомым параметров по результатам косвенного контроля подбирают изделия в пары (серии) по принципу близости измеренных параметров в одном образце от каждой пары (серии), определяют искомый параметр, разрушая изделие, и распространяют полученный результат на оставшиеся изделия этой пары (серии).*

Чтобы проверить изделия, предлагается весьма простое решение: сломать половину изделий и посмотреть. Правда, тут возникает противоречие: чем большую часть изделий мы ломаем, тем надежнее сможем судить об оставшихся изделиях.

Второе изобретение: *Способ контроля и дефектоскопии однотипных изделий, имеющих скрытые дефекты, например, в виде пустот или инородных включений, отличающийся тем, что с целью упрощения процесса контроля изделие помещают в ванну с электропроводной жидкостью, пропускают через нее электрический ток, а затем воздействуют на жидкость магнитным полем для изменения ее кажущейся плотности до достижения безразличного положения в ней исправных изделий, и наличие дефектов определяют по изменению положения относительно дна ванны.*

Очень похожая задача, но в решении нет противоречия – испытания проводят, не ломая изделий. Использован оригинальный прием: с помощью взаимодействия электрического и магнитного полей жидкость заставляют, как бы менять свою плотность, отчего помещенное в жидкость изделие тонет или всплывает (в зависимости от наличия или отсутствия дефектов).

Изобретательские задачи часто путают с задачами техническими, инженерными, конструкторскими. Построить обычный дом, имея готовые чертежи и расчеты, – задача техническая. Рассчитать обычный мост, пользуясь готовыми формулами, – задача инженерная. Спроектировать удобный и дешевый автобус, найдя компромисс ме-

жду «удобно» и «дешево», – задача конструкторская. При решении этих задач не приходится преодолевать противоречия.

Задача становится изобретательской только в том случае, если для ее решения необходимо преодолеть противоречие.

Не сталкиваемся мы с противоречиями и при решении задач первого уровня. Строго говоря, это задачи конструкторские, а не изобретательские.

В самом факте возникновения изобретательской задачи уже присутствует противоречие: **нужно что-то сделать, а как это сделать – неизвестно.**

Такие противоречия принято называть **административными** (АП). Выявлять административные противоречия нет необходимости, они лежат на поверхности задачи. Но и эвристическая, «подсказывательная» сила таких противоречий равна нулю: они не говорят, в каком направлении надо искать решение.

В глубине административных противоречий лежат **технические противоречия** (ТП): если известными способами улучшить одну часть (или один параметр) технической системы, недопустимо ухудшится другая часть (или другой параметр). Технические противоречия часто указаны в условиях задачи, но столь же часто исходная формулировка ТП требует серьезной корректировки. Зато правильно сформулированное ТП обладает определенной эвристической ценностью. Правда, формулировка ТП не дает указания на конкретный ответ. Но она позволяет сразу отбросить множество «пустых» вариантов: заведомо не годятся все варианты, в которых выигрыш в одном свойстве сопровождается проигрышем в другом.

Каждое ТП обусловлено конкретными физическими причинами.

Возьмем для примера такую задачу: *При полировании оптических стекол необходимо под полировальник (он сделан из смолы) подавать охлаждающую жидкость. Пробовали делать в полировальнике сквозные отверстия и различные поры для подачи жидкости, но «дырчатая» поверхность полировальника работает хуже сплошной. Как быть?*

Техническое противоречие здесь уже указано: охлаждающая способность «дырчатого» полировальника вступает в конфликт с его способностью полировать стекло. В чем причина конфликта?

«Дырка» хорошо пропускает охлаждающую жидкость, но, естественно, не может сдирать частицы стекла. Твердые участки полировальника, наоборот, способны сдирать частицы стекла, но не в со-

стоянии пропускать воду. Следовательно, поверхность полировальника должна быть твердой, чтобы сдирать частицы стекла, и «пустой», чтобы пропускать охлаждающую жидкость. Это – **физическое противоречие** (ФП): к одной и той же части системы предъявляются взаимопротивоположные требования.

В физических противоречиях столкновение конфликтующих требований предельно обострено. Поэтому на первый взгляд ФП кажутся абсурдными, заведомо неразрешимыми. Как сделать, чтобы вся поверхность полировальника была сплошной «дыркой» и в то же время сплошным твердым телом?! Но именно в этом, в доведении противоречия до крайности, и проявляется эвристическая сила ФП. Поскольку одна и та же часть вещества не может быть в двух разных состояниях, остается развести, разъединить противоречивые свойства простыми физическими преобразованиями. Можно, например, разделить их в пространстве: пусть объект состоит из двух частей, обладающих разными свойствами. Можно разделить противоречивые свойства во времени: пусть объект поочередно обладает то одним свойством, то другим. Можно использовать переходные состояния вещества, при которых на время возникает что-то вроде сосуществования противоположных свойств. Если, например, полировальник сделать из льда с вмороженными в него частицами абразива, лед при полировании будет плавиться, обеспечивая требуемое сочетание свойств: полирующая поверхность остается твердой и в то же время сквозь нее везде как бы проходит холодная вода.

Мы рассмотрели с Вами понятия **технического и физического противоречий**, которые активно используются в ТРИЗ.

Теперь рассмотрим **законы развития технических систем**.

Обращает на себя внимание, что в рассмотренных выше используемых на Западе в XX веке методах решения изобретательских задач попытка решения задач идет «от человека». Не объективные законы развития, а человек ставится во главу угла. Принимается, что решение человек (команда) знает, но это решение надо «вытащить» из подсознания.

Фактически при таком подходе игнорируются (не учитываются) объективные закономерности исторического развития науки и техники, но, очевидно, что только знание объективных законов развития может помочь решать изобретательские задачи.

Подобные закономерности можно установить на основе изучения патентного фонда. Проведя анализ более 40000 изобретений,

Г.С. Альтшуллер сформулировал объективные **законы развития технических систем**.

Момент рождения новой технической системы (ТС) – самый ответственный во всей ее «жизни». При образовании системы отдельные элементы объединяются в единое целое и появляется новое (системное) свойство, не сводящееся к свойствам отдельных элементов. Так, система «самолет» обладает свойством летать, которым ни один из ее элементов не обладает. Но таким свойством не обладает и простая сумма тех же элементов, так как для создания системы нужна особая совокупность взаимосвязанных элементов. Подбор и взаимосвязывание элементов должны осуществляться целенаправленно. Только тогда можно ожидать появления системного свойства (сверхсвойства, т. е. неожиданной весомой добавки к сумме свойств элементов). По каким же правилам должна «складываться» система?

Законы развития технических систем можно разделить на три группы: «статику», «кинематику» и «динамику». Начнем со «статики» – законов, которые определяют начало жизни технических систем.

1. Закон полноты частей системы: Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы.

Каждая техническая система должна включать четыре основные части: двигатель (Дв), трансмиссию (Тр), рабочий орган (РО) и орган управления (ОУ). Все первые ТС развились из орудий труда: требовалось увеличение полезной функции рабочих процессов, а человек не мог обеспечить нужную мощность. Тогда сила человека заменялась двигателем, появлялась трансмиссия (связь, по которой передается энергия от двигателя на рабочий орган), и орудие труда превращалось в рабочий орган машины. А человек выполнял только роль органа управления.

Например, мотыга и человек – это не ТС. Возникновение ТС связано с изобретением плуга в неолите: плуг (рабочий орган) бороздит землю, дышло (трансмиссия) припрягается к скоту (двигателю), а рукоятью плуга управляет человек (орган управления).

Сначала плугом только рыхлили. Факторы внешней среды (например, параметры почвы: твердость, влажность, глубина) заставляли искать наилучшую форму плуга. Затем увеличилась потребность: для

уничтожения сорняков пласт надо не только рыхлить, но и переворачивать. Изобрели отвал (косо поставленная доска, в которую упирается поднятый лемехом пласт и валится набок). Развиваясь, отвал приобретает плавную выгнутую форму (полуцилиндрическую или винтовую). В XVIII в. появился цельнометаллический плуг, в XX в. – трактор и т.д.

Знание закона позволяет безошибочно определить, является ли данная совокупность элементов технической системой. ТС появляется, как только к рабочему органу вместо человека «пристраиваются» трансмиссия и двигатель. Причем двигатель не следует путать с источником энергии (они совпадают, но не всегда) – энергия может поступать также извне (в том числе от человека), в двигателе она преобразуется в нужный для технической системы вид.

Например, лук – это ТС, так как здесь имеются в наличии РО (стрела), Тр (тетива) и Дв (натянутая тетива и согнутая дуга), а человек – источник энергии и орган управления. Заметьте, что один из элементов (тетива) выполняет двойную функцию (Тр и Дв) – эта особенность (совмещение функций) часто встречается на первом этапе развертывания ТС.

Смысл закона 1 заключается в том, что для синтеза технической системы необходимо наличие этих четырех частей и их минимальная пригодность к выполнению функций системы, ибо сама по себе работоспособная часть системы может оказаться неработоспособной в составе той или иной технической системы.

Например, двигатель внутреннего сгорания, сам по себе работоспособный, оказывается неработоспособным, если его использовать в качестве двигателя подводной лодки.

Закон 1 можно пояснить так: техническая система жизнеспособна в том случае, если все ее части не имеют «двоек», причем «оценки» ставятся по качеству работы данной части в составе системы. Если хотя бы одна из частей оценена «двойкой», система нежизнеспособна даже при наличии «пятерок» у других частей.

Аналогичный закон применительно к биологическим системам был сформулирован Либихом еще в середине прошлого века («закон минимума»).

Из закона 1 вытекает очень важное для практики **следствие: Чтобы техническая система была управляемой, необходимо, чтобы хотя бы одна ее часть была управляемой.**

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

Знание этого следствия позволяет лучше понимать суть многих задач и правильнее оценивать полученные решения.

Возьмем, например, **задачу** о запайке ампул. *Существует способ групповой запайки ампул. 25 ампул, заполненных лекарством, устанавливают вертикально в гнездах металлического держателя (пять рядов по пять ампул). Сверху подводят групповую горелку (пять рядов по пять горелок). Над каждой ампулой оказывается горелка. Огонь запавает капилляры ампул. К сожалению, способ имеет недостаток: пламя плохо регулируется. Оно то слишком большое, то слишком маленькое. Некоторые ампулы перегреваются, некоторые не запаваются. Можно, конечно, пустить огонь на полную мощность. Тогда все ампулы запаваются, но в большинстве ампул от перегрева испортится лекарство. Можно, наоборот, пустить очень слабый огонь. Тогда ни в одной ампуле не испортится лекарство, но многие ампулы не запаваются. Пробовали использовать перегородку – пластинку с дырками, прикрывающую ампулы. Однако если капилляры свободно проходят в дырки, то проходит и огонь. А если капилляры проходят в дырки без зазоров, сложно и долго вставлять ампулы в такую пластинку. К тому же она тоже нагревается и передает тепло ампулам. Как быть?*

Дана система из двух неуправляемых частей: ампулы вообще неуправляемы – их характеристики нельзя (невыгодно) менять, а горелки плохо управляемы по условиям задачи. Ясно, что решение задачи будет состоять во введении в систему еще одной части (вепольный анализ, с которым мы познакомимся позже, сразу подсказывает: это вещество). Какое вещество (газ, жидкость, твердое тело) не пустит огонь туда, куда он не должен пройти, и при этом не будет мешать установке ампул? Газ и твердое тело отпадают, остается жид-

кость, вода. *Поставим ампулы в воду так, чтобы над водой поднимались только кончики капилляров.*

Система приобретает управляемость: можно менять уровень воды – это обеспечит изменение границы между горячей и холодной зонами. Можно менять температуру воды – это гарантирует устойчивость системы в процессе работы.

2. Закон «энергетической проводимости» системы: Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является сквозной проход энергии по всем частям системы.

Любая техническая система является преобразователем энергии. Отсюда очевидна необходимость передачи энергии от двигателя через трансмиссию к рабочему органу. Передача энергии от одной части системы к другой может быть вещественной (вал, шестерни, рычаги и т. д.), полевой (магнитное поле) и вещественно-полевой (передача энергии потоком заряженных частиц). Многие изобретательские задачи сводятся к подбору того или иного вида передачи энергии, наиболее эффективного в заданных условиях.

Такова **задача** о нагреве вещества внутри вращающейся центрифуги. *В центрифуге в течение длительного времени должны идти химические реакции, для этого необходимо поддерживать внутри центрифуги температуру 250°C. Поставить центрифугу в термостат нельзя (она слишком велика). Подавать электрический ток внутрь быстро вращающейся центрифуги? Сложно, да и как контролировать температуру внутри центрифуги? Использовать нагрев инфракрасными лучами? Снова возникает вопрос: как контролировать температуру? Ведь измерение температуры на поверхности центрифуги – это совсем не то... Как быть?*

Вне центрифуги энергия есть. Имеется и «потребитель», он находится внутри центрифуги. Суть задачи – в создании «энергетического моста». Такого рода «мосты» могут быть однородными и неоднородными. Если вид энергии меняется при переходе от одной части системы к другой – это неоднородный «мост». В изобретательских задачах чаще всего приходится иметь дело именно с такими мостами. Так, в задаче о нагреве вещества в центрифуге выгодно иметь электромагнитную энергию (ее передача не мешает вращению центрифуги), а внутри центрифуги нужна энергия тепловая.

Особое значение имеют эффекты и явления, позволяющие управлять энергией на выходе из одной части системы или на входе в другую ее часть. В рассматриваемой задаче нагрев может быть обеспечен, если центрифуга находится в магнитном поле, а внутри центрифуги размещен, например, диск из ферромагнетика. Однако по условиям задачи требуется не просто нагревать вещество внутри центрифуги, а поддерживать постоянную температуру около 250°C. Как бы ни менялся отбор энергии, температура диска должна быть постоянной. *Это обеспечивается подачей «избыточного» поля, из которого диск отбирает энергию, достаточную для нагрева до 250°C, после чего вещество диска «само отключается» (переход через точку Кюри). При понижении температуры происходит «само-включение» диска.*

Важное значение имеет следствие из закона 2: Чтобы часть технической системы была управляемой, необходимо обеспечить энергетическую проводимость между этой частью и органами управления.

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

В задачах на измерение и обнаружение можно говорить об информационной проводимости, но она часто сводится к энергетической проводимости, только слабой. Примером может служить решение **задачи** об измерении диаметра шлифовального круга, работающего внутри цилиндра. *Металлический цилиндр обрабатывается изнутри абразивным кругом. В процессе работы круг истирается. Как измерять диаметр круга, не прерывая шлифовки и не выводя круг из «недр» цилиндра?*

Решение задачи облегчается, если рассматривать не информационную, а энергетическую проводимость. Тогда для решения задачи

нужно, прежде всего, ответить на два вопроса: в каком виде проще всего подвести энергию к кругу и в каком виде проще всего вывести энергию сквозь стенки круга (или по валу)?

Ответ очевиден: *в виде электрического тока*. Это еще не окончательное решение, но уже сделан шаг к правильному ответу.

При синтезе ТС следует руководствоваться тремя правилами:

1. надо стремиться к использованию одного поля (одного вида энергии) на все процессы работы и управления в системе. При развитии ТС (развертывании) любые новые подсистемы должны работать на энергии, проходящей сквозь систему, или на бесплатной энергии (из внешней среды, отходы от другой системы);

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

3. если вещества частей системы можно менять, то плохо управляемое поле заменяют на хорошо управляемое по цепочке: гравитационное – механическое – тепловое – магнитное – электрическое – электромагнитное. Одновременно заменяют вещества или вводят в них добавки, обеспечивающие хорошую проводимость энергии (вещества должны быть «прозрачными» для выбранного поля).

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

В задачах первого типа направление движения энергии всегда от источника энергии (двигателя) через трансмиссию к рабочему органу и далее – к изделию.

В задачах второго типа, наоборот, требуется уловить информацию (т. е. энергию или изменение энергии), исходящую от «изделия», т. е. той части ТС или любого процесса в природе и технике, которую (или который) мы измеряем (обнаруживаем, контролируем).

Закон помогает решать задачи. Знание, что в ТС нужна энергетическая проводимость, – уже часть ответа. Поэтому в ходе решения задачи полезно задавать самому себе вопросы:

Есть ли в ТС сквозной проход энергии?

Существует ли хорошая проводимость между частями ТС и органом управления?

Какое поле лучше всего проводят вещества в ТС?

Можно ли применить более управляемое поле?

Какое поле лучше всего использовать для новой подсистемы (имеющееся в ТС или «даровое»)?

В системе должна быть также хорошая проводимость и для отводов энергии, например, быстрый отвод теплоты трения для предотвращения перегрева ТС.

Остроумно применила это правило, но с прямо противоположными целями группа антифашистов и советских военнопленных, работавшая в войну на заводе фирмы «Даймлер – Бенц». Завод выпускал двигатели, часть которых была запрограммирована на аварию через определенное время работы. Ни одна проверка органов технического контроля Германии не смогла установить истинной причины аварий, и группа так и не была раскрыта. Суть введенного на заводе дефекта состояла в том, что после некоторой наработки двигателя прекращалась подача масла к шатунному подшипнику одного из поршней, подшипник перегревался и происходил отрыв шатуна с поршнем.

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

Закон этот очень простой, он обеспечивает жизнеспособность ТС. В мире нет ничего, что находилось бы в абсолютном покое. Но наиболее «беспокойная» часть мира – техника, в ней все движется, трясется, летит, крутится, т. е. совершает колебания определенной частоты (даже мощные монолиты фундаментов, дома и т. д.). С этой точки зрения абсолютно все системы и их части можно условно разделить на две группы: те, что колеблются, «как нам надо», и те, что колеблются, «как нам не надо». Хорошо работают, а значит, и жизнеспособны только системы, в которых вид колебаний подобран так, чтобы части системы не мешали друг другу и наилучшим образом выполняли полезную функцию.

Различают два вида колебаний: собственные и вынужденные, т. е. часть системы может колебаться, «как ей хочется» или «как ее заставит» колебаться внешняя сила. Частота собственных колебаний – неотъемлемое свойство любой части системы, оно зависит только от характеристик самого объекта (например, от размеров, массы и упругости частей в механических системах, от емкостных и индукци-

онных характеристик в электрических системах и т. д.). Но самое интересное наступает, когда частота внешних силовых (полевых) воздействий совпадает с собственной частотой колебаний – это хорошо всем знакомый резонанс (помните, что может произойти с легким мостом, если рота солдат идет через него в ногу? Вспомните также дребезжание окон от проезжающих автомобилей, раскачивание качелей...). Резонанс может быть и полезным, и вредным. Значит, для того чтобы улучшить работу системы, надо или согласовать колебания частей, или, наоборот, рассогласовать их.

Использование резонанса (или предупреждение его появления) – чрезвычайно выгодный прием: улучшение работы ТС достигается простым изменением элементов (размеров, массы, частоты), в систему ничего не надо вводить нового. Между тем этот закон часто нарушается – есть множество технических решений, в которых ритмика не согласована или согласована во вредном сочетании. Поэтому большой класс задач связан с необходимостью наведения «законного» порядка в неправильно колеблющихся системах.

Рассмотрим конкретный пример. Киносъемочный комплекс – типичная техническая система, включающая ряд элементов: кино-съемочный аппарат, осветительные приборы, звукозаписывающую аппаратуру и т. д. Аппарат ведет съемку с частотой 24 кадра в секунду, причем при съемке каждого кадра затвор открыт очень небольшой промежуток времени, иногда всего одну тысячную секунды. А светильники работают на постоянном токе (или на переменном, но обладают большой тепловой инерцией) и освещают съемочную площадку все время. Таким образом, полезно используется незначительная часть энергии. В основном энергия расходуется на вредную работу: утомляет артистов, нагревает воздух.

Обратите внимание: основные элементы этой системы «живут» каждый в своем ритме. Представьте себе животное с мозгом, работающим по 24-часовому циклу, и лапами, предпочитающими действовать, скажем, по 10-часовому циклу. У мозга наступает время сна, а лапы бодрствуют, они полны сил, по их «часам» полдень, надо бегать...

Эволюция безжалостно бракует такие организмы. Но в технике очень часто создают «организмы с несогласованной ритмикой», а потом долго мучаются из-за присущих им недостатков.

Один из объективных законов развития технических систем состоит в том, что системы с несогласованной ритмикой вытесняются более совершенными системами с согласованной ритмикой.

Так, в приведенном примере нужны безынерционные светильники, работающие синхронно и синфазно вращению шторки объектива. Тогда резко уменьшится расход энергии, улучшатся условия работы артистов.

Приведем пример из другой области техники. *Для обеспечения выемки угля бурят в пласте скважины, заполняют их водой и передают через нее импульсы давления. Частота импульсов определяется случайными факторами, а пласт имеет свою частоту колебаний. Опять обе части системы работают в разных ритмах – явное нарушение закона согласования ритмики. И вот появляется а. с. № 317797, в нем предлагается частоту импульсов установить равной собственной частоте колебаний угольного массива. Изобретения («просто импульсы» и «импульсы с частотой, равной собственной частоте разбуренного массива») разделены промежутком в семь лет. Эти семь потерянных лет – плата за незнание законов развития технических систем.*

Из закона согласования ритмики вытекает ряд правил. **Первое: В технических системах действие поля должно быть согласовано (или рассогласовано) с собственной частотой.**

Примеры на согласование ритмики (использование резонанса):

Способ резки стекла путем нанесения надреза на его поверхность и сообщения стеклу акустических колебаний с частотой, равной частоте собственных колебаний стекла (т. е. вместо ненадежного постукивания по обратной стороне надреза предложено озвучивать стекло – оно само расколется по намеченной линии);

Способ распускания закристаллизовавшегося в сотах меда электромагнитным СВЧ-полем с частотой, равной резонансной частоте диполей воды (т.е. вместо подогрева всего меда, что может снизить его качество, предложено разогреть только молекулы воды);

Способ местного теплового воздействия на нервные волокна ритмически изменяющимся тепловым полем с частотой в ритме дыхания;

Способ массажа вибрационным аппаратом в ритме сердечных сокращений;

Описано самое простое и эффективное устройство для оповещения о приближающемся поезде; оно представляет собой корпус, стерженек, мембрану и резонатор (рупор) – корпус закрепляется на рельсе, и устройство во много раз усиливает его гудение.

Тот же «принцип резонатора» когда-то использовали в концертных залах. В один такой удивительный зал в Каменском (ныне г. Днепродзержинск) специально приезжал в 1912 г. Ф. Шаляпин. Когда он взял высокую ноту, в канделябрах и бра погасли свечи. Секрет разгадали лишь недавно: в стены и потолок добавлено битое стекло, а под паркетом уложен слой бутылок (множество маленьких резонаторов, «настроенных» на высокую частоту, в какой-то момент они создавали сильную звуковую волну, которая и гасила пламя).

Примеры использования резонанса в задачах на измерение: Собственная частота колебаний – универсальная характеристика. Если любое тело заставить колебаться и при этом плавно изменять частоту, то настанет момент резонанса – по этой частоте можно определить характеристики тела.

Например, взвесить, не взвешивая:

Способ измерения массы жидкости в резервуаре путем измерения резонансной частоты резервуара.

Способ измерения веса движущейся нити путем измерения резонансной частоты на участке нити между двумя роликами;

Способ определения степени опорожнения вымени коровы при машинном доении путем измерения резонансной частоты вымени.

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

Например, фирма «Маркони Авионикс» разработала устройство для определения уровня угля в бункере глубиной до 80 м. В описании говорится, что оно включает радар когерентного типа, микропроцессор, дисплей, пульт управления и т. д. Не слишком ли сложно? Давно известен способ медицинской диагностики – простукивание грудной клетки человека. На похожем принципе основан универсальный способ измерения объема любых сыпучих (или жидких) материалов в емкости по объему воздуха над ними. Достаточно озвучить емкость, измерить частоту звучания воздуха, и по этой характеристике можно определить объем воздуха, а значит, и объем материала.

Примеры на рассогласование ритмики (антирезонанс):

Дисковая пила визжит потому, что ее зубья расположены через равные промежутки и ударные волны складываются в сильные резонансные колебания. Для разрушения резонанса достаточно сделать зубья с разной величиной, шагом или отгибом от плоскости резания.

При ветре провода линий электропередачи раскачиваются, и если с их колебаниями совпадут порывы ветра, то возможен обрыв проводов; для исключения резонансных явлений одна из проволок в проводе сделана большего, чем остальные, диаметра.

Во время войны путь через Ладожское озеро в осажденный Ленинград – знаменитая Дорога жизни – был под постоянным прицелом фашистов. Но неожиданно возникла тревожная ситуация: толстый зимний лед начал сам по себе трескаться и разрушаться под колонной грузовиков, без фашистских бомб. Физики быстро разобрались, что виноват резонанс, и предложили изменить интервалы движения машин так, чтобы образующиеся волны гасили друг друга.

Эффективный способ уйти от резонанса – применение качающихся со смещенным центром тяжести массивных элементов. Например, в а. с. 673995 предложен регулятор давления, в котором для гашения возникающих колебаний использован груз со смещенным центром тяжести.

Тот же принцип заложен в проектах двух небоскребов (США) высотой 520 м – на верхнем этаже будет установлен массивный скользящий противовес.

Второе правило: В технических системах должны быть согласованы (или рассогласованы) частоты используемых полей.

В Англии выпущен бесшумный вентилятор со встроенным микрофоном и громкоговорителем: шум мотора и лопастей улавливается микрофоном, преобразуется электронным блоком в звук с противоположной фазой, воспроизводится громкоговорителем, шум полностью нейтрализуется.

В выставочных залах, аэропортах, холлах гостиниц и т. п. требуется на разные участки пространства передавать через динамики разную информацию. Но если на потолке или стенах разместить десятки динамиков, вещающих на разных языках, получится невообразимая мешанина звуков. Как быть? В Японии предложено накладывать голоса дикторов на ультразвуковые колебания (модуляция), излучаемые динамиками. При этом каждый динамик излучает два направленных

противофазных ультразвуковых луча, лучи пересекаются в нужной зоне зала, гасят друг друга, и остается только голос диктора.

Во время землетрясений мощные сейсмические волны могут попасть в резонанс с естественными вибрациями зданий высотой от 8 до 15 этажей (так было в Мехико в 1985 г.). По а. с. 1067147 предложено способ гашения сейсмических колебаний с помощью выполненного в земле экран из магнитопроницаемого вещества, через который пропускают импульсы электрического тока.

Третье правило: Если два действия, например, изменение и измерение, несовместимы, одно действие осуществляют в паузах другого. Вообще: пауза в одном действии должна быть заполнена другим полезным действием.

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

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

К «кинематике» относятся законы, определяющие развитие технических систем независимо от конкретных технических и физических факторов, обуславливающих это развитие.

4. Закон увеличения степени идеальности системы: Развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности.

Идеальная техническая система – это система, вес, объем и площадь которой стремятся к нулю, хотя ее способность выполнять работу при этом не уменьшается. Иначе говоря, идеальная система – это когда системы нет, а функция ее сохраняется и выполняется.

Несмотря на очевидность понятия «идеальная техническая система», существует определенный парадокс: реальные системы становятся все более крупноразмерными и тяжелыми. Увеличиваются размеры и вес самолетов, танкеров, автомобилей и т. д. Парадокс этот объясняется тем, что высвобожденные при совершенствовании системы резервы направляются на увеличение ее размеров и, главное, повышение рабочих параметров. Первые автомобили имели скорость 15-20 км/ч. Если бы эта скорость не увеличивалась, постепенно появились бы автомобили, намного более легкие и компактные с той же прочностью и комфортабельностью. Однако каждое усовершенство-

вание в автомобиле (использование более прочных материалов, повышение к. п. д. двигателя и т. д.) направлялось на увеличение скорости автомобиля и того, что «обслуживает» эту скорость (мощная тормозная система, прочный кузов, усиленная амортизация). Чтобы наглядно увидеть возрастание степени идеальности автомобиля, надо сравнить современный автомобиль со старым рекордным автомобилем, имевшим ту же скорость (на той же дистанции). Видимый вторичный процесс (рост скорости, мощностей, тоннажа и т. д.) маскирует первичный процесс увеличения степени идеальности технической системы. Но при решении изобретательских задач необходимо ориентироваться именно на увеличение степени идеальности – это надежный критерий для корректировки задачи и оценки полученного ответа.

Рассмотрим подробнее понятие **идеальной машины**.

Каждая машина стремится к определенному идеалу и развивается, так сказать, по своей линии. Но, в конечном счете, эти линии сходятся в одну точку – подобно тому, как сходятся у полюса меридианы. «Полюсом» для всех линий развития является «идеальная машина».

«Идеальная машина» – это условный эталон, обладающий следующими особенностями: вес, объем и площадь объекта, с которым машина работает (то есть транспортирует, обрабатывает, и т. п.), совпадают или почти совпадают с весом, объемом и площадью самой машины. Машина не самоцель, она только средство для выполнения определенной работы.

Например, вертолет предназначен для перевозки пассажиров и грузов. При этом мы вынуждены – именно вынуждены! – «возить» и сам вертолет. Понятно, что вертолет будет тем «идеальнее», чем меньше окажется его собственный вес (при условии, что другие качества не ухудшатся). Идеальный вертолет состоял бы из одной только пассажирской кабины, способной перемещаться с такой скоростью, с какой ее «возит» вертолет.

И еще одна особенность идеальной машины: все ее части все время выполняют полезную работу в полную силу своих расчетных возможностей. Машина существует для того, чтобы работать. Между тем многие машины работают лишь периодически. Больше того, мы привыкли считать машину работающей даже в тех случаях, когда фактически работает какая-то одна ее часть, а остальные части простаивают. Так, машина, перевозящая стеновые панели, простаивает

при каждом рейсе сорок – пятьдесят минут. При погрузке (или разгрузке) работает только кузов машины, а двигатель и ходовая часть бездействуют. Та же автомашина в комплексе с несколькими съемными кузовами почти не теряет времени на погрузку и разгрузку: нагружают один кузов, машина везет другой, а третий кузов уже разгружается, поджидая машину на стройке.

Прогрессивными и действующими в течение долгого времени оказываются только те тенденции, которые приближают реальную машину к идеальной. Взять хотя бы такую тенденцию, как увеличение размеров единичного агрегата. На первый взгляд неясно, почему увеличение размеров приближает машину к идеальной. Но все очень просто: чем больше машина, тем обычно меньше отношение ее собственного веса (объема, площади) к тому весу (объему, площади), с которым она работает. Грузовик, перевозящий три тонны груза, весит полторы тонны. Треть усилий двигателя тратится на то, чтобы «катать» саму конструкцию. Грузовик же, рассчитанный на пятнадцатитонный груз, весит всего пять тонн. Доля «мертвого» груза значительно снижается, а именно это и приближает машину к идеальной. 140-тонный самосвал разгружается за пятнадцать секунд – это намного меньше времени, необходимого для разгрузки двадцати восьми пятитонных машин.

Приступая к решению задачи, изобретатель может резко сузить «угол поисков». Решение должно приближать исходный объект к **идеальной машине**. Определив, какой должна быть в данном случае идеальная машина, изобретатель сразу находит наиболее перспективное направление поисков. Разумеется, в каждом конкретном случае нужно уметь определить идеальную машину. Чем точнее изобретатель представляет себе идеальную машину, тем меньше доля случайности, тем направленнее ведутся поиски. Идеальная машина играет роль маяка, указывающего, куда надо идти. Когда изобретатель ищет решение без такого маяка, его мысли разбегаются под влиянием множества причин.

Понятие об идеальной машине – одно из фундаментальных для всей методики изобретательства. Многие трудные задачи только потому и трудны, что в них содержатся требования, противоречащие главной тенденции в развитии машин – стремлению быть «повоздушнее». В сущности, идеальное решение – это когда машины совсем нет, а результат получается тот же, что и с машиной.

5. Закон неравномерности развития частей системы: Развитие частей системы идет неравномерно: чем сложнее система, тем неравномернее развитие ее частей.

Неравномерность развития частей системы является причиной возникновения технических и физических противоречий и, следовательно, изобретательских задач. Например, когда начался быстрый рост тоннажа грузовых судов, мощность двигателей быстро увеличилась, а средства торможения остались без изменения. В результате возникла задача: как затормозить, скажем, танкер водоизмещением 200 тыс. тонн. Задача эта до сих пор не имеет эффективного решения: от начала торможения до полной остановки крупные корабли успевают пройти несколько миль.

6. Закон перехода в надсистему: Исчерпав возможности развития, система включается в надсистему в качестве одной из частей. При этом дальнейшее развитие идет на уровне надсистемы.

В 1949 г. был объявлен всесоюзный конкурс на холодильный костюм для горноспасателей. Условия: *костюм должен защищать человека в течение двух часов при внешней температуре 100°C и относительной влажности 100%, причем вес костюма не должен превышать 8-10 кг.* Задача считалась принципиально неразрешимой.

Даже при использовании самых сильных хладагентов вес костюма получался больше 20 кг. На человека допустимо «навьючивать» груз в 28-30 кг, но горноспасатель уже несет дыхательный прибор (12 кг) и инструменты (7 кг).

Можно было принять задачу так, как ее поставили организаторы конкурса. В конце концов, если сделать костюм с небольшим запасом льда и отражающей поверхностью, нетрудно уложиться в 8 кг. Конечно, защищать такой костюм будет минут 15-20, не больше. Но все-таки это лучше, чем ничего. Был и другой путь: изменить задачу, создать не холодильный костюм, а другую техническую систему, пойти в обход.

Этот путь выбрали Г.С. Альтшуллер с Р.Б. Шапиро. Задачу они решили так: *выбросили дыхательный прибор, выиграли 12 кг, приплюсовали их к 10 кг, отпущенным на холодильный костюм, рассчитали газотеплозащитный скафандр, работающий на едином холодильном веществе: жидкий кислород испаряется и нагревается, поглощая тепло, а потом идет на дыхание.* Получили огромный запас холодильной мощности (можно час работать в печи при 500°C) и удобную схему дыхания.

Дыхательные приборы существуют 100 лет. Вряд ли даже очень талантливый конструктор смог бы уменьшить их вес (без снижения других качеств) хотя бы на 0,5-1 кг. Но авторы перешли к другой технической системе, в которой дыхательный прибор стал только подсистемой, и выиграли 12 кг. Дыхание теперь обеспечивалось попутно новой главной функции – защите от тепла. Надо было преодолеть психологический барьер.

Подобные барьеры часто возникают, когда неизбежность замены системы становится очевидной, но предел развития данной системы воспринимается как предел развития вообще. Гипнотизирует кажущаяся невозможность отказаться от привычной технической системы.

Например, в 30-е годы в развитых странах быстро росло количество кинотеатров на душу населения. Но казалось совершенно очевидным, что спад начнется задолго до того, как на каждого человека придется один кинозал. На самом деле этого не произошло: появились телевизоры (кинозалы на одного человека).

Следует обратить внимание на чрезвычайно важную особенность: телевизор – не только кино, но и показ событий, трибуна для выступлений, «газета в картинках» и т. д. Телевидение стало следующей после кино «ступенькой», вобрав его в себя в качестве подсистемы. Простое же домашнее кино с кинопроектором в середине прошлого века подлинно массового распространения не получило.

Система *Б* приходит на смену системе *А*, включая ее в качестве одной из подсистем, – этот прием используется системой *Б*, чтобы преодолеть давящее действие системы *А* и блокирующее влияние инерции интересов. Остроумный способ преодоления противоречия: система *А* сохраняется и не сохраняется...

На смену автомобилю, возможно, придет не электромобиль, а система, которая будет включать автомобиль (или эквивалентное ему транспортное средство) в качестве одной из подсистем.

Закон «Техническая система поднимается на качественно новый уровень, становясь подсистемой более общей системы», чрезвычайно важен для понимания механики развития технических систем. Чтобы правильно применять этот закон при прогнозировании развития технических систем, нужно твердо помнить, что развитие неодолимо: техническая система будет развиваться, несмотря на все «невозможно», но в другом (подчас неузнаваемом) облике (став подсистемой другой системы).

Лекция 3. Законы увеличения степени вепольности и динамизации технических систем

Законы о переходе с макро- на микроуровень, увеличения степени вепольности и динамизации технических систем. Развитие технических систем. Ведущие и ведомые области техники. Схема творческого процесса. Главная полезная функция технической системы (ГПФ).

Перейдем к «динамике». Она включает законы, отражающие развитие современных технических систем под действием конкретных технических и физических факторов. Законы «статики» и «кинematики» универсальны – они справедливы во все времена и не только применительно к техническим системам, но и к любым системам вообще (биологическим и др.). «Динамика» отражает главные тенденции развития технических систем именно в наше время.

7. Закон перехода с макроуровня на микроуровень: Развитие рабочих органов системы идет сначала на макро-, а затем на микроуровне.

В большинстве современных технических систем рабочими органами являются «железки», например, винты самолета, колеса автомобиля, резцы токарного станка, ковш экскаватора и т. д. Возможно развитие таких рабочих органов в пределах макроуровня: «железки» остаются «железками», но становятся более совершенными. Однако неизбежно наступает момент, когда дальнейшее развитие на макроуровне оказывается невозможным. Система, сохраняя свою функцию, принципиально перестраивается: ее рабочий орган начинает действовать на микроуровне. Вместо «железок» работа осуществляется молекулами, атомами, ионами, электронами и т. д.

Переход с макро- на микроуровень – одна из главных (если не самая главная) тенденций развития современных технических систем. Поэтому при обучении решению изобретательских задач особое внимание приходится обращать на рассмотрение перехода «макро - микро» и физических эффектов, реализующих этот переход.

8. Закон увеличения степени вепольности: Развитие технических систем идет в направлении увеличения степени вепольности.

Смысл этого закона заключается в том, что невепольные системы стремятся стать вепольными, а в вепольных системах развитие идет в направлении перехода от механических полей к электромаг-

нитным, увеличения степени дисперсности веществ, числа связей между элементами и отзывчивости системы.

Для получения представлений о понятии **веполь** рассмотрим несколько изобретательских задач.

Задача А: *Нужен способ, позволяющий быстро и точно обнаруживать в холодильных агрегатах неплотности, через которые просачивается жидкость (фреон, масло, водоаммиачный раствор).*

Задача Б: *Как определить степень затвердевания полимерного состава при изготовлении изделий из полимеров? Непосредственно измерить («пощупать») невозможно.*

Задача В: *Как контролировать интенсивность движения частиц сыпучего материала при псевдооживлении?*

Задача Г: *Нужно предложить легко извлекаемый клин.*

Задачи относятся к разным отраслям техники и описывают разные ситуации, в каждой из которых свои трудности.

В задаче А требуется быстро и точно отыскать маленькие капельки жидкости: «быстро» конфликтует с «точно».

В задаче Б надо ввести датчик в середину затвердевающей массы – и нельзя этого делать, поскольку датчик не должен там оставаться.

В задаче В датчик можно поместить в сыпучий материал, но какой именно датчик? При одном и том же давлении сыпучие материалы могут двигаться с разной интенсивностью.

Задача Г заставляет сразу подумать о различных механизмах, встроенных в клин. Отчетливо видно техническое противоречие: выигрыш в силе, необходимой для извлечения клина, оплачивается усложнением устройства механизированного клина.

Что общего в этих задачах?

Разумеется, все задачи содержат технические и физические противоречия. Но на этом видимое сходство заканчивается, потому что противоречия в задачах разные.

Сравним теперь изобретения, являющиеся решениями этих задач.

Ответ к задаче А: *Способ обнаружения неплотностей в холодильных агрегатах, заполняемых фреоном и маслом (преимущественно домашних холодильников), отличающийся тем, что с целью повышения точности определения мест утечки в агрегат вместе с маслом вводят люминофор, освещают агрегат в затемненном по-*

мещении ультрафиолетовыми лучами и определяют места утечки по свечению люминофора в просачивающемся через неплотности масле.

Ответ к задаче Б: *Способ определения степени затвердевания (размягчения) полимерных составов, отличающийся тем, что с целью неразрушаемого контроля в состав вводят магнитный порошок и измеряют изменение магнитной проницаемости состава в процессе его затвердевания.*

Ответ к задаче В: *Акустический способ индикации псевдооживления сыпучих материалов, отличающийся тем, что с целью непосредственного контроля начала и интенсивности движения частиц в среду сыпучего материала вводят металлический стержень – звукопровод, являющийся датчиком звуковых колебаний, которые преобразуются в электромагнитные.*

Ответ к задаче Г: *Устройство для заклинивания, содержащее клин и клиновую прокладку, отличающееся тем, что с целью облегчения извлечения клина клиновья прокладка выполнена из двух частей, одна из которых легкоплавкая.*

Попробуем сопоставить то, что дано в условиях задач, с тем, что получено в результате решения.

В условиях задачи А дано вещество (капелька жидкости). В решении введено второе вещество (люминофор) и поле (ультрафиолетовое излучение). Аналогичная ситуация и в задаче Б: дано вещество (полимер), введено второе вещество (ферромагнитный порошок) и поле (магнитное).

Та же картина в двух других задачах: добавлено второе вещество (стержень, прокладка) и поле (акустическое, тепловое).

Получается, что каждый раз, когда дано одно вещество, приходится добавлять второе вещество и поле. Зачем?

Ответить на этот вопрос нетрудно: чтобы поле через второе вещество воздействовало на первое вещество или, наоборот, чтобы первое вещество через второе давало на выходе поле, несущее информацию.

В самом деле, очевидно, что нет поля, которое умело бы обнаруживать маленькие капельки фреона или масла. Но есть ультрафиолетовое излучение, которое легко обнаруживает даже ничтожные количества люминофоров, и вот мы вводим эту пару – поле и второе вещество, связывающее поле с первым (исходным) веществом.

Обозначим поле буквой П, первое вещество V_1 , второе вещество – V_2 . Связи будем обозначать стрелками. Тогда для задачи А можно написать схему решения (двойная стрелка направлена от «дано» к «получено») (рис. 3.1):

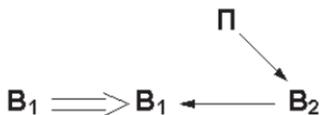


Рис. 3.1

У задачи Б такая же схема решения, но вещество V_2 само создает поле, зависящее от состояния V_2 , которое, в свою очередь, зависит от состояния V_1 .

В решениях взятых нами задач присутствуют три «действующих лица»: вещество V_1 , которое надо менять, обрабатывать, перемещать, обнаруживать, контролировать и т. д. Вещество V_2 – «инструмент», осуществляющий необходимое действие. Поле П, которое дает энергию, силу, т. е. обеспечивает воздействие V_2 на V_1 (или их взаимодействие).

Нетрудно заметить, что эти три «действующих лица» необходимы и достаточны для получения требуемого в задаче результата. Само по себе поле или сами по себе вещества никакого действия не производят. Чтобы сделать что-то с веществом V_1 нужны инструмент (вещество V_2) и энергия (поле П).

Можно сказать иначе. В любой изобретательской задаче есть объект: в задаче А – капельки жидкости, в задаче Б – полимер и т. д.

Этот объект не может осуществлять требуемого действия сам по себе, он должен взаимодействовать с внешней средой (или с другим объектом). При этом любое изменение сопровождается выделением, поглощением или преобразованием энергии.

Два вещества и поле могут быть самыми различными, но они необходимы и достаточны для образования минимальной технической системы, получившей название **веполь** (от слов «вещество» и «поле»).

Вводя понятие о веполе, мы используем три термина: вещество, поле, взаимодействие (воздействие, действие, связь).

Под термином «вещество» понимаются любые объекты независимо от степени их сложности. Лед и ледокол, винт и гайка, трос и груз – все это «вещества».

Взаимодействие – всеобщая форма связи тел или явлений, осуществляющаяся в их взаимном изменении.

Сложнее обстоит дело с определением понятия поля. В физике полем называют форму материи, осуществляющую взаимодействие между частицами вещества. Различают четыре вида полей: электромагнитное, гравитационное, поля сильных и слабых взаимодействий. В технике понятие поля используют шире: это пространство, каждой точке которого поставлена в соответствие некоторая векторная или скалярная величина. Подобные поля часто связаны с веществами – носителями векторных или скалярных величин. Например, поле температур (тепловое поле), поле центробежных сил. Мы будем применять термин «поле» очень широко, рассматривая наряду с «законными» физическими полями и всевозможные «технические» поля – тепловое, механическое, акустическое и т. д.

В решении задачи Г тепловое поле действует на V_2 , меняя механическое взаимодействие между V_2 и V_1 .

В вепольных формулах обычно записывают только поля на входе и на выходе, т. е. поля, которыми по условиям данной задачи можно непосредственно управлять – вводить, обнаруживать, изменять, измерять.

Взаимодействие между веществами указывают без детализации вида взаимодействия (тепловое, механическое и т. д.).

На первых порах представление технических систем в виде веполей наталкивается на чисто психологические трудности. Нечто подобное наблюдается при освоении ребенком понятия «треугольник». Почему три яблока, лежащие в сумке, это не треугольник, а те же три яблока, расположенные на столе, образуют треугольник? Почему три точки дают треугольник и три дома дают треугольник, хотя точки очень маленькие, а дома очень большие?... Эти затруднения довольно быстро преодолеваются.

Зная правила построения и преобразования веполей, можно легко решать многие трудные изобретательские задачи.

Первое правило, с которым мы уже познакомились, состоит в том, что невепольные системы (один элемент – вещество или поле) и неполные вепольные системы (два элемента – поле и вещество, два вещества) необходимо – для повышения эффективности и управляемости – достраивать до полного веполя (три элемента – два вещества и поле).

Рассмотрим **задачу** о разделении щепы древесины и коры: *Кривые стволы и сучья деревьев перерабатывают «в щепу». Получается смесь кусков коры и щепы древесины. Как отделить куски коры от щепы древесины, если они очень мало отличаются по плотности и другим характеристикам?*

В ней даны два вещества, и, следовательно, для достройки веполя необходимо ввести поле. Огромное поисковое пространство резко сужается: нужно рассмотреть всего несколько вариантов. В сущности, если отбросить поля сильных и слабых взаимодействий (в данной задаче они явно ведут к слишком сложным решениям), остаются два «законных» поля: электромагнитное и гравитационное. Учитывая ничтожную разницу в удельном весе щепы и коры, следует сразу отбросить и гравитационное поле. Остается одно поле – электромагнитное. Поскольку магнитное поле не действует на кору и древесину, можно сразу ставить решающий эксперимент: как они ведут себя в электрическом поле?

Оказывается, в электрическом поле частицы коры заряжаются отрицательно, а частицы древесины – положительно. Это позволяет построить сепаратор, обеспечивающий их надежное разделение.

Ну, а если бы частицы коры и древесины не электризовались? И в этом случае правило о постройке веполя сохраняет силу. Задача состоит в том, чтобы удалить один их вид. Следовательно, мы имеем право считать, что дано одно вещество, которое надо перемещать. Достроим веполь: добавим к этому веществу пару «вещество и поле».

Например, *до раздробления ствола и ветвей нанесем на кору ферромагнитные частицы, а затем – после дробления – используем для сепарации магнитное поле.* Тут уже не требуются эксперименты: магнитное поле заведомо способно перемещать «омагниченную» кору.

Возможность строить «комплексные» веполи намного расширяет область применения правила о достройке веполя. Правило достройки веполя непосредственно вытекает из самого определения понятия «веполь»: минимально полная техническая система заведомо эффективнее неполной системы, поэтому данные в задачах невепольные и неполные вепольные системы надо достраивать до полных веполей.

Вепольные формулы представляют собой готовые модели решений – это часть большого класса стандартных решений изобретательских задач. Они потому и стандартны, что характерны для часто встречающихся изобретательских задач. Эти многие тысячи изобре-

тательских задач были проанализированы на основе закономерностей развития технических систем, а их решения представлены в виде сочетаний приемов разрешения ТП и физэффектов и сведены в единый ряд стандартных моделей решений. Составлены эти готовые модели решений так, что ТП при их применении преодолеваются автоматически. Конечно, такие «концентраты, готовые к употреблению», удобны, они позволяют, часто не задумываясь и не формулируя ТП, решить изобретательскую задачу. Эти стандарты мы рассмотрим в лекциях 8-11.

Вепольные «рецепты» подсказывают, как преобразовать вепольную систему, чтобы осуществить устранение ТП: если можно, то надо ввести добавку внутрь вещества, если нельзя – то снаружи, или использовать внешнюю среду и т.д. В вепольных формулах ТП, а часто и ФП преодолеваются в неявной форме, и в преобразованной технической системе уже нет противоречия. Но при любой заминке надо провести тщательный анализ ТП, выйти на ФП и применить подходящий физэффект.

9. Закон динамизации: Жесткие системы, для повышения их эффективности, должны становиться динамичными, т. е. перейти к более гибкой, быстро меняющейся структуре.

Закон динамизации ТС настолько ясно диктует необходимые изменения в системе, что часто даже не возникает «развилки» – решение сразу становится очевидным. На законе основаны два стандартных направления решения:

1) **динамизация вещества** системы. Динамизация обычно начинается с разделения вещества на две шарнирно соединенные части. Далее динамизация идет по линии: один шарнир – много шарниров – гибкое вещество – жидкость – газ. Иногда динамизация заканчивается заменой вещественной связи полевой;

2) **динамизация поля** в простейшем случае осуществляется переходом от постоянного действия к импульсному действию.

Использование в изобретательской практике закона динамизации (как и всех других законов) предельно упрощает не только процесс решения, но и поиск задач. Если мы знаем, что любая ТС проходит стадию динамизации, нужно определить, на каком этапе она в данный момент находится, и сделать следующий шаг. Единственная трудность – определение «больного» места в ТС.

Для этого нужно знать простое правило: **Динамизируется, в первую очередь, та часть системы, которая испытывает в данный момент наиболее сильное действие факторов, сдерживающих ее развитие.**

Факторы могут быть природные, социальные, от других ТС. В простейшем случае это сила, пытающаяся сломать часть системы. Чтобы эта часть не ломалась, именно в этом месте и ставят шарнир.

Возьмем, например, утюг. Чаще всего в нем нарушается целостность шнура в месте его выхода из корпуса – из-за перегибов и перекручивания при движении утюга (сила двигающей утюг руки «ломает» шнур в этом месте). Значит, первым шагом динамизации должно быть шарнирное подсоединение шнура к утюгу, как это и предложено в а. с. 1161614. Удивительнее всего то, что изобретение сделано в 1985 г., т. е. с опозданием на несколько десятилетий. Незнание закона дорого обходится обществу.

Примеры на введение одного шарнира:

Во Франции выпускается строительный кран с передвигающейся вверх-вниз кабиной для облегчения работы крановщика (расширяется поле зрения во время погрузки-разгрузки).

Гайка с отделяющейся резьбой; если такую гайку освободить от корпуса, резьбовая часть свободно снимается с болта без свинчивания;

Вращающаяся юбка для танцевальных трюков (пояс юбки состоит из двух концентрических колец: внешнее, с закрепленной на нем юбкой, свободно вращается относительно внутреннего).

Примеры на введение многих шарниров:

Сопло реактивного двигателя в виде телескопической раздвижной трубы. При запуске раздвигается, при транспортировке складывается;

Сейсмостойкий дом на конусных шарнирах между каркасом здания и сваями.

В Финляндии создана машина для очистки от кустарника и мелкокося лесных дорог, просек и откосов, в которой часто ломающиеся о камни ножи заменены цепями (цепь вращается со скоростью сотни оборотов в минуту и, как бритва, срезает поросль, обтекаемая камнями).

Примеры на введение гибких элементов:

Инструмент для обработки глубоких глухих отверстий в виде пружины, в торцевые витки которой вправлены алмазные зерна;

Сверло из многослойной ленты, завитой в спираль;

Фильтрующий элемент для очистки газов и жидкостей в виде пружины с небольшими зазорами между витками, через которые проходит очищаемый поток, но задерживаются загрязнения; как только количество задержанных загрязнений достигает критической величины, давление внутри пружины возрастает, растягивает пружину и она освобождается от осевших на нее частиц.

Проблема защиты берегов от эрозии (размыва волнами) решена в США – вместо громоздких берегоукрепительных бетонных сооружений (волны со временем разбивают и эти «крепостные стены») используются искусственные водоросли из безвредного для окружающей среды пропилена. Водоросли крепятся на заякоренной трубе вблизи берега и задерживают песчинки, при этом наносы растут по 5-7 см в сутки и гасят энергию волн.

Широкое применение нашли зеркала с изменяемой геометрией (за гибкой зеркальной поверхностью расположена пневматическая или вакуумная камера с изменяемым давлением) – зеркала заднего вида в автомобилях, в солнечных электростанциях, телескопах и т. д.

Типичные примеры на динамизацию:

Рабочий орган центробежного разбрасывателя удобрений, в котором с целью повышения равномерности распределения удобрений путем регулирования угла установки лопаток, лопатки закреплены на эластичной камере с жидкостью. Угол наклона лопаток меняется при изменении количества жидкости в камере.

Вообще, надо помнить, что нет абсолютно жестких конструкций – любую можно согнуть на определенный угол. Хороший прием: чтобы жесткий элемент сделать более гибким, увеличивают его длину.

Например, при строительстве трубопроводов надо стыковать участки длиной в сотни метров. Но сварочные головки автомата действуют только в одной четверти окружности, повернуть весь трубопровод нельзя, поэтому низ стыка сварить невозможно. По а. с. 340495 предложено закручивать трубы на 180° – это никак не отразится на трубопроводе большой длины.

Теперь рассмотрим процесс развития технических систем.

Прием перевода реальной ТС в идеальную, как мы уже говорили, имеет вполне материальное основание. Это главная тенденция развития техники, она имеет многократное подтверждение в истории техники и справедлива для всех современных ТС. Для того, чтобы

увидеть цепочку превращения реальной системы в идеальную, полезно применить простой прием: разместить все события (изменения в ТС) на сжатой (короткой) оси времени и посмотреть, что происходит с ТС, какова самая общая закономерность ее развития. Такое исследование было проведено в самых разнообразных, совершенно не похожих друг на друга системах – из теплотехники, транспорта, связи, вооружения и др.

Остановимся на основных теоретических положениях и проиллюстрируем их примерами. В наиболее общем виде процесс развития можно представить, как ряд последовательных событий (изобретений) на оси времени от момента возникновения ТС до сегодняшнего дня и далее в будущее.

Поскольку всякое изобретение является полезным, т. е. увеличивающим главную полезную функцию (ГПФ) системы (в противном случае изобретение никому не нужно и его нельзя считать изобретением), то целесообразно совместить ось времени со шкалой роста ГПФ системы.

Таким образом, вся история развития ТС – это непрерывная цепь изобретений и усовершенствований с единственной неизменной целью: увеличение ГПФ. Но одна координатная ось мало что дает, можно заметить лишь неравномерность развития: точки (изобретения) расположены то чаще, то реже. Введем вторую ось – сложность ТС. Сложность очень общий показатель, он отражает всю иерархическую организацию системы. ТС (например, автомобиль) всегда возникает «в одиночестве» и состоит из нескольких простых элементов (закон полноты частей системы). С течением времени она усложняется, «обрастает» множеством подсистем, которые, в свою очередь, делятся на еще более мелкие подсистемы и т. д. – до вещества. Одновременно идет количественный рост однотипных ТС (много автомобилей), появляются системы для их обслуживания (автодороги, гаражи, ремонтные службы и т. п.) – все это объединяется в надсистему (автотранспорт), у которой возникает множество дополнительных систем по управлению (светофоры, ГАИ), производству (автозаводы, нефтеперегонные заводы), сервису, обучению, продаже, уничтожению обработавших ТС и т.д.

Все эти изменения, происходящие с ТС, имеют, повторим, одну цель – увеличение ГПФ. Например, для автомобиля это будет увеличение скорости, комфорта и безопасности перемещения человека (грузов) в пространстве.

Переход технических «организмов» от вида А к виду Б подчиняется закономерностям, и ни один изобретатель не может существенно изменить ход развития: перейти, например, от А к Х или повернуть развитие вспять – от Б к А. Развитие системы А идет мелкими «шагами», изменения постепенно накапливаются, и система, в уже сильно измененном виде, превращается в систему Б.

В самом общем виде закономерность развития ТС выглядит так. Начиная с момента своего возникновения, система увеличивает свою ГПФ за счет увеличения сложности, она «обрастает» массой вспомогательных подсистем – это **период развертывания ТС**.

Затем развитие ТС наталкивается на объективные ограничения роста сложности (физические, экономические, экологические) и начинается **период свертывания ТС** – внешне это выглядит как упрощение ТС. На самом деле, полезные функции, найденные на предыдущем этапе развития и воплощенные в дополнительных подсистемах, начинают выполняться «умным» веществом (**идеальным веществом**). Идеальное вещество (ИВ) может поглотить в себя одну или несколько частей ТС.

Самое интересное – разобраться: как делается шаг от одного изобретения к другому? Каков механизм продвижения ТС от точки к точке? Ответив на эти вопросы, мы узнаем сущность процесса развития.

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

1. возникновение потребности;
2. формулирование главной полезной функции – социального заказа на новую ТС;
3. синтез новой ТС;
4. увеличение ГПФ – попытка «выжать» из системы больше, чем она может дать;
5. при увеличении ГПФ ухудшается какая-то часть (или свойство) ТС – возникает техническое противоречие, т. е. появляется возможность сформулировать изобретательскую задачу;
6. решение изобретательской задачи с привлечением знаний из области науки и техники (и даже шире – из культуры вообще);
7. изменение в ТС в соответствии с изобретением;
8. увеличение ГПФ (см. шаг 4). И т. д.

Возникновение потребности. Все, что делается в мире техники, делается ради удовлетворения потребности человека и общества. Если в ТС нет нужды, то она никогда не возникает, а если потребность появляется, то с течением времени она становится все более острой и ничто не остановит человека в ее создании.

Расскажем коротко об истории создания летательных аппаратов. Идея полета (или мечта в чистом виде) возникла у человека в незапамятные времена. Впервые предсказал возможность постройки винтокрылых летательных аппаратов Леонардо да Винчи (1475): «Я говорю, что, когда этот прибор, сделанный винтом, сделан хорошо... и быстро приводится во вращение..., винт ввинчивается в воздух и поднимается вверх». Это была идея вертолета. Но Леонардо да Винчи не знал о реактивном моменте от вращения винта и не подозревал, что при таком устройстве, даже если бы хватило мощности людей, полет был бы невозможен, так как вращалась бы в основном гондола, а не винт, имеющий большое сопротивление воздуха.

М.В. Ломоносов в 1754 г. нашел способ разрешить это противоречие, создав модель «аэродинамической машины» – два горизонтально расположенных винта, вращаемых в разные стороны. Модель поднималась в воздух, пружинный двигатель создавал тягу в 10 г.

В 1768 г. англичанин Пенктон выпустил книгу «Теория винта Архимеда», в которой он описал винтокрылый аппарат (птерофор): один винт для подъема, другой – для поступательного движения.

В 1782 г. Парижская академия наук дала заключение о невозможности полета аппаратов тяжелее воздуха, а в 1784 г. французы Лонуа и Бьенвенно создали модель геликоптера и показали ее полеты академикам. Лопастей винтов были из птичьих перьев, два винта вращались соосно – один под другим (идея М.В. Ломоносова, о которой они, возможно, не знали).

В 1783 г. братья Монгольфье подняли в воздух первый воздушный шар, который унес первых воздушных путешественников (петуха, утку, барана). Воздушные шары надолго привлекли внимание общественности.

В 1842 г. англичанин Филлипс построил модель парового реактивного геликоптера (винт – сегнетово колесо). Аппарат продержался в воздухе несколько минут.

В 1870 г. А.Н. Лодыгин разработал «Электролет» и предложил проект Французскому комитету обороны – он хотел помочь францу-

зам в войне с пруссаками. Проект вертолета был впечатляющ – вес 8 т, мощность электродвигателя – 300 л. с.!

В 1871 г. француз А. Пено построил ряд легких остроумных моделей летательных аппаратов. Одна из них попала в руки двух американских мальчиков – братьев Орвилла и Вильбура Райтов.

Дальнейшее хорошо известно: А.Ф. Можайский, братья Райт и т. д.

Как видим, первыми осознают потребность отдельные творческие личности и лишь постепенно потребность в новой ТС становится социальной потребностью. Противоречие между существующим уровнем техники и потребностями общества разрешается при изобретении первой минимальной работоспособной ТС. Но с возникновением ТС появляются и претензии к ней. Они заставляют развиваться систему дальше.

6 октября 1910 г. на беговом ипподроме в Петербурге проводился Всероссийский праздник воздухоплавания. Всеобщее внимание привлекли сложные фигуры пилотажа трех русских асов авиации: М. Ефимова, Л. Мациевича, С. Уточкина. И вдруг на глазах у всех произошло несчастье: из кабины самолета выпал и разбился насмерть Лев Мациевич. Гибель Л. Мациевича потрясла всех зрителей, но для одного из присутствующих этот момент стал поворотным в жизни. Вся жизнь актера Глеба Котельникова с этого дня была посвящена изобретению и совершенствованию парашюта – аппарата для спасения жизни авиаторов.

Потребности общества постоянно увеличиваются (закон возвышения потребностей), к системе предъявляются повышенные требования. Попытка увеличения ГПФ системы наталкивается на очередное противоречие, а разрешение этого противоречия приводит к очередному шагу в развитии ТС. Так из одного единственного самолета братьев Райт возникла сложная иерархическая система – современная авиация.

За любой современной ТС стоят десятки, сотни, тысячи последовательных (постепенно развивающих) изобретений: за столетнюю историю автомобиля по этой ТС было сделано более 1 млн. изобретений, по велосипеду – более 100 тыс., даже по такой «системе», как карандаш, – более 20 тыс.

Увеличение ГПФ. Все изобретения *увеличивают ГПФ* системы. Человеку нужна именно полезная функция, а не сама система. Необходимо иметь ТС – это «плата» за ее полезную функцию. На-

пример, автомобиль предназначен для перевозки пассажиров и грузов. При этом, как уже отмечалось выше, мы вынуждены – именно вынуждены! – «возить» и сам автомобиль. Автомобиль будет тем идеальнее, чем меньше окажутся его собственный вес, габариты и энергоёмкость. Идеальный автомобиль должен состоять из одной только пассажирской кабины, или одного кресла, или вообще из «ничего». Эта тенденция развития вполне реальна. Вот данные за первые сорок лет автогонок: 1895 г. – вес автомобиля на единицу мощности (1 л. с.) составлял 1000 кг; 1896 г. – 166 кг; 1897 г. – 100 кг; 1899 г. – 65 кг; 1900 г. – 40 кг; 1908 г. – 10 кг; 30-е годы – 4-5 кг. Сейчас эта закономерность почти незаметна, так как любой выигрыш в весе тут же используется на увеличение мощности двигателя и комфортности. Но рост ГПФ все равно хорошо заметен. Вчерашние гоночные машины сегодня стали серийными.

ГПФ увеличивается не только «внутри» автотранспорта, но и в более общей надсистеме – в транспорте. Например, скорость транспорта: гужевой – 30-60 км/ч; железнодорожный – 10-120 км/ч; автомобильный – 20-200 км/ч; поршневая авиация – 50-800 км/ч; реактивная авиация – 800-8000 км/ч; химические ракеты – 3000-70000 км/ч; ядерные ракеты (проект) – 8 тыс. км/ч -1 млн. км/ч.

ГПФ увеличивается также и на всех нижних этажах иерархии. Например, степень преобразования энергии (КПД) в двигателях: первые паровые машины Сэвери-Ньюкомена имели КПД 1-2%, машины Уатта – 2-4%, усовершенствованные паровые машины – 5-15%, паровые машины с тройным расширением пара – 13-19%, первые паровые турбины – 17-30%, усовершенствованные паровые турбины – 26-41%, двигатели внутреннего сгорания – 30-50%, топливные элементы (превращение химической энергии в электрическую) – 45-60%.

Факторы, мешающие увеличению главной полезной функции системы, являются причиной возникновения административного противоречия (АП) – противоречия между потребностью и возможностью. Формулируется исходная ситуация, выделяется изобретательская задача. Решение изобретательской задачи (разрешение ТП) продвигает ТС вперед, компромисс оставляет систему на месте.

С помощью изобретателя система «уходит» от претензий. Куда и как? ТС приспособливается (адаптируется) к изменившимся условиям. Процесс этот похож на биологическую адаптацию: мутагенез спасает биологический вид от вымирания в изменившихся условиях

среды обитания. Выживают особи, которые в результате мутации приобрели необходимые свойства.

Простой пример: мы хотели выиграть бой с микробами с помощью нового оружия – антибиотиков, но природа ответила на претензию появлением микроорганизмов, устойчивых к лекарствам. Антибиотики послужили фактором отбора, выжили те формы бактерий, которые вооружены защитными ферментами.

Массовое изобретательство по методу проб и ошибок – это «технический мутагенез»: выживают, т. е. превращаются из «бумажных» патентов в реальные системы, только те ТС, которые в наилучшей степени приспособлены к «среде обитания» (техносфере), к ее экономическим, производственным и экологическим требованиям. Естественно, если изобретать в соответствии с законами развития ТС, потребуются не тысячи, а десятки и единицы изобретений.

Противоречия, возникающие при попытках увеличения ГПФ, являются главной движущей силой развития техники. Это хорошо видно в военной технике: вся ее история – это история конкурирующего развития двух систем – обороны и нападения.

Рассмотрим кратко историю «дуэли» боевых кораблей и артиллерии. В середине XIX в. произошел переход от деревянных кораблей к паровому флоту. Мощные паровые машины позволили усилить бронирование. В то же время шло совершенствование корабельной артиллерии, появились мины и торпеды.

В 1859-1860 гг. были построены первые корабли нового типа – броненосцы, с толщиной железных броневых плит 100-125 мм. Это вызвало повышение калибра и мощности артиллерии, что, в свою очередь, привело к строительству кораблей с еще более толстой броней. Эта взаимная гонка калибров гладкоствольных орудий и толщины брони продолжалась примерно 20 лет.

В 1876 г. итальянский броненосец «Дуильо» имел броню 540 мм! В 1881 г. английский «Инфлексибл» – 600 мм! Калибр орудий достиг максимальной величины – 452 мм. Дальнейший рост калибра и толщины брони стал невозможен – резко упала скорость и маневренность кораблей. Количественный рост параметров (для увеличения ГПФ) в обеих системах натолкнулся на объективные ограничения. Требовались качественные изменения артиллерии и брони.

В 80-х годах XIX века появилась сталелезная броня-компануд, позволившая резко уменьшить толщину бронирования. На

кораблях начали ставить нарезную артиллерию, калибр снизился до 280-305 мм.

В 1891 г. появились броневые плиты, легированные никелем, в 1894 г. – специальная хромоникелемолибденовая сталь. Это вновь потребовало увеличения бронепробиваемости артиллерии. Но простое увеличение калибра уже ничего не давало – снаряды просто раскалывались при ударе о такую броню. Изобретение адмирала С.О. Макарова решило эту проблему: он предложил надевать на снаряды наконечники из вязкой стали, чтобы снаряды не раскалывались о броню. Изобретение оказалось столь эффективным, что к 1900 г. все государства приняли на вооружение снаряды с макардовским наконечником. В начале XX в. эскадренные броненосцы имели толщину брони 150-200 мм, а их корпус был разделен переборками для увеличения непотопляемости.

Претензии, предъявляемые человеком к системе, и противоречия, возникающие при попытке увеличения ГПФ, всегда вызывают появление новых свойств и функций в ТС. В первый период развития – развертывание ТС – новые полезные функции выполняются новыми подсистемами.

Например, попытка увеличения скорости токарной обработки (увеличение ГПФ) вызвало нежелательный перегрев резца. Для устранения перегрева в токарный резец ввели подсистему охлаждения: сначала простую, например, тепловую трубу для отвода тепла от режущей пластины, затем к тепловой трубе добавили холодный спай полупроводниковых материалов.

Процесс развертывания системы хорошо заметен в развитии простых ТС и инструментов. Например, в Англии выпускается отвертка с вакуумными присосками (захват и удержание винта), встроенным электромоторчиком (50-1200 об/мин), сменными лезвиями (для винтов диаметром 0,4-7 мм) и электронным управлением.

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

До каких пределов идет развертывание ТС? Иногда этот процесс заходит слишком далеко – появляются гигантские сложные технические системы («динозавры» и «монстры» техники). Пример: колесный трактор – 65 т, гусеничный трактор – 9000 т, кран грузоподъемностью 1360 т, шагающий экскаватор – 1300 т; котлоагрегат для Бе-

резовской ГРЭС высотой 117 м и весом 26 тыс. т. Во время войны немцы выпустили на поле боя партию танков («сухопутных линкоров»), вес каждой машины был 68 т! В первом же бою все они были подбиты нашими «тридцатьчетверками», в головной машине врага сгорел сын конструктора этих «монстров» Ф. Порше...

Парадокс гигантизма техники заключается в том, что конструкторы пытаются решить задачу увеличения ГПФ «в лоб», путем увеличения мощности, расхода ресурсов и энергии, а не путем введения новых принципов и изобретательских решений, поэтому такие ТС быстро наталкиваются на объективные ограничения. Неизобретательские решения приводят к тому, что, например, в экономике назвали «законом Гроша»: намерен купить ЭВМ вдвое большей производительности – готовься платить за нее в четыре раза больше.

В природе, в отличие от техники, существуют жесткие ограничения. Установлено, например, что ни одно животное за всю историю Земли не могло весить более 100 т. Если бы оно было весом, допустим, 140 т, то должно было бы состоять почти из одних костей и, конечно, двигаться бы не смогло.

Итак, техническая система тем лучше, чем она идеальнее. За счет чего же идет процесс идеализации? В принципе возможны три пути идеализации ТС после периода развертывания:

путь 1 – это увеличение ГПФ системы за счет передачи части функций в надсистему (НС);

путь 2 – за счет дальнейшего развития подсистем;

путь 3 – за счет выполнения части функций ТС какой-либо её подсистемой и далее веществом.

Все три пути ведут к одному и тому же – к новой системе Б, выполняющей ту же ГПФ, но имеющей очень малые массу (М), габариты (Г), энергозатраты (Э). Самый короткий путь 3 – свертывание ТС в идеальное вещество. Второй путь достаточно ясен – структура ТС почти не меняется, идет совершенствование всех подсистем: то одна, то другая подсистема (ПС) увеличивает свою полезную функцию, и эти добавки складываются в увеличение общей ГПФ системы.

Свертывание ТС в идеальное вещество начинается с совмещения функции. Одна из подсистем начинает выполнять функцию соседней, которая исчезает за ненадобностью. Одно из веществ принимает на себя выполнение функций другого вещества, и это второе вещество исключается из ТС.

Примеры совмещения функций на уровне подсистем:

Фары автомобиля установлены так, чтобы освещать путь впереди машины. Из соображений безопасности неплохо было бы иметь еще одну фару, которая светила бы несколько вверх и вбок, освещая дорожные знаки, стоящие на обочине.

В патенте Великобритании 1486587 предложено совместить обе функции в одной фаре. Для этого на внутренней стороне стекла фары делается выступ в виде призмы. Призма рассчитана так, что при переключении на ближний свет часть пучка света от фары отклоняется вбок и вверх, освещая дорожные знаки на расстоянии 25 м от автомобиля.

В США выпускаются перчатки со вшитыми в запястья пластинчатыми гибкими батарейками и миниатюрными лампочками, от которых идут световодные оптические волокна до кончиков пальцев (перчатки выполняют функцию фонарика), – они удобны для водителей (можно прочесть ночью карту) и хирургов (хорошо освещается операционное поле).

По а. с. 1225525 хирургическая перчатка выполняет функцию измерительного прибора: для измерения размеров внутренних органов в кончик одного из пальцев вшит плоский магнит, в кончик другого – гальваномагнитный преобразователь, а на запястье установлен индикатор.

В Токио для создания разветвленной городской связи оптоволоконные кабели прокладывают внутри действующих водопроводных труб, а в Лондоне точно так же прокладывают телевизионные кабели в полимерной изоляции. Это техническое решение (а также примеры с перчатками) пока лишь частичное совмещение подсистем. Полное совмещение наступит, когда одна из подсистем будет выполнять функцию другой (включите воображение: например, телевизионный кабель, по которому течет вода...).

Примеры на совмещение функций двух веществ в одном:

И водители, и пешеходы знают, что в солнечный день бывает нелегко разглядеть сигнал светофора. Отражаясь от цветных стекол, солнечный свет создает ложный сигнал. Поэтому появились патенты на светофоры с черными шторками: как только фонарь (например, красный) выключается, его стекло закрывается автоматической шторкой, а шторка другого фонаря (например, желтого) открывается.

По патенту Великобритании 1454386 стекло фонаря покрыто пленкой жидких кристаллов с электродами по бокам; когда лампа не

горит, жидкие кристаллы не пропускают свет и выглядят как матовая черная поверхность; при включении лампы электрическое поле, создаваемое протекаемым током, переориентирует молекулы кристаллов и шторка становится прозрачной.

В электродвигателях и электрогенераторах требуется подавать на ротор или отводить от него электрический ток. Для этого служат токосъемные устройства: на валу ротора установлен коллектор (медные контакты по окружности вала), по которым скользят концы угольных щеток – графитовых стержней, закрепленных на корпусе двигателя (генератора). К противоположным концам щеток прикреплены медные провода. Место соединения меди с графитом – самое «больное» место устройства. Дело в том, что эти материалы невозможно соединить обычными способами (сваркой, пайкой), поэтому их соединяют спеканием: кончик провода вставляют в форму с порошком угля (сажей) и спекают уголь (сажу) при температуре 500-600°C. Но при этой температуре на меди образуется окисный диэлектрический слой. ТП: высокая температура нужна для спекания угля, но она недопустимо портит медный провод. Появились десятки изобретений, в которых пытались найти компромиссные решения: спекание в вакууме или среде инертного газа (дорого), замена графита бронзовой плоской пружиной – но графит не требовал смазки, а здесь ввели систему подачи смазочной жидкости к пружине. Что происходит в системе? Есть два вещества, выполняющих две функции: графит служит хорошим контактом, не требующим смазки, а медный провод – хорошим гибким проводником тока. Провод не может быть контактом, а графит – гибким проводником.

Противоречие было разрешено в *патенте Франции 1557274: проводник выполнен из витого пучка углеродных волокон, конец которого спечен и выполняет функцию щетки* – в одном веществе размещены две функции.

Но на этом развитие не остановилось (щетка постепенно стирается, и требуется регулировать контакт), поэтому появились изобретения на самовосстанавливающиеся щетки: ферропорошок и магнитное поле, затем щетку заменили каплей магнитной жидкости. Есть даже идеи неизнашивающихся щеток в виде струек ионизированного газа, разряда в вакууме и т. д.

Подобный путь развития (идеализация вещества) характерен для всех веществ в технических системах, но для того, чтобы заметить

его, а главное – продолжить в будущее, изобретателю требуется смелость мышления, отсутствие психологической инерции.

На одном из занятий специалист-гидротехник, решая задачу о защите водопропускных каналов ГЭС от кавитационной эрозии (при больших скоростях в потоке возникает кавитация, и «злые» пузырьки, схлопываясь на поверхности бетона, отрывают от него частицы), пришел к выводу, что бетон поверхности канала должен стать «небетоном». Это показал анализ изобретений: сначала в бетон вводили различные минеральные добавки, затем полимеры, затем отказались от цемента и т.д. Анализ показывал, что «бетон» должен быть мягким, волокнистым... «Нет, – сказал специалист, – это неправильно! Наша лаборатория двенадцать лет повышает прочность бетона. Уже достигнуто увеличение срока службы бетона на несколько процентов. И мы будем продолжать борьбу за прочность...»

В электронагревательных устройствах обычно есть спираль и элемент, который нужно нагреть. В *а. с. 1273221 предложено нагревать непосредственно жало паяльника, которое выполнено из материала с высоким омическим сопротивлением.*

В польском патенте 106109 предложен утюг, в котором нагревательный элемент выполнен в виде тонкого полупроводникового слоя окисей металлов, нанесенных на внутреннюю поверхность стеклянной подошвы утюга.

При производстве разнообразных по цвету ацетатных тканей требуется соответствующее количество цветных ацетатных нитей. Нити получают путем скручивания пучка тончайших волокон, которые образуются при продавливании прядильного раствора через фильеры. Для упрощения производства предложено окрашивать нити или ткани, а прядильный раствор – добавлять краску прямо в ванну с раствором перед подачей его на фильеры. Но тогда, из-за необходимости частой смены цвета и замены прядильного раствора, нужно каждый раз промывать фильеры – падает производительность, выливаются неизрасходованные растворы.

Найдено остроумное решение: используется всего три цвета раствора – красный, синий и желтый, а также бесцветный раствор. Из комбинации волокон этих цветов получаются «бесплатные» зеленые, оранжевые и фиолетовые нити, а с добавлением бесцветных волокон – бесчисленное разнообразие всех оттенков цветовой гаммы. Волокна в нити настолько тонки, что глаз человека воспринимает их «пестроту» как один цвет.

Идеализация вещества не останавливается на «захвате» функции соседнего вещества и исключения его из системы. Самое интересное начинается потом: развиваясь, вещество начинает выполнять функцию одной из подсистем, затем нескольких подсистем и, наконец, всей технической системы («поглощение» системы идеальным веществом или, что, то же самое, свертывание ТС в идеальное вещество).

Примеры на свертывание подсистем в идеальное вещество:

Посадочные огни на полосах аэродромов должны быть абсолютно надежными: не перегорать, не отказывать ни в дождь, ни в холод. Причем не только сами огни, но и провода, к ним идущие, и генераторы, их питающие. Идеальный огонь – «светлячок» изобретен в США: стеклянная трубка покрыта изнутри люминофором – сульфидом цинка, а в центр ее вставляется ампула с радиоактивным изотопом водорода – тритием (период полураспада чуть больше двенадцати лет). Два идеальных вещества (люминофор и тритий) «поглотили» в себя все подсистемы. Огни видны с расстояния в три километра, не требуют никакого ухода и служат десять лет (уровень радиоактивности от трития не представляет опасности для человека).

Чтобы обнаружить разрыв в печатной плате с радиодеталями, нужно провести измерение в десятках точек – к каждой из них прикоснуться щупом измерительного прибора. Тот же дефект предложено обнаруживать мгновенно – стоит приложить к плате жидкокристаллическую пленку, чутко реагирующую на малейшее изменение температуры (в месте дефекта температура отличается от температуры других участков).

Устанавливаемые в радиаторах охлаждения двигателей автомобилей вентиляторы должны работать тем производительнее, чем выше температура окружающего воздуха. Обычно для этого используют автоматику, увеличивающую скорость вращения вентилятора при повышении температуры воздуха или охлаждающей жидкости. В Англии разработали вентилятор, у которого при изменении температуры лопасти сами меняют угол установки, а значит, и подачи воздуха. Угол установки лопастей меняется с помощью трех колец из пластмассы с высоким коэффициентом линейного расширения – кольца удлиняются или укорачиваются в зависимости от температуры и поворачивают лопасти. Максимальный угол поворота 30° , т. е. расход воздуха изменяется значительно.

А вот саморегулирующаяся теплица: теплица, включающая каркас, светопрозрачное покрытие и расположенные в боковых стенках и кровле каркаса регулируемые вентиляционные окна с заслонками, отличающаяся тем, что с целью повышения точности регулирования температуры заслонки выполнены в виде герметично закрытых рукавов, полость которых заполнена легкоиспаряющейся жидкостью, при этом каждый рукав вдоль своей образующей с одной стороны закреплен на каркасе, а с противоположной стороны снабжен грузом. Повысилась температура – жидкость в рукаве-заслонке испаряется, давление внутри повышается, и заслонка поднимается – открывает окно.

Очень наглядно процесс идеализации вещества идет в радиоэлектронике: сверхбольшие интегральные микросхемы включают десятки тысяч элементов. Разработаны способы программирования свойств кристаллов так, чтобы в одном кристалле создавать микрозоны, выполняющие роль диодов, триодов, конденсаторов и сопротивлений. В одном кристалле размещается сложнейшая электронная схема. Причем эти схемы не будут собирать из отдельных элементов, а целиком выращивать блоки ЭВМ, телевизоров и т. д.

Хорошо заметны революционные изменения в технологии обработки металлов. Традиционная технология – токарные, фрезерные и прочие металлорежущие станки – «разрезала» металл на две неравные части: из малой части получались детали, большая часть превращалась в стружку, т. е. в отходы. Из одной тонны руды получалось 20-30 кг деталей. Можно сравнить эту технологию с безотходной гидрокструзионной. Но выдавить можно не каждую деталь, особенно сложной формы. Поэтому металлорежущие станки развивались дальше: насыщались электроникой, автоматизированными блоками управления, росла их мощность. Вершина развития – обрабатывающие центры, в которых объединены десятки и сотни инструментов. Производительность возросла на 30-40%, но количество стружки не уменьшилось. Идеальная технология ближайшего будущего – сборка деталей по атомам. В основе этой технологии могут лежать, так называемые, химические транспортные реакции: металлы, взаимодействуя с газом, образуют газообразные продукты, которые после переноса в любое место разрушаются при повышенной температуре с выделением исходного вещества. Например, для изготовления стальной детали железную руду обрабатывают хлористым водородом, извлекают из нее атомарное железо и направляют газообразный продукт в

камеру с затравкой, допустим, отрезком трубы. Атомы металла оседают на затравке, в точности повторяя ее форму и структуру. В результате из камеры непрерывно ползет новенькая труба с идеально гладкой поверхностью.

Выращивание схем, сборка деталей по атомам, введение в технические системы самоорганизующихся процессов – все это и есть увеличение степени идеальности технических систем. Вся техника развивается в этом направлении.

Остановимся еще на нескольких моментах.

Во-первых, помощь в решении возникающих задач практически всегда оказывает изучение литературы, близкой по теме к решаемой задаче, из «ведущих» отраслей техники. Слово «ведущие» взято в кавычки потому, что в изобретательстве это понятие относительное. Каждая отрасль является одновременно и ведущей (по отношению к одним отраслям техники) и ведомой (по отношению к другим). Иногда взаимоотношения между отраслями более сложны: одна и та же отрасль оказывается в чем-то ведущей относительно другой, а в чем-то ведомой. Так, машиностроение – ведущая отрасль по отношению к строительной индустрии, когда речь идет об уровне организации производства, технологии, производительности труда: все это в машиностроении выше, чем в строительстве. Но в использовании предварительно напряженных конструкций строительная техника накопила такой опыт, какого машиностроение еще не имеет.

Необходимо изучать ведущие отрасли, их главные (с изобретательской точки зрения) достижения, тенденции, новые методы. Следует постоянно следить за тем, какие задачи сегодня решаются в ведущей отрасли техники, потому что завтра сходные задачи могут возникнуть и в той отрасли, в которой Вы работаете, а подходы и методы решения уже найдены. В результате перед Вами встает значительно более простая задача – адаптации уже найденных решений к своей области.

Изучение «ведомых» отраслей техники представляет большой интерес для изобретателя. Чем лучше изобретатель знает отстающие участки, тем шире он может использовать новую техническую идею, полученную в результате решения задачи. «Ведущие» и «ведомые» отрасли – это как бы две точки, через которые можно провести только одну прямую, точно определяющую направление развития техники.

Во-вторых, необходимо развивать фантазию и расширять свой кругозор в плане используемых в технике решений. Обычно механизм воздействия фантазии состоит в том, что она вступает в реакцию с реальными «рабочими» мыслями. Суть этой реакции становится понятной, если воспользоваться схемой творческого процесса, предложенной академиком Б. М. Кедровым (рис. 3.2).

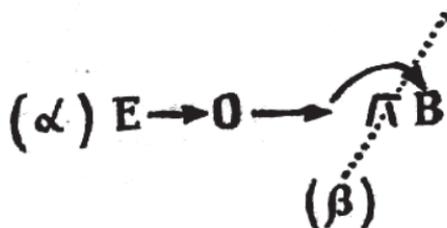


Рис. 3.2. Схема творческого процесса по Кедрову

В поисках решения задачи мысль человека движется в определенном направлении (α) от единичных фактов (E) к выявлению того особенного (O), что присуще этим фактам. Следующим шагом должно быть установление всеобщности (B), т. е. формулировка закона, теории и т. п.

Переход от α к O не вызывает особой трудности, но дальнейший путь от O к B прегражден познавательно-психологическим барьером (β). Величина барьера тем меньше, чем более подготовлен исследователь, чем большей информацией он обладает. Нужен какой-то трамплин (π), позволяющий преодолеть барьер. Чаще всего таким трамплином бывает случайно возникающая ассоциация, причем появляется эта ассоциация при пересечении линии (α) с другой линией мыслей (β). Эта линия может возникнуть при изучении ведущих отраслей техники.

Лекция 4. Методы устранения технических противоречий (1 - 20)

Выявление законов развития технических систем и анализ многих десятков тысяч изобретений позволили Г.С. Альтшуллеру выявить типовые приемы устранения технических противоречий, которые можно эффективно использовать в большом числе областей при решении изобретательских задач.

Рассмотрим эти приемы.

1. Принцип дробления

- а) Разделить объект на независимые части.
- б) Выполнить объект разборным.
- в) Увеличить степень дробления (измельчения) объекта.

Примеры:

Пневматическая шина, состоящая из двенадцати независимых секций. Разделение шины осуществляется, чтобы повысить надежность. Но это далеко не единственный повод для использования столь сильного приема. Дробление – одна из ведущих тенденций в развитии современной техники.

Ковш одноковшового экскаватора со сплошной полукруглой режущей кромкой, отличающийся тем, что для обеспечения быстрой и удобной замены сплошной режущей кромки последняя выполнена из отдельных съемных секций.

Способ непрерывного разрушения горных пород зарядами ВВ, отличающийся тем, что с целью получения мелких фракций непрерывное разрушение поверхностного слоя производят микрорядами.

2. Принцип вынесения

Отделить от объекта «мешающую» часть («мешающее» свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть (нужное свойство). В отличие от предыдущего приема, в котором речь шла о делении объекта на одинаковые части, здесь предлагается делить объект на разные части.

Примеры:

Устройство для защиты от рентгеновских лучей, отличающееся тем, что с целью защиты от ионизирующего излучения головы, плечевого пояса, позвоночника, спинного мозга и гонад пациента при флюорографии, например, грудной клетки оно снабжено защитными барьерами и вертикальным, соответствующим позвоночнику

стержнем, изготовленным из материала, не пропускающего рентгеновские лучи.

Целесообразность этой идеи очевидна. Изобретение выделяет наиболее вредную часть потока и блокирует ее. Заявка подана в 1962 году, между тем это простое и нужное изобретение могло быть сделано значительно раньше. Мы привыкаем рассматривать многие объекты как набор традиционных и неотъемлемых друг от друга частей. В набор вертолета, например, входят и баки с горючим. Действительно обычный вертолет вынужден возить горючее. Однако в тех случаях, когда вертолет курсирует по определенному маршруту, горючее можно оставить на земле. На электровертолете бензиновый двигатель заменен электромотором, а баков вообще нет.

В а. с. 257301 «бак» есть, но он отделен от человека. Раньше горноспасатель носил на спине ранец с холодильным устройством; теперь оно помещено в отдельном контейнере (рис. 4.1).

Еще один пример. Столкновение самолетов с птицами вызывают иногда тяжелые катастрофы. В США запатентованы самые различные способы отпугивания птиц от аэродромов (механические чучела, распыление нафталина и т. д.). Наилучшим оказалось громкое воспроизведение крика перепуганных птиц, записанного на магнитофонную ленту. Отделить птичий крик от птиц – решение, конечно, необычное, но характерное для принципа вынесения.



Рис. 4.1

Пример: Обычно на малых прогулочных судах и катерах электроэнергия для освещения и других нужд вырабатывается генератором, работающим от гребного двигателя. Для получения электро-

энергии на стоянке приходится устанавливать вспомогательный электрогенератор с приводом от двигателя внутреннего сгорания. Двигатель, естественно, создает шум и вибрацию. Предложено разместить двигатель и генератор в отдельной капсуле, расположенной на некотором расстоянии от катера и соединенной с ним кабелем.

3. Принцип местного качества

а) Перейти от однородной структуры объекта (или внешней среды, внешнего воздействия) к неоднородной.

б) Разные части объекта должны иметь разные функции.

в) Каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее соответствующих ее работе.

Примеры:

Для борьбы с пылью в горных выработках на инструменты (рабочие органы буровых и погрузочных машин) подают воду в виде конуса мелких капель. Чем мельче капли, тем лучше идет борьба с пылью, но мелкие капли легко образуют туман, это затрудняет работу.

Способ подавления пыли в горных выработках, отличающийся тем, что с целью предотвращения распространения тумана по выработкам и сноса его с источника пылеобразования вентиляционным потоком подавление пыли производят одновременно тонкодиспергированной и грубодисперсной водой, причем вокруг конуса тонкодиспергированной воды создают пленку из грубодисперсной воды.

Способ сушки зерна риса, отличающийся тем, что с целью уменьшения образования трещиноватых зерен рис перед сушкой разделяют по крупности на фракции, которые сушат отдельно с дифференцированными режимами.

Принцип местного качества отчетливо отражается в историческом развитии многих машин: они постепенно дробились и для каждой части создавались наиболее благоприятные местные условия.

Первоначально паровой двигатель представлял собой цилиндр, выполнявший одновременно функции парового котла и конденсатора. Вода заливалась непосредственно в цилиндр. Огонь обогревал цилиндр, вода закипала, пар поднимал поршень, после чего жаровню с огнем убирали, а цилиндр поливали холодной водой. Пар конденсировался, и поршень под действием атмосферного давления шел вниз. Позднее изобретатели догадались отделить паровой котел от цилиндра двигателя. Это позволило существенно сократить расход топлива.

Однако отработанный пар по-прежнему конденсировался в самом цилиндре, что вызывало огромные тепловые потери. Нужно было сделать следующий шаг – отделить от цилиндра конденсатор. Эту идею выдвинул и осуществил Джеймс Уатт. Вот что он рассказывает: «После того как я всячески обдумывал вопрос, я пришел к твердому заключению: для того чтобы иметь совершенную паровую машину, необходимо, чтобы цилиндр всегда был так же горяч, как и входящий в него пар. Однако конденсация пара для образования вакуума должна происходить при температуре не выше 30 градусов. Это было возле Глазго, я вышел на прогулку около полудня. Был прекрасный день. Я проходил мимо старой прачечной, думая о машине, и подошел к дому Герда, когда мне пришла в голову мысль, что пар ведь упругое тело и легко устремляется в пустоту. Если установить связь между цилиндром и резервуаром с разреженным воздухом, то пар устремится туда, и цилиндр не надо будет охлаждать. Я не дошел еще до Гофхауза, как все дело было кончено в моем уме!»

4. Принцип асимметрии

Перейти от симметричной формы объекта к асимметричной.

Машины рождаются симметричными. Это их традиционная форма. Поэтому многие задачи, трудные по отношению к симметричным объектам, легко решаются нарушением симметрии.

Примеры:

Тиски со смещенными губами. В отличие от обычных, они позволяют зажимать в вертикальном положении длинные заготовки.

Фары автомобиля должны работать в разных условиях: правая должна светить ярко и далеко, а левая – так, чтобы не слепить водителей встречных машин. Требования разные, а устанавливались фары всегда одинаково. Лишь недавно возникла идея несимметричной установки фар: левая освещает дорогу на расстоянии до 25 метров, а правая – значительно дальше.

Асимметричная пневматическая шина имеет одну боковину повышенной прочности и сопротивляемости ударам о бордюрный камень тротуара.

Дуговая электродпечь для плавки чугуна с боковой загрузкой твердой шихты, отличающаяся тем, что с целью создания непрерывности процесса плавления ее подина выполнена асимметрично вогнутой, расширенной к загрузочному окну (рис. 4.2).

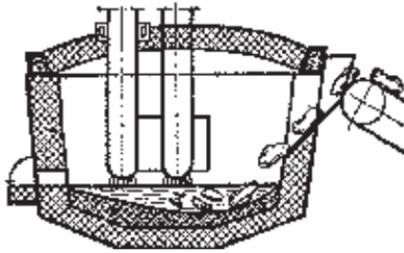


Рис. 4.2

5. Принцип объединения

а) Соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты.

б) Объединить во времени однородные или смежные операции.

Примеры:

Рабочее оборудование роторного экскаватора, включающее ротор и стрелу, отличающееся тем, что с целью уменьшения усилия резания оно выполнено с устройством для разогрева мерзлого грунта, имеющим форсунки, смонтированные, например, на секторах по обоим торцам ротора (рис. 4.3).

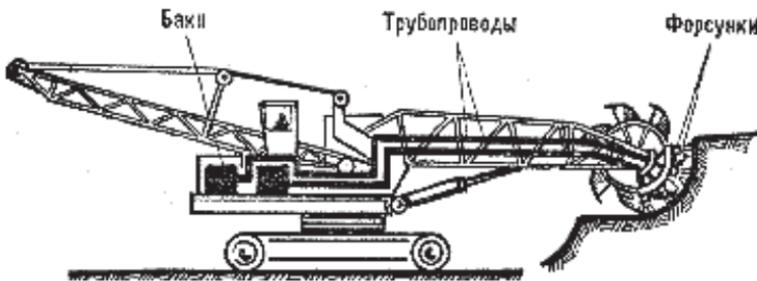


Рис. 4.3

Спасательное водолазное устройство для вывода на поверхность людей, оказавшихся в воздушных мешках отсеков затонувших судов, с применением шлем-масок, отличающееся тем, что с целью повышения эффективности спасательных операций, производимых водолазом, оно выполнено в виде одной или двух шлем-масок, снабженных шлангами и арматурой для присоединения к штуцерному

крану, вмонтированному в водолазный скафандр, от которого производится регулирование подачи воздуха в шлем-маски (рис. 4.4).

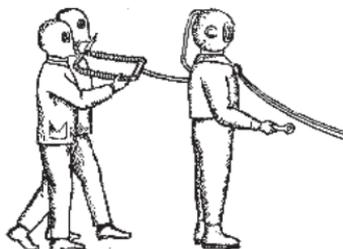


Рис. 4.4

Сдвоенный микроскоп-танDEM. Работу с манипулятором ведет один человек, а наблюдением и записью целиком занят второй.

6. Принцип универсальности

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

Примеры:

В Японии рассматривалась возможность постройки танкера, оборудованного нефтеперегонной установкой. Смысл проекта – совмещение во времени процессов транспортировки и переработки нефти.

Ручка для портфеля одновременно служит эспандером.

Способ транспортирования материала, например, табачных листьев, к сушильным установкам с помощью водяного потока в гидротранспортере, отличающийся тем, что с целью одновременно-го осуществления промывки табачных листьев и фиксации их цвета используют воду, нагретую до 80-85°C.

Элемент памяти на тонкой цилиндрической пленке, нанесенной на диэлектрическую подложку, отличающийся тем, что с целью упрощения элемента сама пленка служит шиной записи-считывания.

7. Принцип «матрешки»

а) Один объект размещен внутри другого объекта, который, в свою очередь, находится внутри третьего и т. д.

б) Один объект проходит сквозь полость в другом объекте.

Примеры:

Ультразвуковой концентратор упругих колебаний, состоящий из скрепленных между собой полуволновых отрезков, отличающийся

тем, что с целью уменьшения длины концентратора и увеличения его устойчивости полуволновые отрезки выполнены в виде полых конусов, вставленных один в другой (рис. 4.5).

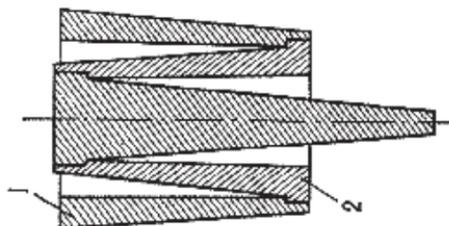


Рис. 4.5. Принцип «матрешки»: компактный ультразвуковой концентратор; 1 и 2 - полые конуса

Способ хранения и транспортировки разнородных по вязкости нефтепродуктов в корпусе плавучей емкости, отличающийся тем, что хранение их с целью уменьшения потерь тепла высоковязких нефтепродуктов производят в отсеках емкости, расположенных внутри отсеков, заполненных невязкими сортами нефтепродуктов.

Устройство для внесения удобрений в почву, включающее бункер и право и левосторонние дозирующие шнеки, отличающееся тем, что с целью регулирования рабочей ширины захвата каждый дозирующий шнек выполнен из двух винченных одна в другую секций (рис. 4.6).

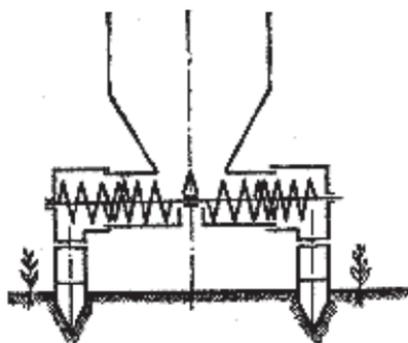


Рис. 4.6. Ширину дозирующего шнека регулируют, ввинчивая одну секцию в другую

В а. с. 462315 абсолютно такое же решение использовано для уменьшения габаритов выходной секции трансформаторного пьезоэлемента.

В устройстве для волочения металла по а. с. 304027 «матрешка» составлена из конусных волок.

8. Принцип антивеса

а) Компенсировать вес объекта соединением с другими объектами, обладающими подъемной силой.

б) Компенсировать вес объекта взаимодействием со средой (за счет аэро-, гидродинамических и других сил).

Примеры:

Способ спуска в скважину и извлечения из нее стреляющей и взрывной аппаратуры, отличающийся тем, что с целью удешевления и упрощения прострелочных и взрывных работ спуск стреляющей и взрывной аппаратуры производят свободно под действием собственного веса, а подъем к устью скважины – с помощью встроеного в корпус реактивного двигателя.

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.

Интересно отметить, что в формуле изобретения четко отражено противоречие, преодолеваемое изобретением. При заданной силе ветра и заданной массе грузов получается определенное число оборотов. Чтобы его уменьшить (при возрастании силы ветра), нужно увеличить массу грузов. Но грузы вращаются, к ним трудно подобраться. И вот противоречие устранено тем, что грузам придана форма, создающая аэродинамическое торможение, т. е. грузы выполнены в виде крыла с отрицательным углом атаки. Общая идея очевидна: если нужно менять массу движущегося тела, а массу менять нельзя по определенным соображениям, то телу надо придать форму крыла и, меняя наклон крыла к направлению движения, получать дополнительную силу, направленную в нужную сторону.

При создании сверхмощных турбогенераторов возникла сложная задача: как уменьшить давление ротора на подшипники. Решение нашли в том, что над турбогенератором установили сильный электромагнит, компенсирующий давление ротора на подшипники.

Иногда приходится решать обратную задачу: компенсировать недостаток веса. При создании и эксплуатации шахтных электровозов возникает явное техническое противоречие: для увеличения тяги нужно утяжелять электровоз, а для уменьшения его мертвого веса следует делать электровоз возможно более легким. Группа сотрудников Ленинградского горного института разработала и успешно применила простое устройство, позволяющее снять это техническое противоречие и в полтора раза увеличить производительность рудничных электровозов: в ведущих колесах монтируется мощный электромагнит; создается магнитное поле, охватывающее колеса и рельсы; сила сцепления резко возрастает, а вес электровоза может быть снижен.

9. Принцип предварительного антидействия

Если по условиям задачи необходимо совершить какое-то действие, надо заранее совершить антидействие.

Заранее придать объекту напряжения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим напряжениям.

Примеры:

Способ резания чашечным резцом, вращающимся вокруг своей геометрической оси в процессе резания, отличающийся тем, что с целью предотвращения возникновения вибрации чашечный резец предварительно нагружают усилиями, близкими по величине и направленными противоположно усилиям, возникающим в процессе резания.

Заготовку турбинного диска устанавливают на вращающийся поддон. Нагретая заготовка по мере охлаждения сжимается. Но центробежные силы (пока заготовка не потеряла пластичности) как бы отштамповывают заготовку. Когда же деталь остынет, в ней появятся сжимающие усилия.

На этом принципе основана вся технология предварительного напряжения железобетона: чтобы бетон лучше работал на растяжение, его предварительно укорачивают. Это едва ли не единственный случай, когда строительная техника использует более передовые методы, нежели машиностроение. Предварительно напряженные конструкции применяются в машиностроении еще очень редко, между тем использование этого приема могло бы дать колоссальные результаты. Как, например, сделать вал прочнее, не увеличивая его наружный диаметр? Решение этой задачи показано на рис. 4.7.

Вал составлен из вставленных одна в другую труб, предварительно закрученных на определенные расчетом углы. Иными словами, вал предварительно получает деформацию, противоположную по знаку той деформации, какую он получает во время работы. Крутящий момент должен сначала снять эту предварительную деформацию, только после этого начнется деформация вала в «нормальном» направлении. Составной вал весит вдвое меньше равного ему по прочности обычного монолитного.

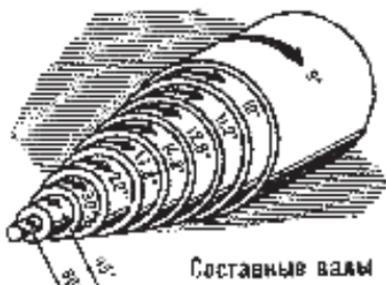


Рис. 4.7. Принцип предварительного напряжения: трубы составного вала заранее скручены в направлении, противоположном рабочей деформации

10. Принцип предварительного исполнения

а) Заранее выполнить требуемое изменение объекта (полностью или хотя бы частично).

б) Заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие с наиболее удобного места и без затрат времени на их доставку.

Примеры:

Черенки многих плодово-ягодных и других культур, посаженные в почву, не укореняются вследствие недостатка питательных веществ в черенке. По данному изобретению предлагается создавать запас питательных веществ заранее, насыщая перед посадкой черенки в ванне с питательной смесью.

Способ снятия гипсовых повязок с помощью проволочной пилы, отличающийся тем, что с целью предупреждения травм и облегчения снятия повязки пилу помещают в предварительно смазанную подходящей смазкой трубку, выполненную, например, из полиэтилена, и заранее загипсовывают под повязку при ее наложении. Благода-

ря этому распиливать повязку можно от тела наружу – без опасения задеть тело.

Любопытный случай использования этого же принципа – окраска древесины до того, как дерево срубили: красители поступают под кору дерева и разносятся соками по всему стволу.

Задача:

Иностранная фирма выпускала химические продукты, в частности спирт, который отвозили на разные химические предприятия, в том числе на лакокрасочный завод, расположенный в пяти километрах от завода-изготовителя. Три-четыре раза в неделю приезжал грузовик, к нему прицепляли заполненную и опломбированную цистерну емкостью 10 м³, и грузовичок отвозил ее на лакокрасочный завод. Там спирт сливали, тщательно измеряя его количество, а цистерну возвращали заводу-изготовителю. С некоторого времени спирт стал исчезать: каждый раз обнаруживали недостачу в 15-20 л, а под рождество исчезло даже 30 л... Проверили дозирующую аппаратуру на заводе-изготовителе и заводе-получателе – все в порядке. Проверили цистерну – ни малейшей щелочки. Проверили пломбы у очередной цистерны, прибывшей на лакокрасочный завод, – все пломбы абсолютно целы... И снова недостает 20 л! Не так уж много, но ведь обидно, да и опасно: не обнаружишь причину, исчезнут сотни литров... Хозяин фирмы распорядился, чтобы цистерну везли в сопровождении охраны, – не помогло. Рассвирепевший хозяин нанял частных детективов, и те заняли наблюдательные посты на всем пути следования – не помогло... Но однажды задачу удалось решить. Каков же, по вашему мнению, был ответ?

Ответ очень прост, и, если бы приглашенные детективы знали типовые приемы устранения противоречий, они решили бы задачу, не устраивая слежки. Действие, которое трудно совершить в данный момент, должно быть осуществлено до этого момента. Трудно похитить спирт из запечатанной и охраняемой цистерны, но никакого труда не представляет совершить это накануне, когда цистерна пуста и никем не охраняется: иди с ведром к пустой цистерне – никто не остановит... Злоумышленник так и делал: накануне он подвешивал ведро внутри пустой цистерны. На следующий день цистерну заполняли спиртом... и ведро тоже заполнялось. Потом цистерну везли на завод-получатель и сливали спирт. А заполненное ведро оставалось внутри цистерны. Когда пустая цистерна возвращалась на завод-

изготовитель, охрана, естественно, снималась, и злоумышленник мог спокойно извлечь свою добычу.

11. Принцип «заранее подложенной подушки»

Компенсировать относительно невысокую надежность объекта заранее подготовленными аварийными средствами.

Примеры:

Способ снижения токсического действия химических соединений с помощью присадок, отличающийся тем, что с целью уменьшения опасности отравления химическими веществами, а также продуктами их превращений в организме присадки добавляют непосредственно в исходные токсичные химические соединения при их изготовлении.

Способ предотвращения распространения лесного пожара посредством создания заградительных полос из растений, отличающийся тем, что с целью придания огнестойкости растениям, образующим заградительную полосу, в почву вносят биологические усваиваемые или химические элементы, тормозящие процесс их воспламенения.

Жесткий металлический диск, заранее расположенный внутри автомобильной шины и позволяющий продолжать движение на спущенной шине без повреждения покрышки.

Принцип «заранее подложенной подушки» можно использовать не только для повышения надежности. Вот характерный пример.

В связи с тем, что в американских библиотеках часто пропадали книги, изобретатель Эмануэль Трикилис предложил прятать в переплеты кусочек намагниченного металла. При выдаче книги библиотекарь размагничивает этот металлический вкладыш, проталкивая книгу под специальной электрической спиралью. Если посетитель попытается уйти, взяв незарегистрированную книгу, то спрятанный в двери прибор среагирует на магнитный вкладыш в переплете.

Горноальпийская спасательная станция в Швейцарии применила аналогичный метод для быстрого обнаружения людей, попавших в снежную лавину. Теперь лыжник или житель местности, в которой часты лавины, носит небольшой магнит. При несчастном случае этот магнит помогает легко обнаружить пострадавшего с помощью искателя даже под трехметровым покровом снега.

Способ обработки неорганических материалов, например, стекловолокон, путем воздействия плазменного луча, отличающийся тем, что с целью повышения механической прочности на неоргани-

ческие материалы предварительно наносят раствор или расплав солей щелочных или щелочно-земельных металлов.

Заранее наносят вещества, «залечивающие» микротрещины.

Есть а. с. 456594, по которому на ветвь дерева (до спиливания) ставят кольцо, сжимающее ветвь. Дерево, чувствуя «боль», направляет к этому месту питательные и лечащие вещества. Таким образом, эти вещества накапливаются до спиливания ветки, что способствует быстрому заживлению после спиливания.

12. Принцип эквипотенциальности

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

Примеры:

Предложено устройство для перемещения пресс-форм в зоне пресса. Устройство выполнено в виде прикрепленной к столу пресса приставки с рольгангом.

Контейнеровоз, в котором груз не поднимается в кузов, а только приподнимается гидроприводом и устанавливается на опорную скобу. Такая машина работает без крана и перевозит значительно более высокие контейнеры.

13. Принцип «наоборот»

а) Вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие (например, не охлаждать объект, а нагревать).

б) Сделать движущуюся часть объекта (или внешней среды) неподвижной, а неподвижную – движущейся.

в) Перевернуть объект «вверх ногами».

Примеры:

Способ вибрационной очистки металлоизделий в абразивной среде, отличающийся тем, что с целью упрощения процесса очистки движения вибрации сообщают обрабатываемой детали.

Другое изобретение решает важную проблему отливки крупногабаритных тонкостенных деталей. При отливке таких деталей желательно, чтобы металл поступал в форму сверху и затвердение шло снизу-вверх. Но лить металл в форму («дождевой» способ) допустимо с высоты не более пятнадцати сантиметров, иначе металл сгорит или пропитается газами. А как быть, если форма имеет высоту два-три метра? Если подавать металл снизу, то первые порции его затвердеют, не успев подняться к верхней части формы. Изобретатель решил эту задачу просто и изящно. *Металл идет по трубкам, опущенным ко дну литейной формы. По мере заполнения форма движется вниз, и,*

таким образом, каждая порция металла подается именно туда, где она должна застыть (рис. 4.8).

Литье всегда осуществлялось так, что двигался металл, а форма была неподвижной. Здесь все наоборот: движется форма, а залитый в нее металл остается неподвижным. Это позволило «совместить несовместимое»: плавность заполнения формы и затвердевание металла снизу-вверх, как при литье «дождевым» способом.

В задаче (о фильтре для улавливания пыли) *фильтр сделан из магнитов, между которыми расположен ферромагнитный порошок.*

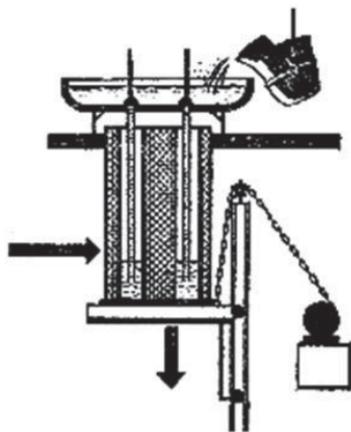


Рис. 4.8. В отличие от обычного способа заливки, движется форма, а поступающий в нее металл остается неподвижным

Через семь лет появилось решение, в котором фильтр вывернут: *электромагнитный фильтр для механической очистки жидкостей и газов, содержащий источник магнитного поля и фильтрующий элемент из зернистого магнитного материала, отличающийся тем, что с целью снижения удельного расхода электроэнергии и увеличения производительности фильтрующий элемент размещен вокруг источника магнитного поля и образует внешний замкнутый магнитный контур.*

14. Принцип сфероидальности

а) Перейти от прямолинейных частей объекта к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим, от частей, выполненных в виде куба или параллелепипеда, к шаровым конструкциям.

б) Использовать ролики, шарики, спирали.

в) Перейти к вращательному движению, использовать центробежную силу.

Примеры:

Устройство для варки труб в трубную решетку, в котором электродами служат катящиеся шарики.

Исполнительный орган проходческого комбайна, включающий породоразрушающие электроды, отличающийся тем, что с целью повышения эффективности разрушения крепких горных пород породоразрушающие электроды выполнены в виде свободно вращающихся клиновых роликов, установленных на изолирующей оси.

Способ отделения нитей корда от резины, например, в каркасе изношенных покрышек, включающий выдержку покрышки в углеводородах, обработку ее высоконапорными струями жидкости, механическое расчесывание нитей и их обрезку, отличающийся тем, что с целью повышения производительности труда обработку полупокрышки ведут в процессе ее вращения со скоростью, ослабляющей связь между частицами резины.

15. Принцип динамичности

а) Характеристики объекта (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы.

б) Разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга.

в) Если объект в целом неподвижен, сделать его подвижным, перемещающимся.

Примеры:

Ласта плавательная резиновая, отличающаяся тем, что с целью обеспечения регулирования жесткости ее рабочей лопасти для различных по скорости и длительности плавания режимов она имеет внутренние продольные полости, весь объем которых заполнен инертной несжимаемой жидкостью, статическое давление которой, по необходимости, изменяется на берегу или под водой.

Транспортное судно, корпус которого имеет цилиндрическую форму, отличающееся тем, что с целью уменьшения осадки судна при полной загрузке его корпус выполнен из двух раскрывающихся, шарнирно сочлененных полуцилиндров.

Автомобиль с шарнирно соединенными секциями рамы, которые могут поворачиваться при помощи гидроцилиндров. Такой автомобиль обладает повышенной проходимостью.

Способ изготовления полых кабелей с каналами, образованными трубками, скрученными с токоведущими жилами, с предварительным заполнением трубок веществом, удаляемым из них после изготовления кабеля. Чтобы упростить технологию, в качестве заполняющего вещества применяют парафин, который после изготовления кабеля расплавляют и выливают из трубок.

Способ автоматической дуговой сварки ленточным электродом, отличающийся тем, что с целью широкого регулирования формы и размеров сварочной ванны электрод изгибают вдоль его образующей, придавая ему криволинейную форму, которую изменяют в процессе сварки.

16. Принцип частичного или избыточного решения

Если трудно получить 100% требуемого эффекта, надо получить «чуть меньше» или «чуть больше». Задача при этом может существенно упроститься.

Примеры:

Способ борьбы с градом, основанный на кристаллизации с помощью реагента (например, йодистого серебра) градового облака, отличающийся тем, что с целью резкого сокращения расхода реагента и средств его доставки осуществляют кристаллизацию не всего облака, а крупнокапельной (локальной) его части.

Устройство для дозирования металлических порошков, содержащее бункер с дозатором, отличающееся тем, что с целью обеспечения равномерной подачи порошка к дозатору бункер снабжен внутренней приемной воронкой и каналом с электромагнитным насосом для подачи (с избытком) порошка к воронке (рис. 4.9).

Задача: *Небольшие пластмассовые изделия цилиндрической формы снаружи покрывают краской с помощью распылителя. Если распылители включены на полную мощность, цилиндры почти мгновенно покрываются слишком толстым слоем краски: получается плохое покрытие, которое к тому же долго сохнет. Если распылители работают на минимальном режиме, процесс нанесения краски растягивается на 30-40 секунд и становится управляемым: можно легко уловить нужный момент, когда уже не будет неокрашенных мест, но еще не образуются избыточные слои краски. Однако при этом, естественно, резко снижается производительность. Применение электростатического способа окраски в данном случае исключено. Введение добавок в краску недопустимо. Как быть?*

Цилиндры окрашивают с избытком, который затем удаляют, используя центробежные силы.

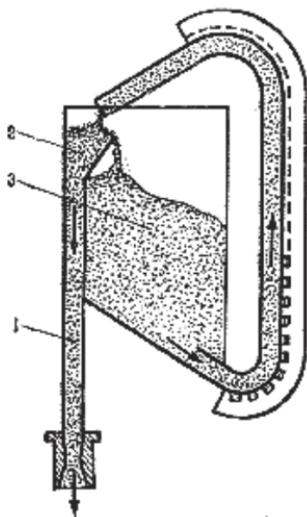


Рис. 4.9

17. Принцип перехода в другое измерение

а) Трудности, связанные с движением (или размещением) объекта по линии, устраняются, если объект приобретает возможность перемещаться в двух измерениях (то есть, на плоскости). Соответственно, задачи, связанные с движением (или размещением) объектов в одной плоскости, устраняются при переходе к пространству трех измерений.

б) Многоэтажная компоновка объектов вместо одноэтажной.

в) Наклонить объект или положить его «набок».

г) Использовать обратную сторону данной площади.

д) Использовать оптические потоки, падающие на соседнюю площадь или на обратную сторону имеющейся площади.

Примеры:

Полупроводниковый диод, отличающийся тем, что с целью увеличения мощности диода в нем применен профилированный электронно-дырочный переход и профилированный омический контакт

без увеличения периметра полупроводниковой пластины. Переход от плоского контакта к объемному позволяет при прежних габаритах диода получить большую площадь пластины полупроводника и, следовательно, большую мощность, снимаемую с электронно-дырочного перехода.

Известный советский изобретатель Д. Киселев, долгое время работавший над совершенствованием долота для бурения нефтяных скважин, рассказывает в своей книге «Поиски конструктора»: «В долоте также каждый подшипник обладает определенной грузоподъемностью, и, если увеличить их число, дать меньшую нагрузку каждому, можно улучшить условия их работы, предотвратить износ. Именно по этому пути шла все время моя мысль в поисках различных схем размещения подшипников. Но мешали габариты долота, малое пространство, на котором я имел возможность располагать необходимое мне количество шариков и роликов. Теперь же я вдруг увидел решение, вот оно рядом. На одном и том же участке поверхности можно разместить большее количество «элементов» подшипников в два яруса, как размещаются люди и вещи в купе пассажирских вагонов. Я даже рассмеялся: так просто было это решение, тщетно разыскиваемое много месяцев».

Способ механизации обмена вагонеток в горизонтальном проходческом забое, отличающийся тем, что с целью устранения подрыва кровли и устройства разъездов обмен груженных вагонеток на порожние производят посредством перенесения порожней вагонетки с возможным поворотом ее на угол в 90° над составом под грузку.

Устройство для магнитографической дефектоскопии, отличающееся тем, что с целью повышения срока службы кольцевая магнитная лента выполнена с двусторонним магниточувствительным покрытием и изогнута в виде листа Мёбиуса.

Теплица для круглогодичного выращивания овощных культур, отличающаяся тем, что с целью улучшения светового режима растений за счет использования солнечных лучей она снабжена вогнутым отражательным экраном, установленным поворотом с северной стороны теплицы.

Способ хранения зимнего запаса бревен на воде путем установки их на акватории рейда, отличающийся тем, что с целью увеличения удельной емкости акватории и уменьшения объема промороженной древесины бревна формируют в пучки, шириной и высотой в по-

перечном сечении превышающими длину бревен, после чего сформированные пучки устанавливают в вертикальном положении.

18. Использование механических колебаний

- а) Привести объект в колебательное движение.
- б) Если такое движение уже совершается, увеличить его частоту (вплоть до ультразвуковой).
- в) Использовать резонансную частоту.
- г) Применить вместо механических вибраторов пьезовибраторы.
- д) Использовать ультразвуковые колебания в сочетании с электромагнитными полями.

Примеры:

Способ вибродуговой наплавки и сварки деталей под слоем флюса с низкочастотными колебаниями электрода, отличающийся тем, что с целью повышения качества наплавленного металла на низкочастотные колебания электрода накладывают высокочастотные ультразвуковые колебания порядка, например, 20 кГц.

Способ безопилочного резания древесины при помощи изменяющего свои геометрические размеры режущего инструмента, отличающийся тем, что с целью снижения усилия внедрения инструмента в древесину резание осуществляют инструментом, частота пульсации которого близка к собственной частоте колебаний перрезаемой древесины.

Трение покоя резко снижает чувствительность тонких приборов, мешает стрелкам, маятникам и другим подвижным частям легко поворачиваться в подшипниках. Чтобы избежать этого, подшипники заставляют вибрировать, и элементы прибора все время совершают осциллирующие движения относительно друг друга. В качестве источника вибрации обычно используют электромотор. При этом кинематика прибора существенно усложняется, а вес увеличивается. Американские изобретатели Джон Броз и Вильям Лаубендорфер разработали конструкцию подшипника, в котором втулки выполняются из пьезоэлектрического материала, и с обеих сторон покрываются тонкой электропроводной фольгой. К фольге припаиваются электроды, по которым подводится переменный ток, создающий вибрацию.

Способ осаждения пыли с использованием магнитного поля, отличающийся тем, что... воздух подвергают одновременному воздействию акустического и магнитного полей.

19. Принцип периодического действия

а) Перейти от непрерывного действия к периодическому (импульсному).

б) Если действие уже осуществляется периодически – изменить периодичность.

в) Использовать паузы между импульсами для осуществления другого действия.

Примеры:

Известен способ исследования процесса дуговой сварки с использованием дополнительного осветителя. Однако при дополнительном освещении наряду с улучшением видимости твердого и жидкого материала, находящегося в области дуги, ухудшается видимость плазменно-газовой фазы столба дуги (явное техническое противоречие!). Предложенный способ отличается тем, что яркость дополнительного осветителя периодически изменяют от нуля до величины, превышающей яркость дуги. Это позволяет совместить наблюдение, как за самой дугой, так и за процессом плавления электрода и переноса металла.

Способ контроля исправности терморпары путем подогрева ее и проверки наличия в цепи ЭДС, отличающийся тем, что с целью уменьшения времени контроля нагревают терморпару периодическими импульсами тока, а в промежутки времени между импульсами проверяют наличие термоЭДС.

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.

20. Принцип непрерывности полезного действия

а) Вести работу непрерывно (все части объекта должны все время работать с полной нагрузкой).

б) Устранить холостые и промежуточные ходы.

Примеры:

Способ многоствольного бурения скважин двумя комплектами труб. При одновременном бурении двух-трех скважин применяются ротор с несколькими стволами, включаемыми в работу независимо друг от друга, и два комплекта бурильных труб, поочередно поднимаемых и опускаемых в скважины для смены отработанных долот.

Операции по смене долот совмещаются во времени с автоматическим бурением в одной из скважин.

Способ транспортировки сахара-сырца на судах, отличающийся тем, что с целью снижения стоимости транспортировки путем утилизации свободных пробегов используют танкеры, которые после разгрузки от нефтепродуктов или других жидких грузов, очистки и обработки моющими средствами загружают сахаром-сырцом.

Способ обработки отверстий в виде двух пересекающихся цилиндров, например, гнезд сепараторов подшипников, отличающийся тем, что с целью повышения производительности обработки ее осуществляют сверлом (зенкером), режущие кромки которого позволяют производить резание как при прямом, так и при обратном ходе инструмента.

Лекция 5. Методы устранения технических противоречий (21-40)

21. Принцип проскока

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

Примеры:

Способ скоростного нагрева металлических заготовок в потоке газа, отличающийся тем, что с целью повышения производительности и уменьшения обезуглероживания газ подают со скоростью не менее 200 м/сек, при сохранении потока постоянным на всем протяжении его контакта с заготовками.

При разгрузке палубного лесовоза его накрывают с помощью судна-кренователя. Чтобы в воду свалился весь лес, приходится создавать большой крен лесовоза, а это опасно. Предлагаемый способ состоит в том, что лесовоз быстро (рывком) накрывают на небольшой угол. Возникает динамическая нагрузка, лес разгружается при небольшом угле крена.

Устройство для разрезания тонкостенных пластмассовых труб большого диаметра. Особенность устройства – нож рассекает трубу так быстро, что она не успевает деформироваться.

Способ обработки древесины при производстве шпона путем прогрева, отличающийся тем, что с целью сохранения природной древесины прогрев ее осуществляют кратковременным воздействием факела пламени газа с температурой 300-600°C непосредственно в процессе изготовления шпона.

22. Принцип «обратить вред в пользу»

а) Использовать вредные факторы (в частности, вредное воздействие среды) для получения положительного эффекта.

б) Устранить вредный фактор за счет сложения с другим вредным фактором.

в) Усилить вредный фактор до такой степени, чтобы он перестал быть вредным.

Примеры:

Член-корреспондент Академии наук СССР П. Вологдин в статье «Путь ученого» (Ленинградский альманах, 1953, № 5) писал, что еще в двадцатых годах он задался целью применить токи высокой частоты для нагрева металла. Опыты показали, что металл нагревается лишь с поверхности. Ток высокой частоты никак не удавалось «за-

гнать» в глубь заготовки, и опыты прекратили. Впоследствии Вологдин не раз сожалел, что не использовал этот «отрицательный эффект»: промышленность могла бы получить метод высокочастотной закалки стальных деталей на много лет раньше, чем он был предложен в действительности.

По-иному сложилась судьба другого выдающегося изобретения – электроискровой обработки металла. Б.Р. Лазаренко и И.Н. Лазаренко работали над проблемой борьбы с электроэрозией металлов. Электрический ток «разъедал» металл в месте соприкосновения контактов реле, и с этим ничего не удавалось сделать. Были испробованы твердые и сверхтвердые сплавы – и все безрезультатно. Исследователи пытались помещать контакты в различные жидкости, но разрушение шло еще интенсивнее. Однажды изобретатели поняли, что этот «отрицательный эффект» можно где-то применить с пользой, и вся работа пошла теперь в другом направлении. 3 апреля 1943 года изобретатели получили авторское свидетельство на электроискровой способ обработки металла.

На рис. 5.1, А показано подвижное соединение двух частей щековой дробилки. Подвижность достигается благодаря сферической форме чугунного наконечника. Шейка этого наконечника – самое слабое место конструкции, здесь обычно и происходит излом. Можно, конечно, принять меры для предотвращения излома. *Ну а если мы заранее умышленно «сломаем» наконечник? Тогда он превратится в цилиндрическую втулку, которую уже невозможно сломать* (рис. 5.1, Б).

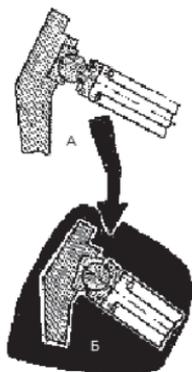


Рис. 5.1. Принцип «обратить вред в пользу»

Для защиты подземных кабельных линий от повреждений, вызываемых образованием в грунте морозобойных трещин, заранее прорывают узкие прорезы («трещины») в стороне от трассы кабеля (рис. 5.2).

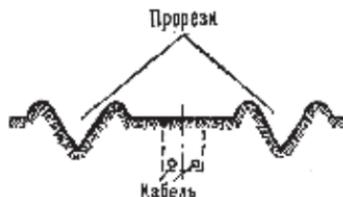


Рис. 5.2. Искусственные «трещины» – прорезы предохраняют кабельную линию от морозобойных трещин

Способ восстановления сыпучести смерзшихся насыпных материалов, отличающийся тем, что с целью ускорения процесса восстановления сыпучести материалов и снижения трудоемкости смерзшийся материал подвергают воздействию сверхнизких температур.

Сам по себе этот принцип прост: надо допустить то, что кажется недопустимым, – пусть случится! Но тут мысль изобретателя часто наталкивается на психологический барьер.

23. Принцип обратной связи

а) Ввести обратную связь.

б) Если обратная связь есть – изменить ее.

Примеры:

Внутри градирни ветер образует циркуляционные зоны, что снижает глубину охлаждения воды. Чтобы повысить эффективность охлаждения, в секциях градирни устанавливают температурные датчики и по их сигналам автоматически изменяют количество подаваемой воды.

Способ автоматического запуска конвейера, отличающийся тем, что с целью экономии электроэнергии, потребляемой в момент запуска конвейерного двигателя, измеряют мощность, потребляемую двигателем конвейера во время работы, фиксируют ее в момент остановки конвейера и полученный сигнал, обратно пропорциональный весу материала на конвейере, подают на пусковой двигатель в момент запуска конвейера.

Способ автоматического регулирования процесса ректификации путем воздействия на расход орошения в колонну в зависимости

от температуры и давления на выходе продукта, отличающийся тем, что с целью стабилизации содержания одного из компонентов в трехкомпонентной смеси дополнительно вводят коррекцию по удельному весу выходного продукта.

Способ автоматического регулирования температурного режима обжига сульфидных материалов в кипящем слое путем изменения потока нагружаемого материала в функции температуры, отличающийся тем, что с целью повышения динамической точности поддержания заданного значения температуры подачу материала меняют в зависимости от изменения содержания сернистого газа в отходящих газах.

24. Принцип «посредника»

а) Использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие.

б) На время присоединить к объекту другой (легкоудаляемый) объект.

Примеры:

Способ подвода электрического тока в жидкий металл, отличающийся тем, что с целью снижения электрических потерь ток к основному металлу подводят охлаждаемыми электродами через промежуточный жидкий металл, температура плавления которого ниже, а плотность и температура кипения выше, чем у основного металла.

Способ нанесения летучего ингибитора атмосферной коррозии на защищаемую поверхность, отличающийся тем, что с целью получения равномерного покрытия внутренних поверхностей сложных деталей через последние продувают нагретый воздух, насыщенный парами ингибитора.

Способ тарировки приборов для измерения динамических напряжений в плотных средах при статическом нагружении образца среды с заложенным внутри него прибором, отличающийся тем, что с целью повышения точности тарировки нагружение образца с заложенным внутри него прибором ведут через хрупкий промежуточный элемент.

25. Принцип самообслуживания

а) Объект должен сам себя обслуживать, выполняя вспомогательные и ремонтные операции.

б) Использовать отходы (энергии, вещества).

Примеры:

Дробеметный аппарат, корпус которого облицован изнутри износостойчивыми плитами, отличающийся тем, что с целью повышения стойкости облицовки плиты выполнены в виде магнитов, удерживающих на своей поверхности защитный слой дроби. На стенках дробемета возникает, таким образом, постоянно обновляемый защитный слой дроби.

Способ сооружения каналов оросительных систем из сборных элементов, отличающийся тем, что с целью упрощения транспортировки изделий после монтажа начального участка канала его торцы закрывают временными диафрагмами, готовый участок канала затопляют водой и последующие элементы, также закрытые с торцов временными диафрагмами, сплавляют по этому участку канала.

Способ охлаждения полупроводников диодов, отличающийся тем, что с целью улучшения условий теплообмена применяется полупроводниковый термозащитный элемент, рабочим током которого является ток, проходящий через диод в прямом направлении.

В электросварочном пистолете сварочную проволоку обычно подает специальное устройство. Предложено использовать для подачи проволоки соленоид, работающий от сварочного тока.

26. Принцип копирования

а) Вместо недоступного, сложного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии.

б) Заменить объект или систему объектов их оптическими копиями (изображениями). Использовать при этом изменение масштаба (увеличить или уменьшить копии).

в) Если используются видимые оптические копии, перейти к копиям инфракрасным или ультрафиолетовым.

Примеры:

Наглядное учебное пособие по геодезии, выполненное в виде написанного на плоскости художественного панно, отличающееся тем, что с целью последующей геодезической съемки с панно изображения местности оно выполнено по данным тахеометрической съемки и в характерных точках местности снабжено миниатюрными геодезическими рейками.

Иногда необходимо (для измерений или контроля) совместить два объекта, которые физически совместить невозможно. В этих слу-

чаях целесообразно применять оптические копии. Так была, например, решена задача пространственных измерений на рентгеновских снимках. Обычный рентгеновский снимок не позволяет определить, на каком расстоянии от поверхности тела находится очаг заболевания. Стереоскопические снимки дают объемное изображение, но и в этом случае измерения приходится вести на глаз: ведь внутри тела нет масштабной линейки! Нужно, таким образом, «совместить несовместимое»: тело человека, подвергнутого просвечиванию, и масштабную линейку. Новосибирский изобретатель Ф.И. Аксенов решил эту задачу, применив метод оптического совмещения. По способу Ф.И. Аксенова стереоскопические рентгеновские снимки совмещаются со стереоскопическими же снимками решетчатого куба. Рассматривая в стереоскоп совмещенные снимки, врач видит «внутри» большого решетчатый куб, играющий роль пространственного масштаба.

Вообще, во многих случаях выгоднее оперировать не с объектами, а с их оптическими копиями. Например, канадская фирма «Крютер Палп» пользуется специальной фотоустановкой для обмера бревен, перевозимых на железнодорожных платформах. По данным фирмы, фотографический обмер раз в 50-60 быстрее ручного, отклонение же результатов фотообмера от данных точного подсчета не превышает 1-2%.

Еще один интересный пример: *новый способ контроля поверхности внутренних полостей сферических деталей. В деталь наливают малоотражающую жидкость и, последовательно меняя ее уровень, производят фотографирование на один и тот же кадр цветной пленки. На снимке получают концентрические окружности. Сравнивая после увеличения (в проекционной системе) полученные этим способом линии с теоретическими линиями чертежа, с большой точностью определяют величину отклонения формы детали.*

27. Дешевая недолговечность взамен дорогой долговечности

Заменить дорогой объект набором дешевых объектов, поступившись при этом некоторыми качествами (например, долговечностью).

Примеры:

Правила асептики требуют, чтобы кипячение шприца с иглами для инъекции продолжалось не менее 45 минут. Между тем во многих случаях бывает необходимо ввести лекарство как можно быстрее. Во Всесоюзном научно-исследовательском институте медицинских

инструментов и оборудования создан шприц-тюбик для одноразового пользования. Это тонкостенный сосуд из пластмассы, на горловине которого укреплена стерильная игла, защищенная колпачком. Корпус шприца-тюбика в заводских условиях заполняется лекарственным препаратом и запаивается. Такой шприц можно привести в готовность буквально за считанные секунды – для этого достаточно лишь снять колпачок, прикрывающий иглу. Во время инъекции лекарство из тюбика выдавливается, после чего использованный шприц-тюбик выбрасывают.

Мышеловка одноразового действия: пластмассовая трубка с приманкой; мышь входит в ловушку через конусообразное отверстие; стенки отверстия разгибаются и не дают ей выйти обратно.

Пеленка одноразового использования. Содержит наполнитель типа промокашки. Существует много патентов такого типа: на одноразовые термометры, мусорные мешки, зубные щетки и т. д.

28. Замена механической схемы

а) Заменить механическую схему оптической, акустической или «запаховой».

б) Использовать электрические, магнитные и электромагнитные поля для взаимодействия с объектом.

в) Перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных – к меняющимся во времени, от неструктурных – к имеющим определенную структуру.

г) Использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами.

Примеры:

Способ контроля износа породоразрушающего инструмента, например, буровых долот, отличающийся тем, что с целью упрощения контроля в качестве сигнализации износа применяют монтируемые в теле долота ампулы с резко пахучими химическими веществами, например, с этилмеркаптаном.

Неизнашиваемая винтовая пара (рис. 5.3). Винтовая пара состоит из винта 1, в резьбу которого уложена обмотка 2, и гайки 3 с обмоткой 4. Винт и гайка расположены с зазором между ними. Гайка 3 жестко связана с подвижным узлом станка или прибора. При прохождении тока по обмоткам 2 и 4 вокруг них создаются магнитные поля. Замыкание этих полей происходит соответственно через гайку и винт, причем магнитный поток достигает максимальной величины при совмещении витков винта и гайки. При вращении винта

магнитный поток между сместившимися один относительно другого витками обмоток винта и гайки искривляется и, как следствие, возникает усилие, стремящееся восстановить первоначальное взаимное расположение витков. Это усилие и будет вызывать поступательное перемещение гайки с подвижным узлом. Наличие зазора между винтом и гайкой позволяет значительно продлить срок службы винтовой пары, сделать их практически неизнашиваемыми.

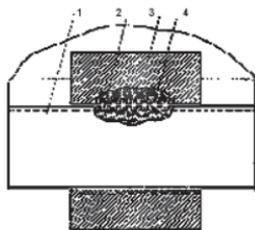


Рис. 5.3. В этой винтовой паре гайка движется без трения, за счет взаимодействия электромагнитных полей

На одном заводе делали сверхлювелирную по тонкости работу: шлифовали стенки отверстия диаметром в полмиллиметра. Для такой операции изготовили миниатюрный шлифовальник диаметром в две десятых миллиметра, обсыпанный алмазной пылью. Инструмент этот вращала пневматическая турбина со скоростью 1000 оборотов в секунду! Кроме того, шлифовальник двигался по контуру отверстия, обходя его каждую минуту 150 раз. Рабочий был не в силах проникнуть взглядом в зону обработки, не мог уловить момент, когда крохотный инструмент касался детали. Рабочий то затягивал процесс обработки, то кончал его слишком рано, в обоих случаях детали шли в брак. Собирались уже конструировать уникальный станок-автомат. Но изобретательская мысль нашла простой выход: деталь изолировали от станка, присоединили к ней один полюс электробатарейки, а другой полюс подвели к станку. В цепь включили усилитель и громкоговоритель. Теперь, как только инструмент касался детали, громкоговоритель «вскрикивал». Кричащий станок издавал звуки, по которым можно было судить и о том, когда началась шлифовка, и о том, как она проходит, – тональность звука менялась.

Способ проведения процессов, например, каталитических, в системах с движущимся катализатором, отличающийся тем, что с

целью расширения области применения создают движущееся магнитное поле и применяют катализатор с ферромагнитными свойствами.

Способ интенсификации теплообмена в трубчатых элементах поверхностных теплообменников, отличающийся тем, что с целью повышения коэффициента теплоотдачи в поток теплоносителя вводят ферромагнитные частицы, перемещающиеся под действием вращающегося магнитного поля преимущественно у стенок теплообменника, для разрушения и турбулизации пограничного слоя.

После обработки деталей в галтовочных барабанах или вибрационных установках детали нужно отделить от абразивных зерен. Если детали крупные, это сделать нетрудно, если они ферромагнитные, их можно выловить на магнитных сепараторах. Но если детали не обладают магнитными свойствами, а по размерам не отличаются от абразивных зернышек? По данному изобретению задача решается тем, что абразиву придают магнитные свойства. Это можно сделать спрессовыванием или спеканием смеси абразивных зерен и магнитных частиц – стружек, крупинок и т. п., а также внедрением их в поры абразивов.

Способ нанесения металлических покрытий на термопластичные материалы путем контакта с порошком металла, нагретым до температуры, превышающей температуру плавления термопласта, отличающийся тем, что с целью повышения прочности сцепления покрытия с основой и его плотности процесс осуществляют в электромагнитном поле.

29. Использование пневмоконструкций и гидроконструкций

Вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкие: надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные.

Примеры:

Цель изобретения – улучшение тяги и увеличение высоты рассеивания отводимых газов. Это достигается тем, что корпус трубы (рис. 5.4) образован конической спиралью 1, полые витки которой имеют сопла 2 и соединены с полыми опорами 3, свободные концы которых, в свою очередь, присоединены к компрессору 4. При включении компрессора 4 воздух, поднимаясь под давлением по опорам 3, попадает в спиральные витки корпуса и, вырываясь из сопел 2, создает воздушную «стенку».

Способ окраски крупногабаритных изделий распылением с удалением паров растворителя и окрасочного тумана через вентиляционную засасывающую систему, отличающийся тем, что с целью уменьшения производственных площадей вокруг окрашиваемого изделия создают восходящую на высоту, превышающую высоту изделия, воздушную завесу, верхние концы которой завихряют посредством напольной вентиляционной засасывающей системы. Изобретение это преодолевает такое же техническое противоречие, что и в предыдущем случае. Поэтому похожи и решения: пневмостенка вместо жесткой трубообразной ограды.

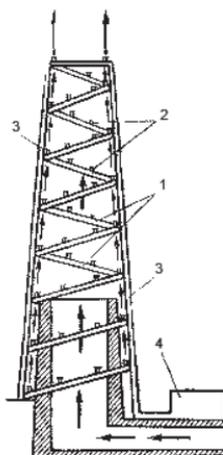


Рис. 5.4. Вместо массивной дымовой трубы – ажурное сооружение: полая спираль, имеющая на витках сопла, через которые подается сжатый воздух, образующий «стенку»

Опора для сферического резервуара, включающая основание, отличающаяся тем, что с целью снижения напряжений в оболочке резервуара основание опоры выполнено в виде заполненного жидкостью сосуда с вогнутой крышкой из эластичного материала, принимающей форму опираемой на нее оболочки резервуара.

А вот двойник этого изобретения. Устройство для передачи усилий от опоры копра на фундамент, отличающееся тем, что с целью обеспечения равномерности передачи давления на фундамент оно выполнено в виде плоского замкнутого сосуда, заполненного жидкостью.

Интересно, сколько еще авторских свидетельств будет выдано на применение одного и того же типового приема: если А должно давить на Б равномерно, положи между А и Б жидкостную подушку.

Для соединения гребного вала судна со ступицей винта в вале сделан паз, в котором размещена эластичная полая емкость (узкий «воздушный мешок»). Если в эту емкость подать сжатый воздух, она раздуется и прижмет ступицу к валу. Обычно в таких случаях использовали металлический соединительный элемент, но соединение с «воздушным мешком» проще изготовить: не нужна точная подгонка сопрягаемых поверхностей. Кроме того, такое соединение сглаживает ударные нагрузки. Интересно сравнить это изобретение с опубликованным позже изобретением: *на контейнер для транспортирования хрупких изделий (например, дренажных труб): в контейнере имеется надувная оболочка, которая прижимает изделия и не дает им биться при перевозке.* Разные области техники, но задачи и решения абсолютно идентичны. Например: *надувной элемент работает в захвате подъемного крана; прижимает хрупкие изделия в устройстве для распиловки.* Таких изобретений великое множество. По мнению Г.С. Альтшуллера пора прекратить патентовать такие предложения, а в учебники конструирования ввести простое правило: если надо на время деликатно прижать один предмет к другому, используйте «воздушный мешок». Это, конечно, не значит, что весь прием 29 перестанет быть изобретательским.

«Воздушный мешок», прижимающий одну деталь к другой, — типичный веполь, в котором «мешок» играет роль механического поля. В соответствии с общим правилом развития вепольных систем следовало ожидать перехода к фепольной системе. Такой переход действительно произошел: например, *предложено внутрь «воздушного мешка» ввести ферромагнитный порошок, а для усиления прижима использовать магнитное поле.* И снова несовершенство формы патентования привело к тому, что запатентована не универсальная идея управления «воздушным мешком», а частное усовершенствование шлифовального «воздушного мешка».

30. Использование гибких оболочек и тонких пленок

а) Вместо объемных конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие пленки.

б) Изолировать объект от внешней среды с помощью гибких оболочек и тонких пленок.

Примеры:

Чтобы уменьшить потери влаги, испаряющейся через листья деревьев, американские исследователи опрыскивают их полиэтиленовым «дождем». На листьях создается тончайшая пластмассовая пленка. Растение, укрытое пластмассовым одеялом, развивается нормально благодаря тому, что полиэтилен значительно лучше пропускает кислород и углекислый газ, чем пары воды.

Способ экстракции в системе жидкость – жидкость, отличающийся тем, что с целью интенсификации процесса массообмена струю одной фазы подают через слой газа на поверхность другой фазы, перемещаемой пленкой по твердой поверхности.

Способ формирования газобетонных изделий путем заливки сырьевой массы в форму и последующей выдержки, отличающийся тем, что с целью повышения степени вспучивания на залитую в форму сырьевую массу укладывают газонепроницаемую пленку.

31. Применение пористых материалов

а) Выполнить объект пористым или использовать дополнительные пористые элементы (вставки, покрытия и т. п.).

б) Если объект уже выполнен пористым, предварительно заполнить поры каким-то веществом.

Машины всегда строились из плотных (непроницаемых) материалов. Инерция мышления приводит к тому, что задачи, легко решаемые при использовании пористых материалов, зачастую пытаются решить введением специальных устройств и систем, сохраняя все элементы конструкции непроницаемыми. Между тем высокоорганизованной машине присуща проницаемость – примером может служить любой живой организм, начиная с клетки и кончая человеком. Внутреннее перемещение вещества – одна из важных функций многих машин. «Грубая» машина осуществляет эту функцию с помощью труб, насосов и т. п., «тонкая» машина – с помощью пористых материалов и молекулярных сил.

Примеры:

Способ защиты внутренних поверхностей стенок емкости от отложений твердых или вязких частиц из находящегося в емкости продукта, отличающийся тем, что с целью повышения эффективности защиты и снижения энергозатрат внутрь емкости, изготовленной из пористого материала, подают через ее стенки не образующую отложений жидкость под давлением, превосходящим давление внутри емкости.

Способ внесения добавок в жидкий металл с помощью огнеупорных материалов, отличающийся тем, что с целью улучшения режима внесения добавок в металл погружают пористый огнеупор, предварительно пропитанный материалом добавки.

Система испарительного охлаждения электрических машин, отличающаяся тем, что с целью исключения необходимости подвода охлаждающего агента к машине активные части и отдельные конструктивные элементы ее выполнены из пористых металлов, например, пористых порошковых сталей, пропитанных жидким охлаждающим агентом, который при работе машины испаряется и таким образом обеспечивает кратковременное, интенсивное и равномерное ее охлаждение.

32. Принцип изменения окраски

- а) Изменить окраску объекта или внешней среды.
- б) Изменить степень прозрачности объекта или внешней среды.
- в) Для наблюдения за плохо видимыми объектами или процессами использовать красящие добавки.
- г) Если такие добавки уже применяются, использовать меченые атомы или люминофоры.

Примеры:

В кузнечных и литейных цехах, на металлургических заводах, всюду, где необходимо защитить рабочих от действия жары, применяются водяные завесы. Такие завесы отлично защищают рабочих от невидимых тепловых (инфракрасных) лучей, однако слепяще-яркие лучи от расплавленного металла беспрепятственно проходят сквозь тонкую жидкую пленку. Чтобы защитить рабочих и от них, сотрудники польского Института охраны труда предложили окрашивать воду, из которой создается водяная завеса, – оставаясь прозрачной, она полностью задерживает тепловые лучи и в нужной степени ослабляет силу видимого излучения.

В фиксирующий раствор вводят краситель, который обратимо поглощается фотографическим слоем и не закрашивает подложку-бумагу или целлулоид. Краситель при последующей промывке водой должен удаляться из слоя. Скорость вымывания красителя из фотографического слоя примерно равна скорости вымывания тиосульфата натрия или несколько меньше ее. Обесцвечивание фотографического изображения свидетельствует о полноте промывки слоя от остатков солей, при помощи которых производилось фиксирование фотографического материала.

Прозрачная повязка, позволяющая наблюдать рану, не снимая повязки.

33. Принцип однородности

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

Примеры:

Литейный желоб для обработки расплавленного металла звуком или ультразвуком с помощью звукоизлучателя, помещенного в расплавленный металл, отличающийся тем, что находящаяся в соприкосновении с расплавленным металлом часть звукоизлучателя выполнена из того же металла, что и обрабатываемый металл, или одного из его легирующих компонентов и частично расплавляется этим расплавленным металлом, а остальная часть звукоизлучателя принудительно охлаждается и остается прочной.

Способ смазывания охлаждаемого подшипника скольжения, отличающийся тем, что с целью улучшения смазывания при повышенных температурах в качестве смазывающего вещества берут тот же материал, что и материал вкладыша подшипника.

Способ очистки газов от пыли, содержащей расплавленные частицы, отличающийся тем, что с целью повышения эффективности процесса исходные газы барботируют в среде, образованной при слиянии этих же частиц в расплав.

Способ сварки металлов, при котором свариваемые кромки устанавливают с зазором и подают в него присадочный материал с последующим нагревом свариваемых кромок, отличающийся тем, что с целью улучшения сварки в качестве присадочного материала используют летучие соединения тех же металлов, что и свариваемые.

Способ получения постоянной литейной формы путем образования в ней рабочей полости по эталону методом литья, отличающийся тем, что с целью компенсации усадки изделия, полученного в этой форме, эталон и форму выполняют из материала, одинакового с изделием.

34. Принцип отброса и регенерации частей

а) Выполнившая свое назначение или ставшая ненужной часть объекта должна быть отброшена (растворена, испарена и т. п.) или видоизменена непосредственно в ходе работы.

б) Расходуемые части объекта должны быть восстановлены непосредственно в ходе работы.

Примеры:

При аварийной посадке самолета бензин вспенивают с помощью специальных химических веществ, переводя в негорючее состояние.

Чтобы при резком старте ракеты не пострадали чувствительные приборы, их погружают в пенопласт, который, выполнив роль амортизатора, быстро испаряется в космосе.

Нетрудно заметить, что этот принцип – дальнейшее развитие принципа динамизации: объект изменяется в процессе действия, но изменяется сильнее. Самолет с меняющейся в полете геометрией крыла – это принцип динамизации. Ракета, отбрасывающая отработанные ступени, – принцип отброса.

А вот изобретения-близнецы: *Способ изготовления винтовых микропружин, отличающийся тем, что с целью повышения производительности оправку выполняют из эластичного материала и удаляют путем погружения ее вместе с пружиной в состав, растворяющий эластичный материал.*

Способ изготовления резиновых шаров-разделителей, 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.

Способ производства полых профилей, отличающийся тем, что с целью получения разнообразных по размерам и форме профилей на сортовых станах прокатке подвергают сварные пакеты, наполненные огнеупорным материалом, например, магнезитовым порошком, с последующим удалением наполнителя.

Способ исследования высокотемпературных зон, преимущественно сварочных процессов, при котором в исследуемую зону вводят зонд-световод, отличающийся тем, что с целью улучшения возможности исследования высокотемпературных зон при дуговой и электрошлаковой сварке используют плавящийся зонд-световод, который непрерывно подают в исследуемую зону со скоростью не менее скорости его плавления.

Можно привести сотни подобных изобретений. Трудно представить, сколько времени потеряли изобретатели на поиски, каждый раз отыскивая идею «с нуля». А ведь здесь один типовой прием: изготавливай объект А на оправке Б, которую можно удалить растворением, испарением, плавлением, химической реакцией и т. д.

Способ компенсации износа непрофилированного электрода-инструмента при электроэрозионной обработке токопроводящих материалов, отличающийся тем, что с целью увеличения срока службы электрода-инструмента на его рабочую поверхность в процессе обработки непрерывно напыляют слой металла.

При гидротранспортировании кислых гидросмесей с абразивными материалами внутренние стенки трубопроводов быстро изнашиваются. Защита их футеровкой сложна, трудоемка, ведет к увеличению наружного диаметра труб. Описываемый способ защиты труб предусматривает образование на внутренних стенках трубы защитного слоя (гарниссажа). Для этого в транспортируемую гидросмесь периодически вводят известковый раствор. Таким образом, внутренние стенки трубопроводов всегда защищены от износа, а сечение трубопровода уменьшается незначительно, так как гарниссаж изнашивается под действием абразивной кислой смеси.

35. Изменение физико-химических параметров объекта

- а) Изменить агрегатное состояние объекта.
- б) Изменить концентрацию или консистенцию.
- в) Изменить степень гибкости.
- г) Изменить температуру.

Примеры:

Способ проведения массообменных процессов в системе газ – вязкая жидкость, отличающийся тем, что с целью интенсификации процесса вязкую жидкость перед подачей в аппарат предварительно газифицируют.

Дозатор сыпучих материалов, например, минеральных удобрений и ядохимикатов, выполненный в виде шнека, заключенного в кожух с выходным отверстием, отличающийся тем, что с целью возможности регулирования шага винтовая поверхность шнека выполнена из эластичного материала с пружинной спиралью на внутренней и наружной сторонах (рис. 5.5).

Сюда входят не только простые переходы, например, от твердого состояния к жидкому, но и переходы к «псевдосостояниям» («псевдожидкость») и промежуточным состояниям, например, использование эластичных твердых тел.

Участок торможения для посадочной полосы выполнен в виде «ванны», заполненной вязкой жидкостью, на которой расположен толстый слой эластичного материала.

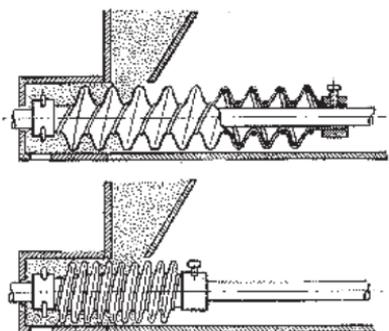


Рис. 5.5. В дозаторе сыпучих материалов шнек выполнен из эластичного материала с пружинной спиралью; это позволяет регулировать шаг шнека

36. Применение фазовых переходов

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

Примеры:

Способ изготовления ребристых труб, заключающийся в раздаче заглушённых труб водой, подаваемой под давлением, отличающийся тем, что с целью удешевления и ускорения процесса изготовления поданную под давлением воду замораживают.

Может возникнуть вопрос: чем прием № 36 отличается от приемов № 35-а (изменение агрегатного состояния) и № 15 (принцип динамичности)? Прием № 35-а заключается в том, что вместо агрегатного состояния А объект используют в агрегатном состоянии Б и именно за счет особенностей состояния Б получают нужный результат. Суть приема № 15 в том, что мы пользуемся то свойствами, присущими состоянию А, то свойствами, присущими состоянию Б. При использовании приема № 36 задача решается за счет явлений, связанных с переходом от А к Б или обратно. Если, например, мы наполним трубу не водой, а льдом, ничего с трубой не произойдет. Требуемый эффект достигается за счет увеличения объема воды при замерзании.

Способ охлаждения различных объектов с помощью циркулирующего по замкнутому контуру жидкого теплоносителя, отличающийся тем, что с целью уменьшения количества циркулирующего теплоносителя и снижения энергетических затрат часть теплоносителя переводят в твердую фазу и охлаждение ведут полученной смесью.

Заглушка для герметизации трубопроводов и горловин с различной формой сечения, отличающаяся тем, что с целью унификации и упрощения конструкции она выполнена в виде стакана, в который заливается легкоплавкий металлический сплав, расширяющийся при затвердевании и обеспечивающий герметичность соединения.

«Фазовые переходы» – понятие более широкое, чем «изменение агрегатного состояния». К фазовым переходам, в частности, относятся и изменения кристаллической структуры вещества. Так, олово может существовать в виде белого олова (плотность 7,31) и серого олова (плотность 5,75). Переход – при 18°C – сопровождается резким увеличением объема (значительно большим, чем при замерзании воды; поэтому и усилия здесь могут быть получены намного большие). Поллиморфизм (кристаллизация в нескольких формах) присущ многим веществам. Явления, сопровождающие полиморфные переходы, могут быть использованы при решении самых различных изобретательских задач. Например: *используются полиморфные трансформации висмута и церия.*

37. Применение термического расширения

а) Использовать термическое расширение (или сжатие) материалов.

б) Если термическое расширение уже используется, применить несколько материалов с разными коэффициентами термического расширения.

Примеры:

Способ волочения труб на подвижной оправке при пониженных температурах, отличающийся тем, что с целью создания зазора между трубой и оправкой после волочения для извлечения последней из трубы без обкатки, в охлажденную трубу перед волочением вводят предварительно подогретую, например, до температуры 50-100°C оправку, извлечение которой после деформации производят после выравнивания температур трубы и оправки.

Заготовка для горячего прессования многослойных изделий, выполненных в виде концентрично расположенных втулок, изготовленных из различных материалов, отличающаяся тем, что с целью получения многослойных изделий с напряженными слоями каждая втулка изготовлена из материала, имеющего температурный коэффициент линейного расширения выше температурного коэффициента линейного расширения материала втулки, расположенной внутри нее.

Смысл приема – в переходе от «грубого» движения на макроуровне к «тонкому» движению на молекулярном уровне. С помощью термического расширения можно создавать большие усилия и давления. Термическое расширение позволяет очень точно «дозировать» движение объекта.

Устройство для микроперемещения рабочего объекта, например, кристаллодержателя с затравкой, отличающееся тем, что с целью обеспечения максимальной плавности оно содержит два стержня, подвергаемых электронагреву и охлаждению по заданной программе, находящихся в закрепленных на суппортах термостатируемых камерах и поочередно перемещающих объект в нужном направлении.

Предложено крышу парников делать из шарнирно-закрепленных пустотелых труб, внутри которых находится легкорасширяющаяся жидкость. При изменении температуры меняется центр тяжести труб, поэтому трубы сами поднимаются и опускаются.

38. Применение сильных окислителей

- а) Заменить обычный воздух обогащенным кислородом.
- б) Заменить обогащенный воздух кислородом.
- в) Воздействовать на воздух или кислород ионизирующими излучениями.
- г) Использовать озонированный кислород.
- д) Заменить озонированный (или ионизированный) кислород озоном.

Основная цель этой цепи приемов – повысить интенсивность процессов. Как пример можно назвать способ спекания и обжига дисперсного материала с применением интенсификации процесса горения путем продувки воздухом, обогащенным кислородом; плазменно-дуговую резку нержавеющей сталей, при которой в качестве режущего газа берут чистый кислород; интенсификацию процесса агломерации руд путем ионизации окислителя и газообразного топлива перед подачей в слой шихты и т.д.

Способ получения пленок феррита путем химических газотранспортных реакций в окислительной среде, отличающийся тем, что с целью интенсификации окисления и увеличения однородности пленок процесс осуществляют в среде озона.

39. Применение инертной среды

- а) Заменить обычную среду инертной.
- б) Вести процесс в вакууме.

Этот прием можно считать антиподом предыдущего.

Примеры:

Способ предотвращения загорания хлопка в хранилище, отличающийся тем, что с целью повышения надежности хранения хлопок подвергают обработке инертным газом в процессе его транспортировки к месту хранения.

40. Применение композиционных материалов

Перейти от однородных материалов к композиционным материалам.

Примеры:

Легкие прочные тугоплавкие изделия выполнены на основе алюминия и упрочнены множеством покрытых танталом волокон углерода. Такие изделия характеризуются высоким модулем упругости и используются в качестве материалов для конструирования кораблей воздушного и морского флотов.

Способ записи, при котором используют чернила, содержащие мелкие магнитные частицы. В отличие от обычных, магнитные чернила управляются магнитным полем.

Среда для охлаждения металла при термической обработке, отличающаяся тем, что с целью обеспечения заданной скорости охлаждения она состоит из взвеси газа в жидкости.

Композиционные материалы – составные материалы, которые обладают свойствами, не присущими их частям.

Композиционные материалы изобретены природой и широко ею используются. Так, древесина представляет собой композицию целлюлозы с лигнином. Волокна целлюлозы обладают высокой прочностью на разрыв, но легко изгибаются. Лигнин связывает их в единое целое и сообщает материалу жесткость. Интересный композиционный материал представляет сочетание легкоплавкого вещества (например, сплава Вуда) с волокнами тугоплавкого материала (например, стали). Такой материал легко плавится, а застыв, обладает высокой прочностью. Постепенно происходит взаимная диффузия частиц припоя и волокон, в результате чего образуется сплав с высокой температурой плавления. Другой композиционный материал (взвесь частиц кремния в масле) способен твердеть в электрическом поле.

Лекция 6. Некоторые элементы алгоритма решения изобретательских задач

Таблица устранения технических противоречий. Анализ задачи. Инерция формулировок, терминов и мышления. Оператор РВС. «Нерешимость» изобретательских задач. Структура талантливого мышления.

Одновременно с выявлением приемов составлялись и постепенно совершенствовались таблицы применения приемов для устранения типовых технических противоречий. В таблицах записаны показатели, которые необходимо изменить (улучшить, увеличить, уменьшить), а также показатели, которые недопустимо ухудшаются, если использовать обычные (уже известные) способы. В клетках таблицы, на пересечении строк и колонок, записаны приемы.

В последней модификации таблицы 39 строк и 39 колонок. Не все клетки заполнены, но и так таблица указывает приемы более чем для 1200 типов технических противоречий (Приложение 1).

При составлении таблицы для каждой клетки – приходилось определять авангардную отрасль техники, в которой данный тип противоречий устраняется наиболее сильными и перспективными приемами. Так, для противоречий типа «вес – продолжительность действия», «вес – скорость», «вес – прочность», «вес – надежность» наиболее подходящие приемы содержатся в изобретениях по авиационной и космической технике.

Противоречия, связанные с необходимостью повышать точность, эффективнее всего устраняются приемами, присущими изобретениям в области оборудования для физических экспериментов.

Таблица применения приемов, используемых в ведущих отраслях техники, помогает находить сильные решения для обычных изобретательских задач. Чтобы таблица годилась и для задач, только еще возникающих в ведущих отраслях, она должна дополнительно содержать новейшие приемы, которые начинают входить в изобретательскую практику. Таблица, таким образом, отражает коллективный творческий опыт нескольких поколений изобретателей.

Основные приемы и таблица их применения – пожалуй, самое простое в алгоритме решения изобретательских задач (АРИЗ) с элементами, которого мы знакомимся в лекциях. Применение приемов не требует той дисциплины мысли, которая необходима для анализа (вепольного и «по шагам»), не требует знания физики. Таблица при-

влекает автоматизмом: не надо думать, взял исходные данные и получил почти готовый ответ.

В таблице (Приложение 1) по вертикали и горизонтали расположены универсальные показатели, а на их пересечении указаны номера приемов.

Опишем универсальные параметры:

1. Вес подвижного объекта;
2. Вес неподвижного объекта;
3. Длина подвижного объекта;
4. Длина неподвижного объекта;
5. Площадь подвижного объекта;
6. Площадь неподвижного объекта;
7. Объем подвижного объекта;
8. Объем неподвижного объекта;
9. Скорость;
10. Сила;
11. Напряжение, давление;
12. Форма;
13. Устойчивость состава объекта;
14. Прочность;
15. Продолжительность действия подвижного объекта;
16. Продолжительность действия неподвижного объекта;
17. Температура;
18. Освещенность;
19. Энергия, расходуемая подвижным объектом;
20. Энергия, расходуемая неподвижным объектом;
21. Мощность;
22. Потери энергии;
23. Потери вещества;
24. Потери информации;
25. Потери времени;
26. Количество вещества;
27. Надежность;
28. Точность измерения;
29. Точность изготовления;
30. Вредные факторы, действующие на объект извне;
31. Вредные факторы, генерируемые самим объектом;
32. Удобство изготовления;

- 33.Удобство эксплуатации;
- 34.Удобство ремонта;
- 35.Адаптация, универсальность;
- 36.Сложность устройства;
- 37.Сложность контроля и измерения;
- 38.Степень автоматизации;
- 39.Производительность.

Прежде чем использовать таблицу, необходимо выявить техническое противоречие, присущее данной задаче. После этого следует:

- Выбрать по таблице в вертикальной колонке (рис. 6.1) параметр, который нужно изменить (увеличить, уменьшить, улучшить) по условиям задачи. Например, на рис. 6.1 мы выбрали строчку **9. Скорость**.
- В горизонтальной строке выбрать параметр, который недопустимо ухудшается. Например, на рис. 6.1 мы выбрали столбец **10. Сила**.
- На пересечении их в клеточке указаны номера приемов, которые рекомендовано использовать. Например, на рис. 6.1 – это приемы **13, 28, 15, 19**.

Улучшаемый параметр	Ухудшаемый параметр				
	1. Вес подвижного объекта	...	9. Скорость	10. Сила	...
1. Вес подвижного объекта		...	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	...
...
9. Скорость	2, 28, 13, 38	...		13, 28, 15, 19	...
10. Сила					...
...	

Рис. 6.1. Фрагмент таблицы приемов устранения технических противоречий

Рассмотрим теперь особенности и некоторые моменты работы над изобретательской задачей.

Первые стадии творческого процесса изобретателя посвящены выбору задачи и уточнению ее условий. Первоначальная формулировка, в какой задача попадает изобретателю, почти всегда неточна или даже ошибочна.

Например, изобретателю говорят: «Нужно найти способ осуществления такой-то операции». Но, возможно, выгоднее пойти в обход, устранив необходимость в этой операции! Очень часто обходные пути оказываются перспективнее прямых путей.

Анкетный опрос изобретателей и непосредственное наблюдение за их творческим процессом Г.С. Альтшуллера показывали, что в большинстве случаев изобретатель пытается решать задачу, **не разобравшись достаточно внимательно в ее условиях**. После каждого неудачного наскока он возвращается к условиям задачи, уясняет какую-то одну их часть и сразу же совершает очередную пробу. Это повторяется многократно, и изобретатель нередко бросает попытки найти решение, так и не разобравшись в условиях задачи.

Работая по алгоритму, **изобретатель, прежде всего, основательно изучает задачу, шаг за шагом снимает с нее внешние, нехарактерные слои, выделяет то, что составляет ее существо**.

Первая часть алгоритма представляет собой, таким образом, цепочку логических действий. Тут довольно отчетливо видна роль логики в творческом процессе.

Первоначальная формулировка задачи подобна глыбе угля: можно сколько угодно раз пытаться зажечь такую глыбу – огня не будет. Логика дробит глыбу. Чем мельче уголь, тем легче его зажечь. На какой-то стадии дробления появляется даже возможность самовозгорания угля.

Вы начали решать задачу. Первый шаг еще не сделан, и вам кажется, что все впереди. Вы считаете, что можете пойти по любому направлению. Но это заблуждение! Даже в том случае, если вы «очистили» условия задачи от явной тенденциозности, инерция заставит вас двигаться в направлении, предопределенном не явной (но существующей) тенденциозностью задачи. Задача ставится в уже известных терминах. И эти термины отнюдь не остаются нейтральными, они стремятся сохранить присущее им содержание. Изобретение же состоит в том, чтобы придать старым терминам или их совокупности новое содержание.

Инерцией, присущей технической терминологии, прежде всего и объясняется инерция мышления. Изобретатель «думает словами», и эти слова – неощутимо для изобретателя! – подталкивают его в определенном направлении. Чаще всего в направлении уже известных технических идей, для которых и была создана терминология. Неслучайно Ф. Энгельс говорил: «В науке каждая новая точка зрения влечет за собой революцию в ее технических терминах».

Вспомним хотя бы задачу о намотке. С самого начала формулировка задачи навязывала изобретателю определенное направление поисков. Нужно наматывать проволоку, говорилось в условиях задачи. Но почему наматывать? Только в силу инерции терминологии: ранее известные способы основывались именно на намотке, и вот новая задача была сформулирована в старых терминах. Между тем не нужна намотка сама по себе, надо иметь колечко со спиралью. Зачем же заранее усложнять задачу, вводя дополнительное требование – получить колечко со спиралью обязательно путем намотки?

Конечно, если бы вопрос был поставлен так с самого начала, мы сказали бы: нет, намотка не обязательна, нужно только иметь колечко со спиралью... Беда, однако, в том, что опасная тенденциозность терминов становится видимой лишь после решения задачи. В начале же все кажется естественным: надо наматывать – что же еще?

На одном из семинаров была рассмотрена задача о переброске нефтепровода через ущелье. По условиям задачи устройство опор или подвески исключалось. Обычно в таких случаях изгибают нефтепровод в виде арки (обращенной выпуклостью вверх или – при больших пролетах – вниз). Но в задаче было сказано: «Грубопровод необходимо перебросить без прогибов». Решение получилось тривиальное: «Нужно увеличить площадь поперечного сечения трубы».

В следующий раз та же задача формулировалась иначе: «Нефтепровод необходимо перебросить «без ничего» и «без прогибов».

Таким образом, заменено было одно лишь слово: вместо «трубопровод» в задаче теперь говорилось «нефтепровод».

На этот раз среди решений оказалось и такое: «Прочность зависит от площади и формы поперечного сечения нефтепровода. Площадь менять нельзя по условию задачи (проигрыш в весе). Остается менять форму поперечного сечения. Пусть это будет полый двутавр. Тогда при том же расходе металла на единицу длины несущая способность нефтепровода повысится. Но такая форма сложнее в изготовлении. Однако двутавр (на этом участке) можно составить из двух

труб (меньшего диаметра, чем основной трубопровод), расположенных одна над другой и соединенных вертикальными связями».

Вот к каким результатам привела замена одного только термина на более общий! В первом случае в условиях задачи присутствовало слово «труба». И хотя нефтепровод не обязательно должен иметь в поперечном сечении форму трубы, но инерция мысли такова, что «сойти с рельсов» трудно, а они ведут в направлении малоперспективном. Как только слово «труба» исчезло из условий задачи, инерция мышления была погашена. В поле зрения сравнительно легко попала простая, но в данном случае новая мысль: нефтепровод не обязательно должен быть трубой.

В автобиографических записках Л. Инфельда рассказывается о задаче, которую П. Капица предложил Л. Ландау и Л. Инфельду: «...собаке привязали к хвосту металлическую сковородку. Когда собака бежит, сковородка стучается о мостовую. Вопрос: с какой скоростью должна бежать собака, чтобы не слышать стука сковородки? Мы с Ландау долго размышляли, какое тут возможно решение. Наконец Капица сжалился над нами и дал ответ, – разумеется, очень смешной...».

Ответ и в самом деле неожиданный: скорость равна нулю. Что же затрудняло решение столь простой задачи?

Условия задачи говорят о скорости, а скорость – в нашем представлении – твердо связана с движением. Решая задачу, мы невольно рассматриваем варианты, подразумевающие наличие движения. Конечно, каждому известно, что скорость может быть, в частности, равна нулю. Но это «нетипично», и инерция связанных со словом «скорость» представлений уводит мысль в сторону. Если задачу сформулировать без слова «скорость» («Как должна вести себя собака, чтобы не слышать...»), решение станет очевидным.

Объект, над которым думает изобретатель (машина, процесс, вещество), «задается» в определенных терминах. Каждый такой термин имеет традиционные, привычные границы. Между тем всякое изобретение связано с расширением этих границ. Когда мы, например, представляем себе спуск груза на парашюте, отчетливо рисуется расположенный сверху купол и подвешенный снизу груз. Но вот появляется изобретение, в котором все наоборот: груз расположен над куполом, опускающимся вершиной вниз. Привычный термин расширяется: теперь мы знаем, что парашюты могут быть «нормальные» и «обратные».

Изобретателю необходимо учитывать, что терминология стремится направлять мысль по привычному руслу. Нужно вести самоконтроль на всех стадиях работы над задачей: следить, чтобы в рассуждение не «просочились» специальные термины. Формулировки, соответствующие каждому шагу, должны быть предельно просты и свободны от технической терминологии.

Практика решения многочисленных задач на семинарах показывает, что лучшие результаты получаются при использовании не специальных терминов, а самых обычных слов. Потом, когда новая идея уже найдена, можно (и нужно) вновь вернуться к точной терминологии.

Задача ставится в терминах, обладающих инерцией и скрыто подталкивающих мысль в направлении, противоположном тому, где лежат новые идеи. Именно поэтому первая фаза творческого процесса (если он ведется бессистемно) обычно не приводит к решению задачи.

Американский математик Д. Пойа, много занимавшийся психологией творчества, рассказывает о таком эксперименте. Курицу ставят перед сеткой, за которой расположена пища. Курица не может достать пищу до тех пор, пока не обойдет сетку. «Задача, однако, оказывается удивительно трудной для курицы, которая будет суетливо бегать взад и вперед на своей стороне забора и может потерять много времени, прежде чем доберется до корма, если она вообще доберется до него. Впрочем, после долгой беготни ей это может удаться, случайно».

Д. Пойа не без иронии сопоставляет поведение курицы с поведением человека, бессистемно пытающегося решить творческую задачу: «Нет, даже курицу не следует винить за несообразительность. Ведь определенно трудно бывает, когда надо отвернуться от цели, уходить от нее, продолжать действовать, не видя постоянно цели впереди, сворачивать с прямого пути. Между затруднениями курицы и нашими имеется явная аналогия». В качестве иллюстрации Пойа приводит простую задачу: как принести из реки ровно шесть литров воды, если для измерения ее имеется только два ведра – одно емкостью в четыре литра, а другое в девять литров?

Разумеется, переливать «на глазок» половину или треть ведра нельзя. Задача должна быть решена отмериванием двумя ведрами именно той емкости, которая указана.

На семинарах я предлагал эту задачу слушателям до того, как мы приступали к изучению методики поиска решения. Результаты никогда не расходились с выводами Пойа. Задачу пытались решать, без системы перебирая всевозможные варианты: «А если сделать так?..» Правильное решение появлялось после многочисленных «а если». Между тем задача решается чрезвычайно просто. Надо только знать метод подхода ко всем задачам, требующим «догадки».

Так обстоит дело и с изобретательскими задачами. Мышление изобретающего человека имеет характерную особенность: решая задачу, человек представляет себе усовершенствуемую машину и мысленно изменяет ее. Изобретатель как бы строит ряд мысленных моделей и экспериментирует с ними. При этом исходной моделью чаще всего берется та или иная уже существующая машина. Такая исходная модель имеет ограниченные возможности развития, сковывающие воображение. В этих условиях трудно прийти к принципиально новому решению. Если же изобретатель начинает с определения идеального конечного результата, то в качестве исходной модели принимается идеальная схема – предельно упрощенная и улучшенная. Дальнейшие мысленные эксперименты не отягощаются грузом привычных конструктивных форм и сразу же получают наиболее перспективное направление: изобретатель стремится достичь наибольшего результата наименьшими средствами.

Рассмотрим задачу о двух ведрах. Неудачи при решении методом «а если» связаны с попытками получить ответ, идя от начала к концу. Попробуем поступить наоборот: пойдем от конца к началу. Нам нужно, чтобы в одном из ведер было шесть литров воды. Очевидно, это может быть только большое ведро. Итак, конечный результат состоит в том, чтобы большое ведро оказалось заполненным на шесть литров. Для этого необходимо наполнить большое ведро (оно вмещает девять литров), а затем отлить из него три литра. Если бы второе ведро имело емкость не четыре литра, а три, задача была бы сразу решена. Но второе ведро – четырехлитровое. Чтобы оно стало трехлитровым, надо налить в него один литр воды, тогда оно «превратится» в трехлитровое, и появится возможность отлить из большого ведра три литра. Таким образом, исходная задача свелась к другой, более легкой: отмерить с помощью двух имеющихся ведер один литр. Но это не представляет никаких трудностей,

Ибо $9 - (4 + 4) = 1$. Наполняем большое ведро и дважды отливаем, отмеривая маленьким ведром, по четыре литра. После этого в

большом ведре останется один литр, который можно перелить в пустое маленькое ведро. Теперь четырехлитровое ведро «превратилось» в трехлитровое, а это нам и нужно было. Еще раз наполняем большое ведро и отливаем из него в маленькое три литра. В большом ведре остается, как и требовалось для решения задачи, шесть литров воды.

Последовательно продвигаясь от конца к началу, мы решили задачу, не сделав ни одного бесполезного шага. Правильно сформулировать идеальный конечный результат – значит, надежно выйти на верный путь решения задачи.

Итак, исходная терминология сковывает воображение изобретателя. Семинары по методике изобретательства показали, что успешное решение задачи во многом определяется умением «расшатать» систему исходных представлений.

Первые части алгоритма решения изобретательских задач представляют собой программу такого расшатывания. Судя по данным анкетного опроса, часть опытных изобретателей сознательно не желает знакомиться с патентной литературой до решения задачи. Изучение патентов, утверждают эти изобретатели, «мешает свободно думать». Нельзя безоговорочно отмахнуться от такого рода соображений: в творческом процессе определенную роль играют и чисто индивидуальные особенности изобретателя. Во всяком случае, алгоритм изобретений предусматривает такое использование патентной литературы, которое не сковывает, а стимулирует воображение.

Работая по алгоритму, изобретатель не ограничивается ознакомлением с патентами, непосредственно относящимися к данной задаче. Он просматривает патенты на аналогичные, но более «тяжелые» изобретения. Скажем, если задача связана с уменьшением шума в строительной технике, есть смысл просмотреть патенты, относящиеся к борьбе с шумом в авиации. Целесообразно также ознакомиться с «обратными» изобретениями (усиление звука).

Процесс «расшатывания» исходных представлений продолжается с помощью оператора РСВ.

Психологическая инерция обусловлена не только терминами, в которых задается объект, но и привычным пространственно-временным представлением об объекте.

Размеры объекта и продолжительность его действия либо прямо указаны в условиях задачи, либо подразумеваются сами собой. Достаточно сказать: «автомобиль» – и мы представляем машину определенного размера (не менее 1 м и не более 20 м). Достаточно сказать:

«бурение нефтяной скважины» – и мы представляем процесс, идущий в течение определенного времени (месяцы, десятки месяцев).

Существует еще одно измерение, в котором мыслится объект – стоимость. Достаточно сказать: «телевизор» – и мы представляем прибор стоимостью в несколько тысяч или десятков тысяч рублей.

Оператор РВС – серия мысленных экспериментов, помогающих преодолевать привычные представления об объекте. При использовании оператора РВС последовательно рассматривают изменение задачи в зависимости от изменения трех параметров: размеров (Р), времени (В), стоимости (С).

Рассмотрим, например, применение оператора РВС к простой задаче: Найти способ регулирования сечения трубопровода, по которому движется пульпа (табл. 1).

Оператор РВС не дает точного и однозначного ответа.

Цель применения оператора РВС в том, чтобы получить серию идей, направленных «в сторону решения». Это помогает преодолевать психологические барьеры при дальнейшем анализе задачи.

Рассмотрим еще один пример. Допустим, решается задача о способе обнаружения неплотностей в агрегатах холодильников (табл. 2).

При мысленных экспериментах с задачей по оператору РВС ответы могут быть разными – это зависит от фантазии, знаний, опыта, словом, от индивидуальных качеств человека. Нельзя только заменять исходную задачу другой. Так, в последнем примере при ответе на $C \rightarrow \infty$ нельзя сказать: «Повысить качество изготовления холодильника» – хотя, конечно, разумнее предотвратить появление неплотностей, чем бороться с ними. Надо решать ту задачу, которая выбрана в первой части алгоритма. Если выбрана задача обнаружения неплотностей – именно ее и надо исследовать.

В некоторых задачах вместо «размеров» можно рассматривать другие количественные параметры. Например, в задаче: «Найти способ подачи в реактор 24 порошков по заданным графикам» – можно взять количество порошков.

Общие рекомендации по применению оператора РВС:

а) каждый мысленный эксперимент надо вести до появления нового качества;

б) каждый эксперимент, чтобы не пропустить появления нового качества, разбивается на шаги (шаг – изменение параметров объекта на порядок).

Оператор PBC не предназначен для получения ответа. Он должен только расковать мысль для продвижения к принципиально новому ответу.

Таблица 1 - Анализ перекрытия трубопровода при помощи оператора PBC

Операции	Изменение объекта или процесса	Как решается измененная задача	Принцип, использованный в решении
$P \rightarrow 0$	$d_{тр} < 1 \text{ м}$	Регулировать сечение, сдавливая стенки (они стали тонкими и гибкими)	Деформация стенок
$P \rightarrow \infty$	$d_{тр} > 1000 \text{ м}$	Такой трубопровод подобен реке. Надо построить плотину или ждать естественного регулирования – замерзания, таяния	Плотина (это та же задвижка) будет истираться. Лучше – изменение агрегатного состояния потока
$V \rightarrow 0$	Перекрыть надо за 0,001 сек	Нужно нечто быстродействующее, например, электромагнитное поле	Вместо механического рабочего органа (задвижка) – электромагнитный
$V \rightarrow \infty$	Перекрыть трубопровод надо за 100 дней	Механическая задвижка будет сильно истираться (с уменьшением сечения растет скорость потока). Надо как-то восстанавливать стертые части	Задвижка с нарастающими частями
$C \rightarrow 0$	Стоимость перекрытия близка к нулю	Поток должен сам себя перекрывать	Саморегулирование
$C \rightarrow \infty$	Стоимость перекрытия свыше 1000000\$	Можно ввести в поток нечто дорогое, но легко поддающееся регулировке. Например, вместо воды использовать расплав металла. Регулировку вести электромагнитами	«Регулирующиеся добавки»

На преодоление психологической инерции рассчитано изменение формулировки задачи с позиций системного подхода.

Возьмем, например, такую задачу: найти способ изготовления стеклянного куба (филтра) с ровными капиллярными сквозными отверстиями (длина ребра куба до 1 м, количество капилляров – несколько десятков на квадратный сантиметр).

Таблица 2 - Анализ обнаружения неплотностей в агрегатах холодильника при помощи оператора РСВ

Операции	Изменение объекта или процесса	Как решается измененная задача	Принцип, использованный в решении
$P \rightarrow 0$	Длина змеевика меньше 1мм	Количество просочившейся жидкости мало. Надо сделать эту жидкость более «обнаруживаемой». Что-то добавить	Микродобавки, облегающие обнаружение
$P \rightarrow \infty$	Длина змеевика больше 100 км	Обнаружение на расстоянии – локация, радиолокация, термолокация. Обычный осмотр (светолокация)	Локация в обычных и инфракрасных лучах, радиолокация
$V \rightarrow 0$	Обнаружить надо за 0,001 сек	Исключаются механические и химические способы. Остаются электромагнитные и оптические	Излучение электромагнитное или оптическое
$V \rightarrow \infty$	Обнаруживать надо за 10 лет	Вытекающая жидкость будет реагировать с материалом змеевика. По изменению внешнего вида материала легко обнаружить место утечки	Материал змеевика – индикатор вытекающей жидкости
$C \rightarrow 0$	Стоимость обнаружения близка к нулю	Просачивающаяся жидкость достаточно сильно сообщает о себе	Самообнаружение, самосигнализация
$C \rightarrow \infty$	Стоимость обнаружения свыше 1000000\$	Добавлять в раствор нечто дорогое, но легко обнаруживаемое	Индикаторные добавки

Условия задачи навязывают (притом неощутимо) определенное исходное представление: дан стеклянный куб, надо проделать в нем капилляры. При решении на рисунках появляются куб и круглые (это привычно) отверстия. В большинстве решений сохраняется это исходное представление: предлагают тем или иным способом делать отверстия в сплошной стеклянной заготовке (твердой или жидкой).

Изменим теперь формулировку задачи: «Найти способ изготовления воздушного куба со стеклянными продольными перегородками». Или: «Найти способ изготовления воздушного куба со многими тонкими стеклянными стержнями, «нитями». Стеклянный куб с дыр-

ками – это все равно, что воздушный куб со стержнями, поскольку дырки тоже могут быть названы воздушными стержнями.

В силу чисто психологических причин мы видим «стеклянный куб с дырками», а не «воздушный куб со стеклянными стержнями», хотя это совершенно равноправные определения. Если задача дана во второй формулировке, она решается быстро и легко (куб можно собрать из стеклянных нитей).

В сущности, когда от «стеклянного куба с воздушными отверстиями» мы переходим к «воздушному кубу со стеклянными стержнями», привычное переводится в непривычное, то есть совершается операция, о которой говорит У. Гордон, автор синектики.

Системный подход заставляет увидеть все элементы (а это в большинстве случаев непривычно).

При работе с формулировкой задачи надо тщательно следить за тем, чтобы: а) из формулировки задачи были убраны специальные термины;

б) были правильно перечислены все элементы, входящие в рассматриваемую систему.

Например, в формулировке «Дана система из стеклянного куба и капилляров» две ошибки: 1) слово «капилляр» лучше заменить словом «отверстие» и 2) «стеклянный куб» – это сплошной куб, а у нас то, что осталось от куба после того, как в нем проделали множество отверстий.

Правильная формулировка: «Дана система из отверстий и стеклянных стенок между ними». Разложив систему на элементы, надо выбрать тот, который необходимо изменить, чтобы решить задачу.

Главный признак, по которому ведется выбор, – степень изменчивости, управляемости. Чем легче менять элемент (в условиях данной задачи), тем больше оснований взять этот элемент в качестве объекта для дальнейшего анализа.

Изобретательская задача почти всегда имеет устрашающую окраску. В любой математической задаче есть более или менее явственный подтекст: «Меня вполне можно решить. Такие задачи уже неоднократно решались». Если математическая задача «не поддается», ни у кого не возникает мысли, что она вообще не решается. В задаче изобретательской подтекст совсем иной: «Меня уже пытались решать, да не вышло! Не зря умные люди считают, что тут ничего не поделаешь...»

На одном из семинаров по теории изобретательства слушателям была предложена такая задача: «Допустим, 300 электронов должны были несколькими группами перейти с одного энергетического уровня на другой. Но квантовый переход совершился числом групп на две меньшим, поэтому в каждую группу вошло на 5 электронов больше. Каково число электронных групп? Эта сложная проблема до сих пор не решена».

Слушатели – высококвалифицированные инженеры – заявили, что они не берутся решать эту задачу: – Тут квантовая физика, а мы – производственники.

Раз другим не удалось, нам подавно не удастся. Тогда я взял сборник задач по алгебре и прочитал текст задачи: «Для отправки 300 пионеров в лагерь было заказано несколько автобусов, но так как к назначенному сроку два автобуса не прибыли, то в каждый автобус посадили на 5 пионеров больше, чем предполагалось. Сколько автобусов было заказано?» Задача была решена мгновенно...

В журнале «Изобретатель и рационализатор» была опубликована статья, рассказывающая о проблеме разгрузки смерзшихся грузов. Автор статьи так представлял читателям эту проблему: «Одна из этих вековечных трудностей, вот уже много лет досаждавшая шахтерам и металлургам, железнодорожникам и коксохимикам, – разгрузка смерзающихся грузов. От нее зависит иногда «жизнь и смерть» целых предприятий...» Далее шло описание предложений, не нашедших применения («Меня уже пытались решать, да не вышло!»), и заканчивалась статья так: «Стремительно летит быстротекущее время. Раскрываются загадочные тайны атомного ядра, чуткие уши радиотелескопов внимают шепоту далеких галактик... А пока руду выгружают по-старому, всем миром наваливаясь на нее с ломami и кирками».

С самого начала изобретатель предупрежден, что перед ним «одна из вековечных трудностей». Еще не изложена задача, еще ничего конкретного не сказано, а изобретателя всячески пугают. Ведь не всякий отважится взяться за устранение «вековечной трудности», да еще такой, которая не поддается даже тогда, когда «раскрываются загадочные тайны атомного ядра» и «чуткие уши радиотелескопов внимают шепоту далеких галактик»!

Проблема разгрузки смерзшихся грузов действительно «вековечная». Однако «вековечная» не обязательно значит трудная. Случается, конечно, что длительное время проблему не удастся решить, несмотря на многочисленные и правильно ведущиеся атаки. Но такие

случаи чрезвычайно редки. Производство выдвигает лишь те задачи, для решения которых уже имеются условия. Маркс писал: «...человечество ставит себе всегда только такие задачи, которые оно может разрешить, так как при ближайшем рассмотрении всегда оказывается, что сама задача возникает лишь тогда, когда материальные условия ее решения уже существуют или, по крайней мере, находятся в процессе становления».

Если в течение длительного времени задача остается нерешенной, то это значит, что само направление поисков выбрано неверно.

Неразрешимых задач нет, но, тем не менее, история изобретения чаще всего начинается с того, что кто-то говорит: «Невозможно!»

Нет ни одного сколько-нибудь значительного изобретения, по поводу которого в свое время не было бы сказано «невозможно».

Причины, заставляющие говорить «невозможно», и доказательства невозможности бывают самые различные. Иногда действует простое невежество. Так, в 20-х годах позапрошлого столетия, когда уже были построены десятки паровозов, влиятельный английский журнал утверждал: «Нет ничего более смешного и глупого, чем обещание построить паровоз, который двигался бы в два раза быстрее почтовой кареты. Так же маловероятно, впрочем, что англичане доверят свою жизнь такой машине, как и то, что они дадут себя добровольно взорвать на ракете». Вскоре паровоз Стефенсона «Ракета» провел пассажирский состав со скоростью около сорока километров в час...

Когда изобретатель телефона Грэхэм Белл начал продажу своих аппаратов, одна из американских газет потребовала, чтобы полиция положила конец «шарлатанскому выманиванию денег из карманов доверчивой публики». Газета заявила: «Утверждение, что человеческий голос можно передать по обычному металлическому проводу с одного на другое место, является в высшей степени смешным...».

Остановимся в этой лекции еще на одном вопросе. Что же это такое – талантливое мышление?

Снова обратимся к задаче.

Есть катер, на котором поставлен абсолютный рекорд скорости. Он имеет идеальную форму, лучшие двигатели. Как установить новый рекорд, намного (на 100-200 км/ч) превысив имеющиеся показатели? Воображение обычного изобретателя послушно рисует существующий рекордный катер. Включается мысленный экран, на нем возникает четкое изображение. В этот исходный образ воображение на-

чинает вносить различные изменения. Слабый изобретатель подолгу рассматривает каждый вариант, дело идет медленно. Варианты (даже десятый, пятнадцатый) лишь немногим отличаются от исходного образа. «Может быть, удлинить корпус? Придать корпусу более обтекаемую форму? Поставить более мощный двигатель?..» Сильный изобретатель смелее перебирает варианты: на мысленном экране быстро сменяются рисунки, появляются необычные картинки. Вариант шестьдесят седьмой: «А если покрыть корабль чем-то вроде гепардовой шкуры: ведь не случайно же гепард бежит быстрее других сухопутных животных. Может быть, мех помогает сохранять плавность обтекания, не дает образоваться вихрям?» (Кстати, советскому изобретателю Г.Н. Сутягину было выдано а. с. 464716 на «поверхность, обтекаемую жидкостью или газом». В описании изобретения сказано: «...с целью снижения сопротивления трения... облицовка ее поверхности выполнена из искусственного меха, ворсистых тканей и т. п. материалов»).

Технические системы существуют не сами по себе. Каждая из них входит в надсистему, являясь одной из ее частей и взаимодействуя с другими ее частями. Но и сами системы тоже состоят из взаимодействующих частей – подсистем.

Первый признак талантливого мышления – умение переходить от системы к надсистеме и подсистемам. А для этого должны работать три мысленных экрана (рис. 6.2). Иными словами, когда речь идет о дереве (системе), надо видеть лес (надсистему) и отдельные части дерева (корни, ствол, ветки, листья – подсистемы).

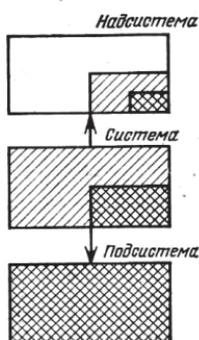


Рис. 6.2. Схема, поясняющая мысленные переходы от системы к над- и подсистеме

Впрочем, этого мало – на каждом этапе необходимо видеть линию развития: прошлое, настоящее и будущее (рис. 6.3). Что значит «видеть линию развития»? Вот одна из подсистем скоростного катера – корпус. Чем выше скорость, тем больше сопротивление внешней среды. И потому корпус стремится сжаться, уменьшиться. Идеальный корпус – когда корпуса вовсе нет. А двигатель, другая подсистема катера, наоборот, стремится стать больше, мощнее. Дай ему волю, он заполнит весь корпус, а потом перерастет его, вырвется наружу.

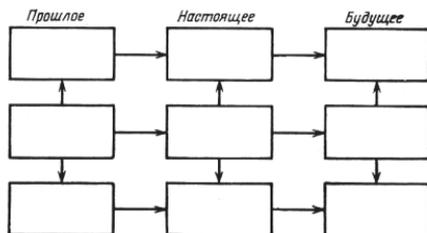


Рис. 6.3. Схема многоэкранного мышления

На мысленных экранах талантливого мыслителя постоянно бужут страсти: сталкиваются противоречивые тенденции, возникают и обостряются конфликты, идет борьба противоположностей... В азарте этой борьбы изображение подчас сменяется анти-изображением. Рядом с катером появляется антикатер. Обычный катер плавает, значит, антикатер, не плавает. Корабль, который не умеет держаться на воде и тонет... С точки зрения обычного мышления это просто нелепость. А если все-таки поразмышлять? «Средняя плотность» обычного корабля меньше единицы, именно поэтому корабль держится на воде. Внутри корпуса много свободного пространства – отсюда большой объем корпуса и большое сопротивление внешней среды при движении. Подводные крылья, правда, поднимают корпус над водой, но существует сопротивление воздуха.

Антикорабль не обязан держаться на воде. Следовательно, его можно до отказа заполнить «железом» – двигателями. Чем больше мощность двигателей, тем выше скорость. Но антикорабль с его прекрасными сверхмощными двигателями камнем пойдет на дно. Впрочем, при движении он будет держаться за счет подъемной силы, создаваемой подводными крыльями. А на стоянке можно использовать «поплавки» – дополнительные надувные емкости. На стоянке наш антикорабль подобно обычному кораблю (и дирижаблю) будет дер-

жаться на плаву по закону Архимеда. А разогнавшись и подняв корпус над водой, антикорабль «сожмется» – уберет ненужные теперь дополнительные емкости (дирижабль станет самолетом). Идея антикорабля уже не кажется такой дикой. Наоборот, странной представляется обычная конструкция, у которой поднятый над водой корпус сохраняет большой объем, нужный лишь в воде.

Вернемся к экранам талантливое мышления. Три этажа, девять экранов, изображения и антиизображения – это все-таки предельно упрощенная схема. Настоящее талантливое мышление имеет много этажей вверх от системы (надсистема – наднадсистема – ...) и много этажей вниз от системы (подсистема – подподсистема – ...). За деревом надо видеть не только лес, но и биосферу вообще, и не только лист, но и клетку листа. Много экранов должно быть влево от системы (недавнее прошлое, далекое прошлое...) и вправо от нее (близкое будущее, далекое будущее). Изображение на экранах становится то большим, то маленьким, действие то замедляется, то ускоряется. Сложно? Да, сложно. Мир, в котором мы живем, устроен сложно. И если мы хотим его познавать и преобразовывать, то наше мышление должно правильно отражать этот мир. Сложному, динамичному, диалектически развивающемуся миру должна соответствовать в нашем сознании его полная модель – сложная, динамичная, диалектически развивающаяся.

Лекция 7. Алгоритм решения изобретательских задач – АРИЗ-71

Алгоритмическая методика рассматривает процесс решения изобретательской задачи как последовательность операций по выявлению, уточнению и преодолению технического противоречия. Направленность мышления достигается при этом ориентировкой на идеальный способ, идеальное устройство. На всех этапах решения используется системный подход. Алгоритм включает также конкретные шаги по устранению психологических барьеров, имеет развитый информационный аппарат – данные о типовых приемах преодоления технических противоречий.

АРИЗ после создания в конце 50-х годов XX века непрерывно совершенствовался. В данном курсе мы рассмотрим последовательно несколько версий – АРИЗ-71, АРИЗ-77 и АРИЗ-85-В.

АРИЗ - 71

Часть 1. Выбор задачи

1–1. Первый шаг. Определить конечную цель решения задачи.

а) Какова техническая цель решения задачи («Какую характеристику объекта надо изменить?»)?

б) Какие характеристики объекта заведомо нельзя менять при решении задачи?

в) Какова экономическая цель решения задачи («Какие расходы снизятся, если задача будет решена?»)?

г) Каковы (примерно) допустимые затраты?

д) Какой главный технико-экономический показатель надо улучшить?

1–2. Второй шаг. Проверить обходной путь. Допустим, задача принципиально нерешима. Какую другую – более общую – задачу надо решить, чтобы получить требуемый конечный результат?

1–3. Третий шаг. Определить, решение какой задачи целесообразнее – первоначальной или обходной.

а) Сравнить первоначальную задачу с тенденциями развития данной отрасли техники.

б) Сравнить первоначальную задачу с тенденциями развития ведущей отрасли техники.

в) Сравнить обходную задачу с тенденциями развития данной отрасли техники.

г) Сравнить обходную задачу с тенденциями развития ведущей отрасли техники.

д) Сопоставить первоначальную задачу с обходной. Произвести выбор.

1–4. Четвертый шаг. Определить требуемые количественные показатели.

1–5. Пятый шаг. Внести в требуемые количественные показатели «поправку на время».

1–6. Шестой шаг. Уточнить требования, вызванные конкретными условиями, в которых предполагается реализация изобретения.

а) Учесть особенности внедрения. В частности, допускаемую степень сложности решения.

б) Учесть предполагаемые масштабы применения.

Часть 2. Уточнение условий задачи

2–1. Первый шаг. Уточнить задачу, используя патентную литературу.

а) Как (по патентным данным) решаются задачи, близкие к данной?

б) Как решаются задачи, похожие на данную, в ведущей отрасли техники?

в) Как решаются задачи, обратные данной?

2–2. Второй шаг. Применить оператор РВС.

а) Мысленно меняем размеры объекта от заданной величины до нуля ($P \rightarrow 0$). Как теперь решается задача?

б) Мысленно меняем размеры объекта от заданной величины до бесконечности ($P \rightarrow \infty$). Как теперь решается задача?

в) Мысленно меняем время процесса (или скорость движения объекта) от заданной величины до нуля ($B \rightarrow 0$). Как теперь решается задача?

г) Мысленно меняем время процесса (или скорость движения объекта) от заданной величины до бесконечности ($B \rightarrow \infty$). Как теперь решается задача?

д) Мысленно меняем стоимость (допустимые затраты) объекта или процесса от заданной величины до нуля ($C \rightarrow 0$). Как теперь решается задача?

е) Мысленно меняем стоимость (допустимые затраты) объекта или процесса от заданной величины до бесконечности ($C \rightarrow \infty$). Как теперь решается задача?

2–3. Третий шаг. Изложить условия задачи (не используя специальные термины и не указывая, что именно нужно придумать, найти, создать) в двух фразах по следующей форме:

а) Дана система из (указать элементы);

б) Элемент (указать) при условии (указать) дает нежелательный эффект (указать).

Пример: *Дан трубопровод с задвижкой. По трубопроводу движется вода с частицами железной руды. Частицы руды при движении истирают задвижку.*

2–4. Четвертый шаг. Переписать элементы из п. 2–3 (а) в виде следующей таблицы:

а) Элементы, которые можно менять, переделывать, переналаживать (в условиях данной задачи);

б) Элементы, которые трудно видоизменять (в условиях данной задачи).

Пример: *Трубопровод и задвижка – «а»; вода и частицы руды – «б».*

2–5. Пятый шаг. Выбрать из п. 2–4 (а) такой элемент, который в наибольшей степени поддается изменениям, переделке, переналадке.

Примечания:

а) Если все элементы в п. 2–4 (а) равноценны по степени допускаемых изменений, начните выбор с неподвижного элемента (обычно его легче менять, чем подвижный);

б) Если в п. 2–4 (а) есть элемент, непосредственно связанный с нежелательным эффектом (обычно этот элемент указывают в п. 2–3 (б)), выберите его в последнюю очередь;

в) Если в системе есть только элементы п. 2–4 (б), возьмите в качестве элемента внешнюю среду.

Пример: *Выбрать надо трубопровод, так как задвижка связана с нежелательным явлением (истирается).*

Часть 3. Аналитическая стадия

3–1. Первый шаг. Составить формулировку ИКР (идеального конечного результата) по следующей форме:

а) Объект (взять элемент, выбранный в п. 2–5);

б) Что делает;

в) Как делает (на этот вопрос всегда следует ответить словами «сам», «сама», «само»);

- г) Когда делает;
- д) При каких обязательных условиях (ограничениях, требованиях и т. п.).

Пример: Трубопровод меняет свое сечение *сам*, когда надо регулировать поток, не истираясь.

3–2. Второй шаг. Сделать два рисунка: «Было» (до ИКР) и «Стало» (ИКР).

Примечания:

а) Рисунки могут быть условные – лишь бы они отражали суть «Было» и «Стало»;

б) Рисунок «Стало» должен совпадать со словесной формулировкой ИКР.

Проверка.

На рисунках должны быть все элементы, перечисленные в п. 2–3 (а). Если при шаге п. 2–5 выбрана внешняя среда, ее надо указать на рисунке «Стало».

3–3. Третий шаг. На рисунке «Стало» найти элемент, указанный в 3–1 (а), и выделить ту его часть, которая не может совершить требуемого действия при требуемых условиях. Отметить эту часть (штриховкой, другим цветом, обводкой контуров и т. п.).

Пример: В рассматриваемой задаче такой частью будет внутренняя поверхность трубопровода.

3–4. Четвертый шаг. Почему эта часть сама не может осуществить требуемое действие?

Вспомогательные вопросы

а) Чего мы хотим от выделенной части объекта?

б) Что мешает выделенной части самой осуществить требуемое действие?

в) В чем несоответствие между «а» и «б»?

Пример: а) Внутренняя поверхность трубы должна сама менять сечение потока; б) Она неподвижна, не может оторваться от стенок трубы; в) Она должна быть неподвижной (как элемент жесткой трубы) и подвижной (как сжимающийся и разжимающийся элемент регулятора).

3–5. Пятый шаг. При каких условиях эта часть сможет осуществить требуемое действие (какими свойствами она должна обладать)?

Примечание.

Не надо пока думать – осуществимо ли практически желательное свойство. Назовите это свойство, не беспокоясь о том, как оно будет достигнуто.

Пример. *На внутренней поверхности трубы появляется какой-то слой вещества, тем самым внутренняя поверхность переносится ближе к оси трубы. При необходимости этот слой исчезает, и внутренняя поверхность отдаляется от оси трубы.*

3–6. Шестой шаг. Что надо сделать, чтобы выделенная часть объекта приобрела свойства, отмеченные в 3–5?

Вспомогательные вопросы

а) Покажите на рисунке стрелками силы, которые должны быть приложены к выделенной части объекта, чтобы обеспечить желательные свойства.

б) Какими способами можно создать эти силы? (Вычеркнуть способы, нарушающие условия 3–1 д.)

Пример: *Наращивать на внутреннюю поверхность трубы частицы железной руды или воду (лед). Других веществ внутри трубопровода нет, этим и определяется выбор.*

3–7. Седьмой шаг. Сформулировать способ, который может быть практически осуществлен. Если таких способов несколько, обозначьте их цифрами (самый перспективный – цифрой 1 и т. д.). Запишите выбранные способы.

Пример: *Выполнить участок трубы из немагнитного материала и с помощью электромагнитного поля «наращивать» на внутреннюю поверхность частицы руды.*

3–8. Восьмой шаг. Дать схему устройства для осуществления первого способа.

Вспомогательные вопросы

а) Каково агрегатное состояние рабочей части устройства?

б) Как меняется устройство в течение одного рабочего цикла?

в) Как меняется устройство после многих циклов?

(После решения задачи следует вернуться к шагу 3–7 и рассмотреть другие перечисленные в нем способы).

Часть 4. Предварительная оценка найденной идеи

4–1. Первый шаг. Что улучшается и что ухудшается при использовании предлагаемого устройства или способа? Запишите, что

достигается предложением и что при этом усложняется, удорожается и т. д.

4–2. Второй шаг. Можно ли видоизменением предлагаемого устройства или способа предотвратить это ухудшение? Нарисуйте схему видоизмененного устройства или способа.

4–3. Третий шаг. В чем теперь ухудшение (что усложняется, удорожается и т. д.)?

4–4. Четвертый шаг. Сопоставить выигрыш и проигрыш:

а) Что больше? б) Почему? Если выигрыш больше проигрыша (хотя бы и в перспективе), перейти к синтетической части АРИЗ. Если проигрыш больше выигрыша, вернуться к шагу 3–1. Записать на том же листе ход повторного анализа и его результат.

4–5. Пятый шаг. Если теперь выигрыш больше, перейти к синтетической стадии АРИЗ. Если повторный анализ не дал новых результатов, вернуться к шагу 2–4, проверить таблицу. Взять в 2–5 другой элемент системы и заново провести анализ. Записать ход анализа на том же листе. Если нет удовлетворительного решения после 4–5, перейти к следующей части АРИЗ.

Часть 5. Оперативная стадия

5–1. Первый шаг. В таблице устранения технических противоречий (см. Приложение 1), выбрать в вертикальной колонке показатель, который надо улучшить по условиям задачи.

5–2. Второй шаг.

а) Как улучшить этот показатель, используя известные пути (если не считаться с проигрышем)?

б) Какой показатель недопустимо ухудшится, если использовать известные пути?

5–3. Третий шаг. Выбрать в горизонтальном ряду таблицы показатель, соответствующий 5–2 б.

5–4. Четвертый шаг. Определить по таблице приемы устранения технического противоречия (т. е. найти клетку на пересечении строки, выбранной в 5–1, и ряда 5–2 б).

5–5. Пятый шаг. Проверить применимость этих приемов. Если задача решена, вернуться к четвертой части АРИЗ, оценить найденную идею и перейти к шестой части АРИЗ. Если задача не решена, проделать следующие шаги пятой части.

5–6. Шестой шаг. Проверить возможность применения физических, химических и геометрических эффектов и явлений (Приложения 2-7).

5–7. Седьмой шаг. Проверить возможные изменения во времени.

Вспомогательные вопросы

а) Нельзя ли устранить противоречие, «растянув» во времени происходящее по условиям задачи действие?

б) Нельзя ли устранить противоречие, «сжав» во времени происходящее по условиям задачи действие?

в) Нельзя ли устранить противоречие, выполнив требуемое действие заранее, до начала работы объекта?

г) Нельзя ли устранить противоречие, выполнив требуемое действие после того, как объект закончит работу?

д) Если по условиям задачи действие непрерывно – проверить возможность перехода к импульсному действию.

е) Если по условиям задачи действие периодически – проверить возможность перехода к непрерывному действию.

5–8. Восьмой шаг. Как решаются аналогичные задачи в природе?

Вспомогательные вопросы

а) Как решаются подобные задачи в неживой природе?

б) Как решались подобные задачи у вымерших или древних организмов?

в) Как решаются подобные задачи у современных организмов? Каковы в данном случае тенденции развития?

г) Какие поправки надо внести, учитывая особенности используемых техникой материалов?

5–9. Девятый шаг. Проверить возможные изменения в объектах, работающих совместно с данным.

Вспомогательные вопросы

а) В какую надсистему входит система, рассматриваемая в задаче?

б) Как решить данную задачу, если менять не систему, а надсистему?

Если задача не решена, вернуться к шагу 1–3. Если задача решена, вернуться к четвертой части АРИЗ, оценить найденную идею и перейти к шестой части АРИЗ.

Часть 6. Синтетическая стадия

6–1. Первый шаг. Определить, как должна быть изменена над-система, в которую входит измененная система (данная по условиям задачи).

6–2. Второй шаг. Проверить, может ли измененная система применяться по-новому.

6–3. Третий шаг. Использовать найденную техническую идею (или идею, обратную найденной) при решении других технических задач.

Алгоритм не избавляет изобретателя от необходимости думать. Одна и та же задача может быть решена на разных уровнях – в зависимости от индивидуальных качеств изобретателя. Проследим это на примере.

Задача: *При горных работах раньше производили последовательные взрывы десяти зарядов в течение двух минут. Оператор успевал замыкать контакты цепи с электродетонаторами вручную. Но при новой организации горных работ необходимо за 0,6 сек последовательно включить 40 контактов, причем промежутки между взрывами не равны и каждый раз меняются. Например, взрыв №2 должен следовать через 0,01 сек после взрыва №1; взрыв №3 – через 0,02 сек после взрыва №2 и т. д. В другой раз взрыв №2 должен произойти через 0,03 сек после взрыва №1 и т. д. График включения желательно выдержать с точностью до 0,001 сек. Нужен предельно простой, надежный и точный способ включения.*

Решение задачи

3–3. Дана система из 40 пар проводов (контактов) и 40 «замыкалок» (или одной подвижной «замыкалки»). Трудно замыкать контакты по графику. (Электродетонаторы не входят в рассматриваемую систему. Надо замыкать контакты, а куда идет ток – безразлично.)

2–4. а) «Замыкалка». б) Контакты. (В условиях данной задачи контакты – это просто концы проводов, которые надо замкнуть. Менять провода мы не можем: все равно будет что-то, проводящее ток. А вот «замыкалку» можно менять как угодно. Если мы отнесем к «б») оба элемента – контакты и «замыкалку», объектом станет внешняя среда. На шаге 3–3 выделится часть этой среды: то, что находится между контактами. И дальнейшее решение совпадет с тем случаем, когда выбрана «замыкалка».)

2–5. «Замыкалка».

3–1. «Замыкалка» сама соединяет контакты точно по графику.

3–2. См. рис. 7.1.

3–3. Не может осуществлять требуемого действия подвижная часть «замыкалки».

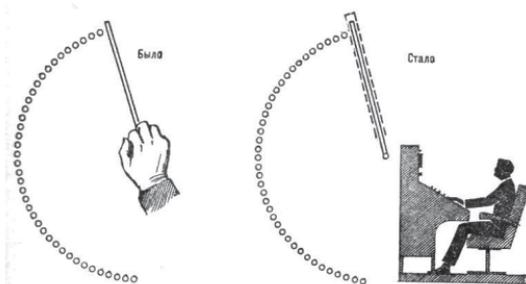


Рис. 7.1.

3–4. а) Нам надо, чтобы «замыкалка» сама передвигалась по графику.

б) «Замыкалка» не может передвигаться без применения каких-то сил.

в) Для передвижения «замыкалки» нужны силы, а мы хотим, чтобы «замыкалка» двигалась сама, т. е. без наших усилий.

3–5. «Замыкалка» будет двигаться сама, если в ней самой появятся силы.

3–6. Если силы появляются сами – это естественные силы.

3–7. Простейший случай движения под действием естественных сил – падение. «Замыкалка» должна двигаться под действием силы тяжести. Это обеспечит движение по определенному закону, т. е. по графику.

3–8. В трубке создан вакуум. Падает груз и замыкает контакты. Переналадивание легко осуществляется, если в трубке много контактов и можно подключаться к тем, которые нужны.

Сопоставим это с решением по *а. с. 189597*: *Устройство для установления заданных промежутков времени, отличающееся тем, что с целью повышения точности измерений при записи сейсмограммы оно выполнено в виде стержня с расположенным на нем грузом, замыкающим во время падения контакты, соединенные с электродетонаторами.*

Такие ответы учебных задач, защищенные авторскими свидетельствами и отражающие современный уровень творческой мысли в данной области, мы будем называть контрольными ответами.

Смысл изучения АРИЗ, конечно, не в том, чтобы научиться находить контрольный ответ. Решить учебную изобретательскую задачу – значит дать ответ, не очень отличный от контрольного (на первых этапах обучения), сходный с ним или превосходящий его (на завершающих этапах обучения).

Задачу можно было решить чисто конструкторским путем (например, используя цепи с линиями задержки), но при этом не удалось бы совместить предельную простоту с требуемой точностью. Контрольный ответ соответствует второму уровню: перебрав несколько десятков вариантов, к нему можно было прийти и без АРИЗ.

Задача: *Нужно нагреть стальные заготовки до 1000-1200°C под обработку давлением. Но выше 800°C поверхность заготовок интенсивно окисляется и обезуглероживается (из нее выгорает углерод – компонента стали). Нужно предотвратить окисление поверхности, сохранив контактный способ нагрева заготовок. Применение обмазок и покрытий нежелательно, применение защитной (инертной) атмосферы усложняет процесс. Как быть?*

Решение задачи

Фактически задача звучит так: Что нужно сделать, чтобы при нагревании до 1000-1200°C поверхность стальной детали не окислялась?

2–2. Применить оператор РВС.

а) Мелкая частичка железа – пирофорна, и без защитной атмосферы ее не нагреешь.

б) Огромная глыба железа будет нагреваться долго. Следовательно, при температуре выше 800°C поверхность заготовки будет находиться тоже долго. Как следствие, если поверхность будет контактировать с агрессивной средой, то она окислится.

в) Если нагреть заготовку быстро, и быстро обработать давлением, то поверхность не успеет заметно окислиться.

г) Если нагревать заготовку медленно, то см. б.

д) Если стоимость близка к 0, то заготовка при нагревании не окисляется без ничего.

е) Ответ очевиден – создать вокруг заготовки инертную среду.

Проведенный анализ с помощью оператора РВС позволил уточнить требования к процессу – вокруг заготовки при нагреве не должно быть агрессивной среды.

2–3. Дана система из детали и нагревателя. Деталь при нагревании окисляется.

2–4. а. Нагреватель; б. Детали.

2–5. Нагреватель (или внешняя среда).

3–1. Нагреватель нагревает деталь и сам предотвращает окисление.

Внешняя среда нагревает деталь и сама предотвращает окисление.

3–2. Сделать рисунки: «Было» (до ИКР) и «Стало» (ИКР). Рис. 7.2.

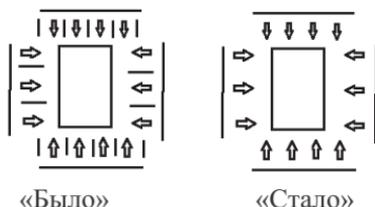


Рис. 7.2

3–3. Пространство между нагревателем и деталью или внешняя среда между нагревателем и деталью (рис. 7.3).

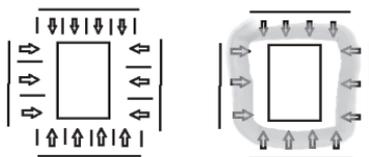


Рис. 7.3

3–4. а) Мы хотим, чтобы она не окисляла.

б) В ней находится окислитель.

в) В выделенной части не должно быть окислителя.

3–5. Выделенная часть должна нагревать, но выделенная часть не должна обладать способностью окислять детали.

3–6. Вокруг детали должна быть восстановительная или инертная атмосфера.

3–7. Нагрев деталей производится горелками, в которые подается избыток топлива – горелки горят коптящим пламенем. Это предотвращает окисление поверхности деталей при нагреве. Внесения изменений в конструкцию установки при реализации предлагаемого решения не требуется. Следовательно, затраты на реализацию – минимальны.

Задача: *К катушкам из полимерного материала с металлическими ножками и с тонким проводом в изоляции на заводе необходимо припаять к ножкам концы провода. Эту операцию осуществляли окунанием ножек в емкость с расплавленным припоем при 280°C. Однако, чтобы выполнить эту операцию, было необходимо зачистить изоляцию на концах провода. Для повышения производительности процесса предложили окунать ножки в емкость с расплавленным припоем при 380°C. Изоляция проводов при этом сгорает, и отпадает стадия зачистки провода от изоляции. Однако при такой температуре ножки перегреваются, а катушка деформируется. В результате резко возрастает количество брака. Как быть?*

Решение задачи

2–2. Применить оператор РВС.

а) При уменьшении размеров объекта использовать припой с температурой 380°C невозможно, так как теплопередача к полимерной катушке будет происходить очень быстро, вызывая ее деформацию. Для того чтобы добиться результата, в этом случае нужен локальный нагрев.

б) При увеличении размеров объекта существует возможность использования припоя с температурой 380°C, обеспечивая отвод тепла от тех частей ножек, которые располагаются между припоем и катушками. Опять речь идет о локализации зоны нагрева.

в) Долго выдерживать ножки катушки в припое нельзя, так как передачу тепла от припоя к катушке при температуре припоя 380°C и ее деформацию трудно будет предотвратить.

г) Уменьшение времени воздействия возможно только при сильном локальном нагреве – лазер, ток большой силы, химическая реакция.

д) В этом случае введение в технологию лазера отпадает. Изоляция на проводах должна сгорать сама при попадании в припой с температурой 280°C.

е) Отсутствие ограничений в средствах позволяет обеспечивать локальный нагрев ножек с проводом лазером.

Применение оператора РВС показало два направления поиска – локальный нагрев ножек с проводом или ограничение теплопередачи от припоя к катушке.

2–3. Дана система из катушки, на ножки которой намотан провод в изоляции, и емкости с расплавленным припоем.

Имеет смысл рассматривать два варианта.

Припой при температуре 380°C сжигает изоляцию провода, но высокая температура вызывает деформацию катушки.

Припой при температуре 280°C не сжигает изоляцию провода, но и не вызывает деформацию катушки.

2–4. Можно менять ванну с припоем – ее температуру (а).

Ножки катушки с намотанным проводом менять трудно (б).

2–5. Ограничения в изменении ванны с припоем и ножек катушки с намотанным проводом заставляют выбрать в качестве изменяемого элемента внешнюю среду.

3–1. При рассмотрении обоих вариантов получается две формулировки ИКР.

Внешняя среда сама не дает нагреться катушке при опускании ножек катушки с проводом в ванну с припоем с температурой 380°C .

Внешняя среда сама нагревает ножки катушки, обеспечивая сгорание изоляции провода, при опускании ножек катушки с проводом в ванну с припоем с температурой 280°C .

Таким образом, задачу можно решать двумя путями: отводя избыточное тепло от катушки или подводя избыточное тепло к ножкам. С точки зрения количества тепла в первом случае его требуется отводить значительно больше, чем во втором случае подводить. С этих позиций 2 вариант предпочтительнее, и следует, в первую очередь, рассмотреть его.

3–2. Сделать два рисунка: «Было» (до ИКР) и «Стало» (ИКР).

На рис. 7.4 «Стало» стрелками показано удаление изоляции при помещении ножек катушки с проволокой в расплав припоя.

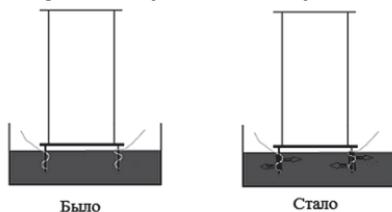


Рис. 7.4

3–3. В области ножек и проволоки показана «внешняя среда», которая должна обеспечивать повышение температуры и удаление изоляции (рис. 7.4).

3–4. а) Мы хотим, чтобы выделенная область «внешней среды» имела повышенную температуру.

б) В выделенной области «внешней среды» нет источника энергии.

в) В выделенной области «внешней среды» должна выделяться энергия. По ИКР в выделенной области «внешней среды» при попадании в ванну с расплавленным припоем с температурой 280°C должна выделяться энергия.

3–5. В выделенной области «внешней среды» при попадании в расплав припоя с температурой 280°C проходит экзотермическая реакция локально повышающая температуру.

3–6. Надо, чтобы при опускании в ванну с расплавленным припоем ножки катушки и провод на этих ножках содержали вещество (смесь веществ), выделяющее тепло при нагревании до температуры 280°C.

3–7. Перед опусканием в ванну с расплавленным припоем с температурой 280°C ножки с проводами на них следует смочить веществом, сгорающим при 280°C.

Способ достаточно прост в реализации и лишен непреодолимых недостатков.

Попытаемся решить данную задачу, используя таблицу устранения технических противоречий.

Необходимо эффективно удалять оплетку с провода – «потери вещества», 23 строка таблицы.

При использовании расплава с температурой 380°C происходит деформация катушек – «вредные факторы, генерируемые самим объектом», 31 столбец. На пересечении мы видим приемы, предлагаемые для решения данной задачи: 10; 1; 34 и 29.

10 – Принцип предварительного исполнения.

1 – Принцип дробления.

34 – Принцип отброса и регенерации частей.

29 – Использование пневмоконструкций и гидроконструкций.

Первые 3 приема четко указывают путь решения задачи.

Заранее подготовить объект (10), введя экзотермическую добавку в его часть (1), эта добавка будет использована и отброшена (34).

Однако простота нахождения решения задачи при помощи таблицы устранения технических противоречий является кажущейся. Решение уже найдено, и мы видим, что предлагаемые приемы устранения технического противоречия являются частью найденного решения. До решения задачи по АРИЗ использование этих приемов не было бы очевидным.

На шаге 3–1 мы выбрали более перспективное направление – локальное повышение температуры в зоне удаления изоляции с проводов. При этом отрицать возможность решения задачи путем предотвращения нагрева катушки выше 280°C при опускании в емкость с расплавленным припоем с температурой 380°C не приходится, но технологически эти решения выглядят более громоздкими и сложными.

Задача: *При необходимости временного перекрытия трубы в отверстие в трубе вводят твердеющий полимерный материал для образования полимерной пробки. Этот состав при введении в трубу растекается по трубе. В результате расход полимеризующегося состава резко возрастает, пробка получается очень большой и трудноизвлекаемой. Как быть?*

Решение задачи

2–2. Применить оператор РВС.

а) Капля полимерного материала легко перекрывает отверстие трубы. Ее поверхностное натяжение не позволяет ей растекаться по стенкам, но поток может проталкивать каплю по трубопроводу от отверстия, через которое ее ввели. Для предотвращения перемещения капли по трубопроводу от отверстия необходим элемент, фиксирующий ее в районе отверстия. Например, шток с сеткой, который вводится через отверстие и на который подается капля твердеющего полимерного материала. Размер отверстий сетки определяется скоростью потока, поверхностным натяжением, вязкостью полимерного материала и скоростью полимеризации.

б) При большом размере трубопровода без фиксирующего элемента перекрыть трубопровод твердеющим полимерным материалом очень сложно.

в) Быстрый ввод полимерного материала в трубопровод может быть эффективен (без растекания по трубе), если полимерный материал подается на фиксирующий элемент и затвердевает за короткое время. То есть вхождение в трубопровод или контакт с фиксирующим элементом активируют затвердевание.

г) При подобных требованиях особых затруднений не возникает. Быстро твердеющий полимерный материал вводится в трубопровод с небольшой скоростью на противоположную (относительно отверстия) стенку трубопровода. Перемычка «выращивается» от противоположной стенки трубопровода к стенке с отверстием путем перемещения «иглы», через которую вводится полимерный материал.

д) Полимерный материал, попадая в трубопровод, не растекается (быстро твердеет) без использования дополнительных приспособлений. Полимерный материал твердеет, выходя из иглы, при контакте с жидкостью, текущей по трубопроводу.

е) В данном случае выбор вариантов очень большой.

Например, на конце иглы находится источник излучения. Поэтому выходящий из иглы полимерный материал, содержащий мономеры, быстро полимеризуется.

До отверстия, через которое подается полимерный материал, делается отверстие, через которое в жидкость, текущую по трубопроводу вводится инициатор полимеризации. Поэтому попадая в трубопровод полимерный материал при контакте с жидкостью, содержащей инициатор полимеризации, быстро твердеет.

В отверстие вводится две сходящиеся иглы. Через одну подается полимерный материал, а через другую вещество, заставляющее его твердеть.

Использование оператора РВС раскрепощает мышление, давая большое число не только вариантов, но и направлений решения задачи.

Обращает на себя внимание повторяющееся применение «фиксатора».

2–3. а) Дана система из трубопровода с отверстием, протекающей по трубопроводу жидкости, устройства, через которое подают полимерный материал и полимерного материала.

б) Полимерный материал при введении в трубопровод растекается по трубе.

2–4. а) Полимерный материал, устройство подачи полимерного материала.

б) Трубопровод и жидкость, текущая по трубопроводу.

2–5. Всем условиям удовлетворяет устройство подачи полимерного материала, так как полимерный материал подвижен и с ним связан негативный эффект.

3–1. Устройство подачи полимерного материала подает полимерный материал, само предотвращая его растекание по трубопроводу.

3–2. Сделать два рисунка: «Было» (до ИКР) и «Стало» (ИКР).

3–3. На рис. 7.5 внешняя часть устройства подачи полимерного материала выделена черным цветом.

3–4. а) Мы хотим, чтобы выделенная часть устройства подачи полимерного материала не давала ему двигаться вместе с потоком жидкости в трубопроводе – удерживало вышедший в трубопровод полимерный материал около устройства.

б) Внешняя часть устройства должна создавать силы, удерживающие вышедший в трубопровод полимерный материал.

в) Внешняя часть устройства подачи не создает сил, удерживающих вышедший в трубопровод полимерный материал.

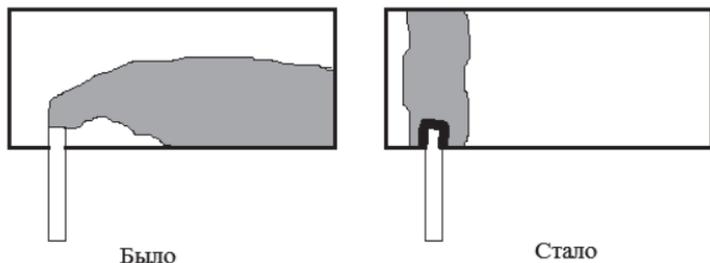


Рис. 7.5

3–5. Необходимо создать силы, удерживающие полимерный материал около устройства подачи.

3–6. Эти силы могут быть механическими или магнитными. Остальные силы использовать достаточно сложно.

3–7. 1 способ. На конце подающего устройства находится эластичная емкость, размеры которой позволяют перекрыть трубопровод. Закачка полимерного состава осуществляется в эту емкость. Предварительно можно создать в емкости при помощи компрессора давление, которое расправит емкость, и она перекроет трубопровод. Затем в расправленную емкость можно подавать полимерный состав.

2 способ. На конце подающего устройства находится магнит, а в полимерный состав введены магнитные частицы. Полимерный состав будет собираться около магнита.

Попытаемся решить данную задачу, используя таблицу устранения технических противоречий.

Нужно уменьшить потери полимерного материала – «потери вещества» 23 строка таблицы.

При использовании известных методов возрастет «сложность устройства» – 36 столбец. На пересечении мы видим приемы: 35; 10; 28 и 24.

35 – Изменение физико-химических параметров объекта.

10 – Принцип предварительного исполнения.

28 – Замена механической схемы.

24 – Принцип «посредника».

Принципы предварительного исполнения (10) и «посредника» (24) лежат в основе 1 и 2 предлагаемых способов. Заранее помещаем в полимерный состав магнитные частицы и готовим оболочку для помещения в нее полимерного состава. При этом оболочка и магнитные частицы выполняют в способах роль посредника. Замена механической схемы (28) – в основе 2 способа.

Задача: *В производстве, чтобы закалить стальные детали, их краном быстро опускают в емкость с маслом. Масло, охлаждая деталь, кипит. Его горячие пары взаимодействуют с воздухом и воспламеняются. При этом образуется много сажи, которая загрязняет все вокруг. Как быть?*

Решение задачи

2–2. Применить оператор РВС.

а) При уменьшении размеров детали перегрев масла и воспламенение должны уменьшаться. Закалка большого числа деталей приведет к нагреву масла и, наконец, к его воспламенению. Для уменьшения вероятности воспламенения можно охлаждать масло. Кроме того, учитывая, что пары масла будут воспламеняться при определенном соотношении «пары масла – воздух», можно уменьшить контакт масла и паров масла с воздухом. Этого можно добиться путем увеличения зоны над маслом, в которую ограничено поступление воздуха, например, высокие стенки емкости. Однако полностью исключить возгорание подобным способом не удастся, необходимо обеспечить отсутствие кислорода в зоне перегретых паров масла.

б) При увеличении размеров детали (если оставлять принцип закали в масле тем же) единственный путь – ограничение содержания кислорода в зоне образования паров масла.

Если увеличить размеры детали еще больше, когда ее нельзя будет опускать в емкость с маслом, а можно только поливать маслом. В этом случае первые порции масла, попадающие на деталь, будут превращаться в перегретый масляный пар, воспламенение которого можно предотвратить, только удалив (уменьшив содержание) кислород из зоны, где образуются перегретые пары масла.

в) При увеличении скорости движения детали масло перегревается сильнее, паров масла образуется больше, зона, содержащая пары перегретого масла возрастает, и решение остается тем же – ограничить содержание кислорода в зоне перегретых паров масла.

г) При уменьшении скорости движения детали зона нахождения перегретых паров масла уменьшается, но метод предотвращения возгорания остается тем же.

д) При снижении стоимости предотвращения воспламенения до 0 необходимо найти «отходы» на производстве – газы, которые не содержат кислород.

е) При неограниченной стоимости предотвращения воспламенения в зону перегретых паров необходимо обеспечить подачу инертных газов: азота или углекислоты.

2–3. Дана система из емкости с маслом, нагретой детали и воздуха.

При опускании детали в емкость с маслом масло кипит, и образующиеся пары воспламеняются при взаимодействии с кислородом воздуха.

2–4. а) Емкость для масла.

б) Деталь, масло, воздух.

2–5. Емкость для масла и внешняя среда.

3–1. Мы выбрали два элемента, которые можно изменять, поэтому составим 2 формулировки ИКР.

1. Емкость для масла сама предотвращает воспламенение перегретых паров масла при закалке детали в масле.

2. Окружающая среда сама предотвращает воспламенение перегретых паров масла при закалке детали в масле.

3–2. Второй шаг. Сделать два рисунка: «Было» (до ИКР) и «Стало» (ИКР). (рис. 7.6).

3–3. На рисунке отмечены верхняя часть емкости для масла (ИКР 1) и окружающая среда (ИКР 2).

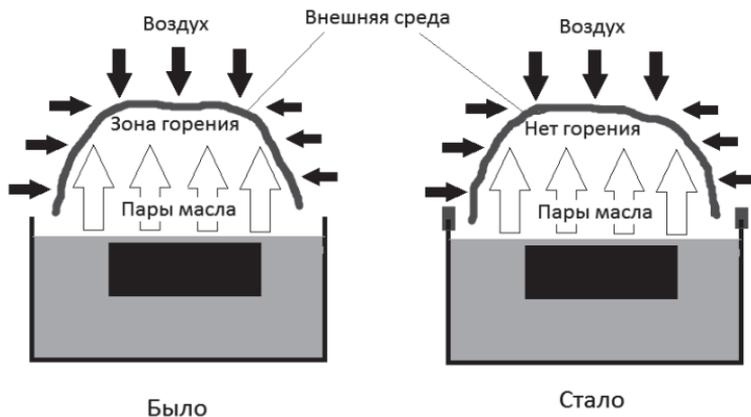


Рис. 7.6

3–4. ИКР 1. Верхняя часть емкости должна предотвращать попадание воздуха в зону нахождения перегретых паров масла, но она не может обеспечить герметичность этой зоны или избыточное давление в ней.

Нужно обеспечить «непоступление» воздуха, но герметичность или избыточное давление обеспечить невозможно.

ИКР 2. Внешняя среда не должна содержать кислород, но внешняя среда (выделенная область) не может предотвратить поступление воздуха. Внешняя среда не должна содержать кислород, но кислород поступает из окружающего воздуха.

3–5. ИКР 1. Верхняя часть емкости должна обеспечить существование избыточного давления газов, не содержащих кислород, в зоне нахождения перегретых паров масла.

ИКР 2. Внешняя среда должна предотвратить поступление воздуха.

3–6. ИКР 1 и ИКР 2 на этом этапе совмещаются. Надо обеспечить поступление в зону нахождения перегретых паров масла инертных газов, которые предотвратят поступление в эту зону воздуха.

3–7. В зону нахождения перегретых паров масла можно подавать дымовые газы, не содержащие кислород, побочный продукт на подобных производствах, например, барботируя их через масло.

Использование водяного пара может оказать негативное влияние на нагретые стальные детали, поэтому этот достаточно простой вариант использовать нельзя.

Попытаемся решить данную задачу, используя таблицу устранения технических противоречий.

Нужно предотвратить горение паров масла с образованием сажи – «вредные факторы, генерируемые самим объектом» 31 строка таблицы.

При использовании известных методов возрастет «сложность устройства» – 36 столбец. На пересечении мы видим приемы: 19; 1 и 31.

19 – Принцип периодического действия.

1 – Принцип дробления.

31 – Применение пористых материалов.

Однако предлагаемые таблицей приемы не подсказывают решения. На данном примере хорошо видно преимущество последовательного анализа задачи по алгоритму по сравнению с использованием только таблицы устранения технических противоречий.

Задача: *Для испытания материалов на длительную прочность в условиях высоких температур и агрессивных сред используют прочные камеры – сейфы. К образцу материала прикрепляют груз, после чего заполняют камеру агрессивным веществом, герметично закрывают и включают систему обогрева (тепловые элементы размещены в стенках камеры). Вес груза – от 0,02 до 2 кг. Основная трудность при таких испытаниях связана с определением момента разрыва образца. Правда, здесь не требуется особой точности. Достаточно, если момент обрыва будет зафиксирован с точностью до нескольких секунд, так как испытания ведутся иногда в течение многих дней. Сложность – в другом: трудно обеспечить надежность сигнальных устройств, размещенных внутри камеры в сильно агрессивной среде. Нужно, чтобы момент обрыва определялся снаружи. Аппаратура, улавливающая шум падения груза, не годится – она слишком сложна и ненадежна.*

Примем для определенности, что камера имеет размеры 0,4×0,3×0,3 м, а толщина стальных стенок – около 10 мм. Итак, нужен предельно простой и надежный способ регистрации момента разрыва образца. Не должно быть ни одного сквозного отверстия в стенках камеры!

Решение задачи

2–3. Дана система: коробка – образец (проволока, стержень) – груз – агрессивная среда. Трудно определить момент разрыва образца (или падения груза).

2–4. а) Коробка, груз.

б) Образец и агрессивная среда. (Образец и среда заданы условиями испытания – их нельзя менять; груз мы можем менять, сохраняя, однако, требуемую нагрузку на образец; коробку можно менять как угодно, лишь бы она оставалась герметичной).

2–5. Коробка (Она снаружи – ее легче менять, чем груз. К тому же коробка неподвижна – см. примечание «а» к шагу 2–5 АРИЗ-71).

3–1. Коробка без сквозных отверстий в стенках сама сообщает о моменте разрыва образца (или падения груза).

3–2. Сделать рисунок установки.

3–3. Не могут выполнить требуемого действия стенки коробки (Можно сформулировать ответ на 3–3 еще точнее, указав на наружную поверхность стенок).

3–4. При разрыве образца или падении груза стенки коробки (или их наружная поверхность) должны каким-то образом сами изменяться (ощутимо, сильно). Можно более точно ответить на вопросы шага 3–4: а) Стенка (дно) коробки должна быть подвижной – чтобы передавать наружу движение груза. б) Стенка должна быть неподвижной – чтобы держать давление агрессивной среды, находящейся внутри коробки. в) Стенка должна быть одновременно подвижной и неподвижной.

3–5. Чтобы совместить подвижность и неподвижность, стенка должна перемещаться целиком – вместе со всеми другими стенками. Тогда она будет одновременно неподвижной относительно других стенок и подвижной относительно опоры (Падение груза не видно из-за того, что его скрывают стенки. Значит, нужно, чтобы стенки не «гасили» падения: пусть груз, упав на дно, продолжает двигаться вместе с коробкой).

3–6. Падение (перемещение) груза должно вызывать падение (перемещение) всей коробки. Сейчас вес груза уравнивается реакцией опоры. Значит, падение груза должно нарушать это равновесие.

3–7. Падение груза означает перемещение центра масс. Это перемещение может нарушить равновесие коробки и вызвать ее перемещение.

3–8. Мы приходим к конструкции (рис. 7.7), совпадающей с **контрольным ответом**. Груз висит над расположенной внутри камеры наклонной плоскостью. Наружная поверхность дна камеры выполнена в виде двух плоскостей. При разрушении образца груз па-

дает на наклонную плоскость, смещается к стенке камеры, равновесие нарушается и камера меняет положение, замыкая контакт сигнального устройства.

4-1. Такое решение совпадает с ИКР: камера сама дает сигнал о падении груза, конструкция при этом практически не усложняется. Правда, устройство будет работать лишь в том случае, если перемещение груза создаст достаточный опрокидывающий момент. А как быть, если вес груза очень мал по сравнению с весом всей камеры? Можно уменьшить площадь опорной поверхности: пусть камера находится в состоянии, близком к неустойчивому равновесию. Но это плохой путь: камера будет опрокидываться от случайных толчков, сотрясений и т. п.

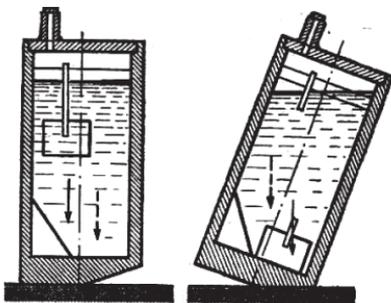


Рис. 7.7

4-2. Нам надо, чтобы на образец действовал небольшой груз, а после разрыва образца на камеру действовал большой груз. Снова к одному объекту предъявляются противоречивые требования. Можно, конечно, сделать, чтобы падение маленького грузика вызывало обвал большого груза. Но это заставит усложнить исходную схему... Лучше, если один и тот же груз будет легким для образца и тяжелым для камеры. Пока груз подвешен, часть его веса должна как-то исчезать. Для этого надо положить груз на наклонную плоскость, выбрав угол наклона так, чтобы на образец передавалась только требуемая по расчету часть веса груза. После разрушения образца груз сместится по плоскости к стенке и вызовет всем своим весом опрокидывание камеры. Наклонную плоскость можно сделать переставляемой.

4-3. Мы получили требуемый эффект – расширили область применения устройства, практически ничем не расплатившись. Устройство сохранило присущую ему простоту, но стало универсальным:

теперь его можно применить для испытания тонких проволок, нитей и т. п.

4-4. Решение можно считать законченным: требования задачи выполнены полностью.

Задача: *В лаборатории намечено провести серию испытаний системы фильтров (например, для двигателей внутреннего сгорания). В ходе испытаний в фильтры вместе с поступающим туда воздухом надо подавать песок, пыль, частицы глины и прочие сыпучие добавки. Для каждого испытания имеется график подачи добавок. Иногда надо подавать только одну какую-нибудь добавку, например, только песок, а нередко требуется одновременно подавать до 24 видов добавок. Каждая добавка подается в свое время по заранее составленному графику, поэтому смешивать добавки и подавать усредненную смесь нельзя. Вес каждой добавки от 0,01 до 0,03 кг. Время подачи 10 сек. Потом установку разбирают и исследуют. Нужно предложить способ подачи сыпучих добавок. Основные требования: простота, точность, легкость переналадки (предполагается провернуть сотни разных сочетаний добавок).*

Эта задача была предложена слушателям, только что принятым в Азербайджанский общественный институт изобретательского творчества. Время на решение не ограничивалось, большинство справились с задачей за 0,5 – 2 часа. Все слушатели – 90 человек – подошли к задаче с позиций обычного конструирования: подача порошков осуществлялась различными дозаторами. В нескольких предложениях автоматизация дозировки достигалась использованием ЭВМ!

Вот одно из решений: «К агрегату подведены 24 трубы. Перед каждой трубой вращается приспособление в виде сита. Число дырок в сите соответствует числу точек кривой для данного порошка. Диаметры дырок подобраны так, чтобы в агрегат в одну секунду могло проходить определенное количество порошка. Скорость вращения сит такова, что каждую секунду к трубам подается новое отверстие нужного диаметра». Итак, 24 дозатора – каждый с набором ежесекундно меняющихся диафрагм!

Машина громоздкая, не очень надежная (отверстия в диафрагмах и трубки могут забиться) и трудно поддающаяся переналадке.

Через полтора месяца та же задача была вновь предложена слушателям. На этот раз времени на решение потребовалось вдвое меньше – и половина слушателей вышла на уровень контрольного ответа.

Решение задачи

Применим оператор РВС.

2–2 а. Увеличим количество добавок в 100 раз. Теперь потребуются 2400 дозаторов. Получается слишком громоздкая установка. Дозатор должен быть один и притом самый простой. Но из этого простого дозатора должны независимо идти 2400 порошков...

2–2 б. Если добавка одна, можно поставить обычный дозатор.

2–2 в. Чем меньше время подачи, тем хуже будет работать дозатор. Если вместо 30 сек в нашем распоряжении всего 0,03 сек., мы просто не успеем отдозировать порошки. Вывод: дозировку надо осуществлять заранее. Главный выигрыш в том, что заранее мы можем дозировать порошки любым способом и без спешки, следовательно, очень точно. Если у нас есть заранее отдозированные порошки (например, разложенные по секундным порциям), то дозаторы не нужны: из двух требуемых действий – отдозировать порошки и подать – остается только второе действие.

2–2 г. Допустим, время подачи порошков растянуто до года. Порошки подаются медленно – крупинка за крупинкой. В этом случае тоже есть смысл отдозировать их заранее, скажем, по недельным порциям.

2–2 д. Если допустимая стоимость устройства близка к нулю, устройства нет или почти нет. Собственно, дозатор нам не нужен: мы можем любым – самым дешевым способом отдозировать порошки заранее. Значит, надо как-то избавиться и от подающего устройства.

2–2 е. Если расходы на устройство могут быть высокими, попробуем изменить природный элемент системы – порошки. Соединим – хотя бы с помощью клея – каждую крупинку порошка с крупинкой ферромагнитного материала. Теперь подачей порошков очень легко управлять. Правда, неясно, как в нужный момент отделять крупинки порошка от крупинок металла.

Что же нам дал оператор РВС? Одну безусловно подходящую идею – дозировать порошки заранее. И одну дикую, но заманчивую идею: крупинки металла несут и сбрасывают частицы порошка. Продолжим решение.

2–3. Дана система из фильтров и 24 добавок. Добавки трудно подавать в фильтры по графикам.

2–4. а) -

б) Фильтры, порошки. Менять фильтры нельзя – мы их исследуем. Порошки тоже нельзя менять – нарушатся условия эксперимента.

2–5. Внешняя среда.

3–1. Внешняя среда сама подает порошки по заданным графикам просто и точно. В этой формулировке, в сущности, указаны два действия – дозировать («по заданным графикам») и подавать. Но шаг 2–2 уже дал идею предварительной дозировки. Поэтому мы можем уточнить ИКР:

3–1. Внешняя среда сама подает заранее отдозированные порошки просто и точно.

3–2. Будем для простоты рассматривать один порошок, помня, что потом решение надо распространить на 24 порошка. Итак, мы имеем заранее отдозированный порошок (рис. 7.8); сейчас внешняя среда не подает порошок, а нам надо, чтобы она сама подавала его в воронку.

3–3. Не может выполнить требуемого действия часть внешней среды от того места, где лежат отдозированные порошки, до воронки.

3–4. а) Нам надо, чтобы эта часть внешней среды сама несла порошок.

б) Нетрудно сделать эту часть среды из ленты. На ленту можно положить предварительно отдозированный порошок. Но куда денется лента над воронкой?

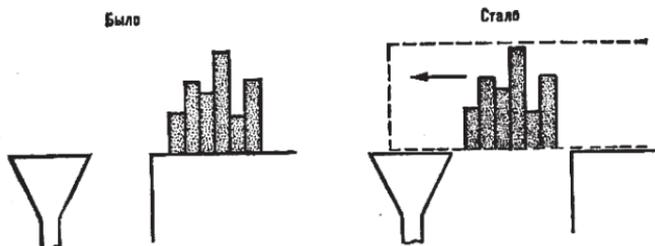


Рис. 7.8. Заранее отдозированный порошок подается при помощи ленты

в) Несовместимость (притом не очень страшная – это уже видно) состоит в том, что лента должна быть и ленты не должно быть. Правда, требования эти относятся к разным моментам времени: пока лента несет порошок, она должна быть; когда порошок донесен, должна исчезнуть. Нечто подобное (с частицами ферромагнитного материала) у нас получилось и на шаге 2–2 е.

3–5. Итак, лента должна исчезнуть над воронкой.

3–6. Надо либо уничтожить ленту, либо отвести ее в сторону.

3–7. Можно загнуть ленту: пусть возвращается назад. Получится что-то вроде ленточного транспортера. 24 транспортера? А если их 240? Плохо! Транспортер хорош, когда надо долго подавать материалы. А мы весь порошок расположили заранее – нам не нужна высвободившаяся лента транспортера.

Остается первый вариант – уничтожить ленту над воронкой. Это ближе к идеальной машине: часть машины, выполнившая свою работу, должна исчезнуть.

3–8. Куда и как будет исчезать лента? Можно отбрасывать ленту, но это, видимо, потребует применения какого-то механизма. Идеальнее, чтобы лента исчезала сама: таяла, испарялась и т. д.

4–1. Мы выиграли в точности (заранее тщательно дозируем), в простоте конструкции (набор исчезающих лент). Но вводится операция предварительной раскладки порошка на ленту.

4–2. Нетрудно нанести порошок на ленту равномерно: покроем ленту клеем, посыпем порошком, приклеим один слой. Однако нам нужна лента, несущая порошок в виде графика. Положить клей в те места, где по графику должен быть порошок? Проще вырезать график из ленты, имеющей одинаковую ширину. Вещество ленты должно легко резаться, легко покрываться клеем, легко исчезать. Обыкновенная бумага. А лучше – беззольная бумага.

4–3. Теперь трудно найти недостатки. Изготовить запас равномерно покрытых порошками листов несложно. Вырезать из этих листов нужные графики – совсем просто. Равномерно подавать один или несколько (сложенных в пачку) листов можно с помощью самых простых устройств. Сжигание беззольной бумаги над воронкой тоже не вызывает затруднений.

4–4. Мы нашли настолько простой способ, что его легко реализовать и испытать. Выигрыш отчетливо виден.

Контрольный ответ: *Способ непрерывного дозирования сыпучих материалов по весу в единице объема, например, абразива, при ускоренных износных испытаниях двигателя внутреннего сгорания, отличающийся тем, что с целью повышения точности, абразив предварительно наносит 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.*

Лекция 8. Стандарты на решение изобретательских задач

Класс 1. Построение и разрушение вепольных систем

Теперь перейдем к рассмотрению стандартов на решение изобретательских задач, используемых в более поздних версиях АРИЗ.

Стандарты – это правила синтеза и преобразования технических систем, непосредственно вытекающие из законов развития этих систем.

Стандарты – истребители технических и физических противоречий. Их цель – преодоление противоречий, в крайнем случае – их обход. Победить противоречие, совместить несовместимое, осуществить невозможное – в этом смысл стандартов.

Классификация стандартов приведена в соответствие с общей схемой развития технических систем: простые веполи – сложные веполи – форсированные веполи – комплексно-форсированные веполи – переход в надсистему и к подсистемам.

Основные особенности стандартов состоят в том, что:

– в их состав входят не только приемы, но и физические эффекты;

– приемы и эффекты, входящие в стандарт, образуют определенную систему (т. е. соединены не «как попало», а в определенной последовательности);

– система приемов и эффектов отчетливо направлена на устранение физических противоречий, типичных для данного класса задач;

– хорошо видна связь стандартов с основными законами развития технических систем.

Широта, идентичность решения и эффективность – абсолютно необходимые требования к любому «кандидату» в стандарты. Возьмем, например, применение эффекта Томса. Использование этого физического эффекта всегда приводит к решениям высокого уровня. Но область его действия очень узка: в сущности, речь идет об одной задаче – «Как уменьшить трение жидкости и твердого тела при их относительном движении?»

Предлагается добавка длинноцепочечных полимеров в жидкость «для струйного воздействия на твердые материалы».

В а. с. 427982 длинноцепочечные полимеры вводятся в смазку для волочения труб.

В а. с. 464042 – снова то же самое, но речь идет об «электрической водозаполненной машине».

Таких изобретений множество, однако, задача везде одна и та же: есть жидкость, нужно уменьшить ее трение о твердую поверхность.

Изобретательские решения, основанные на использовании одного физического эффекта, быстро становятся тривиальными. Применение электрогидравлического эффекта в конце 40-х годов давало сильные изобретательские решения, а через десять лет этот прием стал тривиальным.

В стандартах указан не какой-то конкретный физический эффект, а тип эффекта, поэтому стандарты имеют значительно большую продолжительность жизни: в некоторых из них могут быть использованы и те физические эффекты, которые будут открыты в дальнейшем.

Описание каждого стандарта включает подробное его обоснование и многочисленные примеры, отражающие нюансы применения. Рассмотрим коротко суть разработанных стандартов.

1.1. Синтез веполей

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

1.1.1. Синтез веполя

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

Например (рис. 8.1):

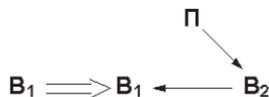


Рис. 8.1

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

Даны два вещества – порошок и газ – сами по себе не взаимодействующие. Введено поле, образовался веполь (рис. 8.2):

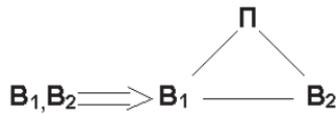


Рис. 8.2

Другой пример. Гравитационное поле и спиленное дерево еще не образуют вепольной системы – нет второго вещества, поэтому поле не обрабатывает дерево.

По а. с. 461722 падающее дерево встречает на своем пути ножовое устройство, которое срезает сучья (рис. 8.3):

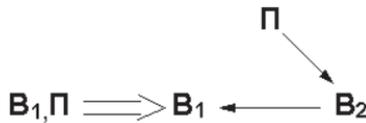


Рис. 8.3

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

Способ непрерывного дозирования сыпучих материалов по весу 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 проводят микродозирование, например, раствор биохимических препаратов наносят на бумагу, а получение необходимой микродозы осуществляют отделением требуемой площадки плоского носителя.

Задача: При горячей прокатке надо подавать жидкую смазку в зону соприкосновения металла с валками. Существует множество систем подачи смазки: самотеком, с помощью разного рода «щетки» и «кистей», под напором (т. е. струйками) и т. д. Все эти системы очень плохи: смазка разбрызгивается, поступает в нужные

места неравномерно и в недостаточном количестве, большая часть смазки теряется, загрязняет воздух. Нужно иметь десять разных режимов смазки – известные способы не обеспечивают такую регулировку. Требуется способ смазки, который обеспечит поступление в нужные зоны необходимого количества смазки – без ее потерь и без существенного усложнения оборудования.

Решение задачи по стандарту 1.1.1:

Способ подачи жидкой смазки в очаг деформации при горячей прокатке отличается тем, что с целью исключения загрязнения окружающей среды и сокращения расхода жидкой смазкой пропитывают носитель, который подают в очаг деформации с прокаливаемым металлом. В качестве носителя используют материал, ликвидирующийся при температуре деформации, например, в результате сгорания или испарения (в частности, бумажную ленту).

Веполы 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.

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 и обеспечения при этом допуска отклонения по толщине стенки в пределах 0,002-0,003 мм, повышения выхода годных трубок волочение на последних операциях доводки осуществляют на алюминиевом стержне, удаляемом после обработки вытравливанием щелочью.

Способ изготовления резиновых шаров-разделителей путем формования 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. Переход к внутреннему комплексному веполу

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 веполу, вводя в V_1 или V_2 добавки, увеличивающие управляемость или придающие веполу нужные свойства (рис. 8.4):

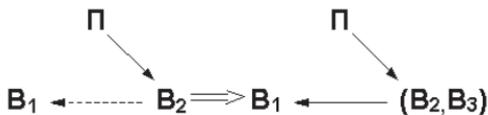


Рис. 8.4

Здесь V_1 - изделие, V_2 - инструмент, V_3 – добавка. Скобками обозначена внутренняя комплексная связь (внешняя комплексная связь обозначается без скобок).

Способ проведения массообменных процессов с вязкой жидкостью. Жидкость предварительно газифицируют.

Клапан для токсичных и взрывчатых веществ. Клапан заполнен легкоплавким припоем, в который введены ферромагнитные частицы (с внешней стороны установлен электромагнит).

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

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

Например: «Как визуально обнаружить маленькие капельки жидкости?»

Решение: синтез веполья – в жидкость предварительно вводят люминофор и освещают зону поиска ультрафиолетовым светом.

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. Переход к внешнему комплексному веполью

Если дан веполь, плохо поддающийся нужным изменениям, а условия содержат ограничения на введение добавок в имеющиеся вещества V_1 или V_2 , задачу решают переходом (постоянным или временным) к внешнему комплексному веполью, присоединяя к V_1 или V_2

внешнее B_3 , увеличивающее управляемость или придающее веполю нужные свойства (рис. 8.5):

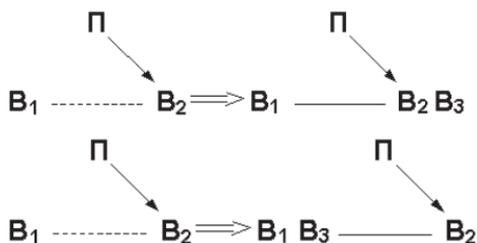


Рис. 8.5

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.

Возникает внешний комплексный веполь.

1.1.4. Переход к веполю на внешней среде

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

Саморазгружающаяся баржа отличается 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 в наружных стенках отверстия, постоянно сообщающиеся с забортным 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 успевает вытечь из отверстий – киль возвращает баржу в нормальное положение.

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

Центробежный датчик угловой скорости, содержащий два плеча рычаги и грузы, отличающийся тем, что с целью уменьшения габаритов и веса грузы выполнены в виде крыла для создания дополнительной подъемной силы при вращении.

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.

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. Переход к веполю на внешней среде с добавками

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

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

1.1.6. Минимальный режим действия на вещество

Если нужен минимальный (дозированный, оптимальный) режим действия, а обеспечить его по условиям задачи трудно или невозможно, надо использовать максимальный режим, а избыток убрать. При этом избыток поля убирают веществом, а избыток вещества – полем. Избыточное действие обозначено двумя стрелками (рис. 8.6):



Рис. 8.6

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.

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. Максимальный режим действия на вещество

Если нужно обеспечить максимальный режим действия на вещество, а это по тем или иным причинам недопустимо, максимальное действие следует сохранить, но направить его на другое вещество, связанное с первым (рис. 8.7):

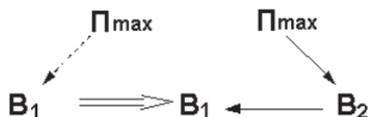


Рис. 8.7

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 использовать проволоку, ее надо нагревать до 700°С, а допустим нагрев только до 400°С (при большом 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, оставшуюся холодной.

1.1.8. Избирательно-максимальный режим

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

1.1.8.1. Избирательно-максимальный режим: поле максимальное

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

1.1.8.2. Избирательно-максимальный режим: поле минимальное

Во втором – в места, где необходимо максимальное воздействие, вводят вещество, дающее локальное поле, например, термитные со-

ставы – для теплового воздействия, взрывные составы – для механического воздействия (1.1.8.2).

Для запайки ампулы с лекарством горелку включают на максимальный режим, а избыток пламени отсекают, погружая корпус ампулы в воду (так, что высовывается только верхушка ампулы).

В зазор между свариваемыми деталями закладывают экзотермическую смесь, выделяющую при сварке локальное тепло.

Задача: *Имеются полистироловые катушки с тонким изолированным проводом и металлическими ножками. Припайку провода к ножкам осуществляли окунанием в ванну с припоем при 280°С. Однако при этом требовалась зачистка концов провода. С целью повышения производительности было предложено вести пайку при температуре припоя 380°С. При этой температуре изоляция провода сгорает, происходит лужение провода. Однако при такой температуре ножки катушки перегреваются, полистирол размягчается и ножки перекашиваются, а это недопустимо. Как быть?*

Решение задачи по стандарту 1.1.8.2:

Ножки с концами проводов предварительно окунают в экзотермическую смесь с температурой сгорания 350-400°С, а затем пайка ведется как раньше - окунанием в припой с температурой 280°С. Изоляция сгорает при вспышке экзотермической смеси, а полистирольная катушка не размягчается.

1.2 Разрушение веполей

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

1.2.1. Устранение вредной связи введением постороннего вещества

Если между двумя веществами в веполе возникают сопряженные – полезное и вредное – действия (причем непосредственное соприкосновение веществ сохранять необязательно), задачу решают введением между веществами постороннего третьего вещества, дарового или достаточно дешевого (рис. 8.8).

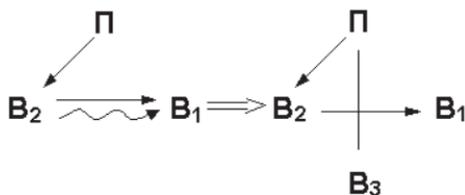


Рис. 8.8. (Волнистой стрелкой обозначено взаимодействие, которое по условиям надо устранить)

При взрывном уплотнении стенок скважины взрывные газы, выполняя полезную функцию, одновременно оказывают и вредное действие – приводят к образованию трещин в стенках. Предложено «окутать» инуровой заряд оболочкой из пластилина: давление передается, трещин нет.

Способ гибки ошпированной трубы намоткой ее в холодном состоянии на гибочный шаблон отличается тем, что с целью повышения качества при гибке трубы на радиус менее трех наружных диаметров трубы при намотке трубы ее шипы погружают в слой эластичного материала, например, полиуретана.

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 поверхность изделия перед обработкой наносят вещество, удаляющееся в моющей жидкости легче, чем технологическая среда.

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 подслой, содержащий парообразующее вещество.

1.2.2. Устранение вредной связи видоизменением имеющихся веществ

Если между двумя веществами в веполе возникают сопряженные – полезное и вредное – действия, причем непосредственное соприкосновение веществ сохранять необязательно, а использование посторонних веществ запрещено или нецелесообразно, задачу решают введением между веществами третьего, являющегося их видоизменением (рис. 8.9).

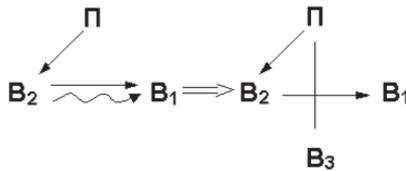


Рис.8.9

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.

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 и ее эрозию под действием кавитации.

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.

Задача: При осаждении металлов электролизом из водных растворов возникает проблема отделения осадка (продукции) от катода (инструмента). Операция эта весьма трудоемкая и производится вручную (красноречиво само название операции – «сдирка»). Как быть?

Решение задачи по стандарту 1.2.2:

Между катодом и слоем осажденного на катод металла должна быть прослойка – легко образующаяся, электропроводная, легко разрушающаяся.

По а. с. 553309 такую прослойку получают, покрывая катод рыхлым губчатым слоем осаждаемого металла, который наносят электролитически в режиме предельного тока.

1.2.3. Оттягивание вредного действия поля

Если необходимо устранить вредное действие поля на вещество, задача может быть решена введением второго элемента, оттягивающего на себя вредное действие поля (рис.8.10):

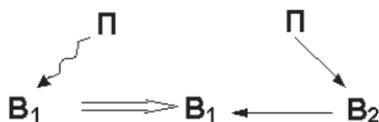


Рис. 8.10

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 надвунную пластмассовую вставку (шланг). Замерзая, вода расширяется и сдавливает мягкую вставку, а труба остается целой.

1.2.4. Противодействие вредным связям с помощью поля

Если между двумя веществами в веполе возникают сопряженные – полезное и вредное – действия, причем непосредственное соприкосновение веществ (в отличие от стандартов 1.2.1 и 1.2.2) должно быть сохранено, задачу решают переходом к двойному веполу, в котором полезное действие остается за полем Π_1 , а нейтрализацию вредного действия (или превращение вредного действия во второе полезное действие) осуществляет Π_2 (рис. 8.11):

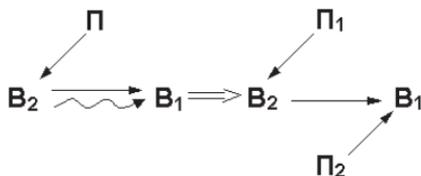


Рис. 8.11

Для опыления цветков обдувают воздухом. Но цветок от ветра закрывается. Предложено раскрывать цветок воздействием электрического заряда.

Автоматическая система с обратной связью возбуждает в фундаментных опорах колебания, равные по величине, но противополо-

ложные по направлению колебаниям, возникающим при работе технологического оборудования.

1.2.5. «Отключение» магнитных связей

Если надо разрушить веполь с магнитным полем, задача может быть решена с применением физэффектов, «отключающих» ферромагнитные свойства веществ, например, размагничиванием при ударе или при нагреве выше точки Кюри (рис. 8.12):

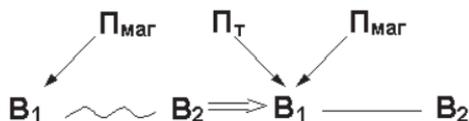


Рис. 8.12

Способ контактной приварки ферропорошков. Перед подачей в зону приварки порошок нагревают до точки Кюри. Это предотвращает выталкивание порошка магнитным полем сварочного тока.

Способ внутреннего шлифования путем воздействия на изделие ферромагнитной средой, 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.

Лекция 9. Класс 2. Развитие вепольных систем

2.1. Переход к сложным веполям

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

2.1.1. Переход к цепному веполю

Если нужно повысить эффективность вепольной системы, задачу решают превращением одной из частей веполя в независимо управляемый веполю и образованием цепного веполя (рис. 9.1):

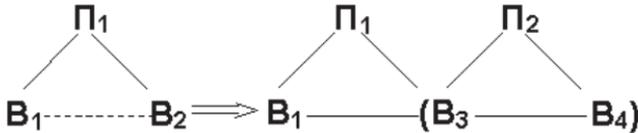


Рис. 9.1. (V_3 или V_4 в свою очередь может быть развернуто в веполю)

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.

Сборный инструмент, в котором корпус состоит из двух концентрично расположенных втулок (вместо одного цилиндра). Втулки сопряжены между собой с гарантированным натягом и выполнены из материалов с различными коэффициентами линейного расширения, выбранных из условия сохранения гарантированного натяга и создания осевого натяга в инструменте.

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

Самоходный кран с подвижным противовесом.

Трактор с подвижным центром тяжести для работы на крутых склонах.

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 разворачивании связей в веполе. В этом случае в связь $V_1 \text{ --- } V_2$ встраивается звено $\Pi_2 \text{ --- } V_3$ (рис. 9.2):

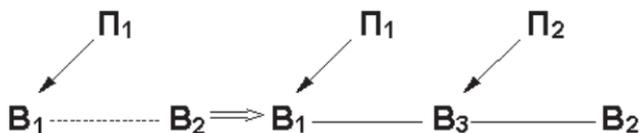


Рис. 9.2

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, то есть позволяет передавать вращающий момент.

2.1.2. Переход к двойному веполю

Если дан плохо управляемый веполь и нужно повысить его эффективность, причем замена элементов этого веполя недопустима, задача решается постройкой двойного веполя путем введения второго поля, хорошо поддающегося управлению (рис. 9.3):

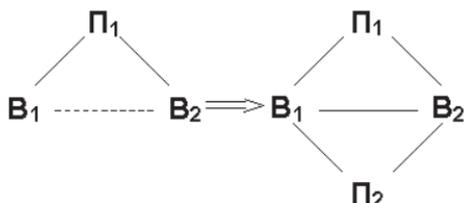


Рис. 9.3

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

Задача: Установка для получения искусственных шаровых молний представляет собой реактор («бочку»), внутри которого находится гелий (давление до 3 атм.). Под действием мощного электромагнитного излучения в гелии возникает плазменный идиуровой разряд, стягивающийся в сферический сгусток плазмы. Для удержания этого сгустка в центральной части «бочки» используют соленоид, кольцеобразно расположенный вокруг «бочки». Изменились условия опыта – резко повысилась мощность ЭМ-излучения. Плазма стала горячее и, следовательно, менее плотной, более легкой. Плазменный шар стал всплывать вверх. Чтобы удержать молнию в центре «бочки», попробовали повысить мощность соленоидного кольца. Ничего не получилось: молния поднималась вверх – только чуть медленнее. Сотрудники П.Л. Капицы предложили демонтировать установку, строить новую, имеющую значительно более сильную соленоидную систему. Но П.Л. Капица нашел другое решение. Какое?

Решение задачи по стандарту 2.1.2:

Дан неэффективный (неуправляемый) веполь: гравитационное поле, плазменный разряд, газ. Необходимо ввести второе (управляемое) поле. Каким оно может быть? Гравитационные, тепловые, электромагнитные поля отпадают по условиям задачи. Остаются различные механические поля, прежде всего – поле центробежных сил.

«Идея заключалась в том, чтобы завертеть по кругу газ... Вместе с газом завертелся и сам разряд и перестал всплывать... А представляли газ непрерывно вращаться самые обычные воздуходувки, хорошо знакомые всем по домашнему пылесосу. Впрочем, именно пылесос и был использован на первых порах» (Химия и жизнь, 1971, № 3, с. 8).

2.2 Форсирование веполей

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

2.2.1. Переход к более управляемым полям

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

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 капилляра с жидкостью в момент выдавливания капли.

Способ очистки электролита в процессе электромеханической обработки, основанный на отделении продуктов анодного растворения, отличающийся тем, что с целью повышения качества очистки электролит до входа в рабочий зазор пропускают через электростатическое поле.

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 в зоне аэрации используют частицы из ферромагнетиков, а в зоне флотации – из сегнетозлектриков.

2.2.2. Дробление инструмента

Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена путем увеличения степени дисперсности (дробления) вещества, играющего роль инструмента (рис. 9.4):

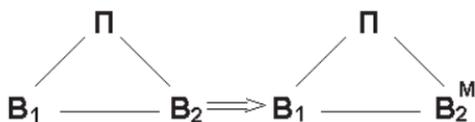


Рис. 9.4

Пояснения.

1. Символом B^M обозначено вещество, состоящее из множества мелких частиц (песчинки, порошок, дробины 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.

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 дробинok размерами 0,3-0,5 мм с плотностью равной средней плотности жидкостей.

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. Переход к капиллярно-пористому веществу

Особый случай дробления вещества – переход от сплошных веществ к капиллярно-пористым. Переход этот осуществляется по линии: «сплошное вещество → сплошное вещество с одной полостью → сплошное вещество со многими полостями (перфорированное вещество) → капиллярно-пористое вещество → капиллярно-пористое вещество с определенной структурой и размерами пор».

По мере развития этой линии увеличивается возможность размещения в полостях (порах) жидкого вещества и использования физических эффектов (рис. 9.5):

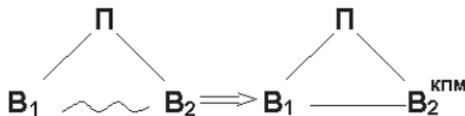


Рис. 9.5

Устройство для передачи усилий от опоры копра на фундамент, отличающееся тем, что с целью обеспечения равномерности давления на фундамент выполнено в виде плоского замкнутого сосуда, заполненного жидкостью.

Огнепреградитель, содержащий корпус с размещенными между решетками гранулами насадки, отличающийся тем, что с целью повышения эффективности работы огнепреградителя гранулы насадки выполнены полыми из легкоплавкого материала и заполнены огнетушащим веществом.

Нагревательный стержень паяльника выполнен не сплошным, а капиллярно-пористым. Благодаря этому можно отсасывать припой при демонтаже паяных соединений.

Пучок капиллярных трубок (вместо одного крупного баллончика) образует устройство, аккуратно наносящее клей.

Экструзионная головка, содержащая корпус с рабочим каналом, облицованным пористым материалом, 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 наружный слой выполнен с большим размером пор, чем внутренний, контактирующий с расплавом.

2.2.4. Динамизация веполя

Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена путем увеличения степени динамизации, то есть перехода к более гибкой, быстро меняющейся структуре системы (рис. 9.6):

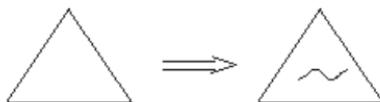


Рис. 9.6

Пояснения.

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

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

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

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.

Способ обработки тампонажного раствора путем воздействия на него магнитным полем, отличающийся тем, что с целью по-

вышения качества тампонажного раствора воздействие магнитным полем ведут в импульсном режиме.

Эффективная динамизация системы может быть осуществлена за счет использования фазовых переходов первого рода (например, замерзание воды) или второго рода (например, эффект «памяти формы»).

Способ соединения токоподводящих шин электролизных ванн легкоплавким составом, помещенным в зазоры между концами шин, отличающийся тем, что с целью снижения окисления сплава и улучшения электрического контакта между шинами количество тепла, отводимое от контактного соединения, регулируют так, чтобы при работе ванны поддерживать сплав в твердом состоянии, а при демонтаже и монтаже контактного соединения – в жидком.

Устройство для гибки петель из проволоки, содержащее смонтированные в корпусе оправку и гибочный инструмент, отличающееся тем, что с целью упрощения конструкции оно 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. Структуризация поля

Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена переходом от полей однородных или имеющих неупорядоченную структуру к полям неоднородным или имеющим определенную пространственную структуру (постоянную или переменную) (рис. 9.7):

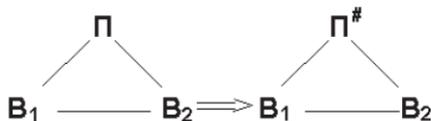


Рис. 9.7

Пояснения.

Значок # над буквой П указывает, что поле имеет определенную пространственно-временную структуру.

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.

Частицы порошка заряжают разноименным электричеством. Наносят слой одного порошка на слой другого и перемещают их в неоднородном электрическом поле. При движении порошки быстро смешиваются.

Для отделения из потока слабомагнитных тонких фракций предложено использовать неоднородное магнитное поле, создаваемое рифленой пластиной.

Если веществу, входящему в веполь (или могущему войти), должна быть придана определенная пространственная структура, то процесс следует вести в поле, которое имеет структуру, соответствующую требуемой структуре вещества (рис. 9.8):

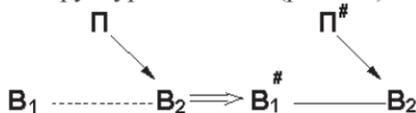


Рис. 9.8

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, следует перейти к использованию стоячих волн.

Способ заточки стеклянных микропипеток, установленных под углом к подложке, на которую помещают свободный абразив, отличающийся тем, что с целью повышения производительности из абразива посредством возбуждения стоячей волны формируют валик, в который помещают обрабатываемый кончик микропипетки.

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

Способ изготовления ферритовых изделий со сложным магнитопроводом, включающий прессование ферритовой плиты 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.

Способ сборки штампа по чертежу путем размещения на электромагнитной плите составляющих формообразующих элементов и последующего закрепления их на плите пропусканием через нее тока, отличающийся тем, что с целью повышения производительности труда формообразующие элементы штампа выполняют из термомагнитного сплава, размещают их на плоскости электромагнитной плиты равномерно, посредством инфракрасных лучей проецируют на них изображение чертежа, нагревают освещенные участки до температуры перехода через точку Кюри, после чего через электромагнитную плиту пропускают ток.

Задача: *Предположим, что на одной из планет системы Тау Кита обнаружена жизнь. Правда, всего лишь в виде планктона. Автоматы доставили на Землю образцы воды с крохотными (50-100 микрон) комочками живой материи. Сразу же возникла задача: как наблюдать «инопланетян» в микроскоп, если они находятся в постоянном броуновском движении? Посмотришь в микроскоп и ничего не разглядишь: тау-китяне, как сказано у поэта, «то явятся, то растворяются».*

Чтобы вести наблюдение с помощью микроскопа, объект нужно остановить и некоторое время (1-2 минуты) подержать на месте. Требуется предложить идею способа фиксирования микрообъектов в жидкости (в условиях максимально близких к естественным).

Для сведения. Частицы планктона практически неспособны к самостоятельному передвижению. Они перемещаются вместе с водой либо за счет броуновского движения.

Решение задачи по стандарту 2.2.5:

Создают стоячую волну. Частицы фиксируются в узлах.

2.2.6. Структуризация вещества

Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена переходом от веществ однородных или имеющих неупорядоченную структуру к веществам неоднородным или имеющим опреде-

ленную пространственную структуру (постоянную или переменную) (рис. 9.9):

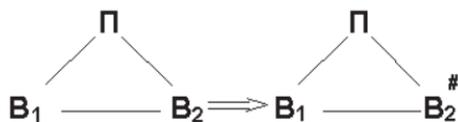


Рис. 9.9

Пояснения.

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

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

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

2.3. Форсирование согласования ритмики

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

2.3.1. Согласование ритмики поля и изделия (или инструмента)

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

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

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.

Способ предварительного ослабления угольного пласта путем воздействия на породы искусственно создаваемых импульсов, отли-

чающийся тем, что с целью повышения эффективности ослабления на массив, предварительно приведенный в возбужденное состояние, воздействуют направленными импульсами с частотой, равной частоте собственных колебаний массива.

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.

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.

Способ безопилочного резания древесины при помощи изменяющего свои геометрические размеры режущего инструмента, отличающийся тем, что с целью снижения усилия внедрения инструмента в древесину резание ее осуществляют инструментом, частота пульсации которого близка к собственной частоте колебаний перерабатываемой древесины.

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:

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 собственных колебаний неравными и некратными друг другу.

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.

Задача: В пятом номере бюллетеня «Изобретения. Открытия» за 1985 год на стр. 99 приведена формула изобретения: *Способ закреп-*

ления несвязных пород, включающий нагнетание в породы тампонажного раствора, отличающийся тем, что с целью снижения затрат путем увеличения радиуса закрепления пород во время нагнетания тампонажного раствора ему и окружающим породам сообщают колебания.

Спрогнозируйте следующее техническое решение, закономерно развивающее это изобретение.

Решение задачи по стандарту 2.3.1:

Очевидна аналогия с приведенным выше, по которому ослабление горной породы достигается нагнетанием жидкости в резонанс с частотой разрушаемого массива.

По нашему изобретению надо не ослаблять, а укреплять массив горной породы. Следовательно, следующее изобретение рассогласует (а может быть, и согласует) частоту нагнетания тампонажного раствора с собственной частотой горного массива.

2.3.2. Согласование ритмики используемых полей

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

Способ обогащения тонкоизмельченных сильномагнитных руд, включающий воздействие на руду бегущим магнитным полем и вибрациями, отличающийся тем, что с целью повышения эффективности процесса сепарации бегущее поле включают синхронно вибрациям.

Способ нанесения покрытий электрическими разрядами с использованием наносимого материала в виде порошка, включающий импульсную подачу тока с наложением магнитного поля, отличающийся тем, что с целью повышения твердости и обеспечения мелкозернистости структуры покрытий наложение магнитного поля осуществляют импульсами, причем каждому импульсу магнитного поля соответствует импульс тока.

2.3.3. Согласование несовместимых или ранее независимых действий

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

Способ автоматического управления термическим циклом контактной точечной сварки (преимущественно деталей малых толщин), основанный на измерении термомоноэлектродвижущей силы, отли-

чающийся тем, что с целью повышения точности управления при сварке импульсами повышенной частоты измеряют термоэлектродвижущую силу в паузах между импульсами сварочного тока.

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 рабочими движениями вала.

Способ электрохимической обработки деталей импульсным рабочим током с индукционным нагреванием их в процессе обработки, отличающийся тем, что с целью повышения производительности труда индукционный нагрев производят в паузах между импульсами рабочего тока.

2.4. Феполи (комплексно-форсированные веполи)

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

2.4.1. Переход к «протофеполю»

Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена путем использования ферромагнитного вещества и магнитного поля (рис. 9.10):

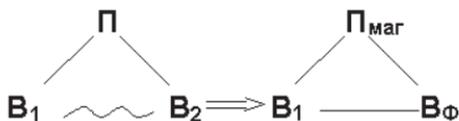


Рис. 9.10

Пояснения.

1. Стандарт о применении ферромагнитного вещества, не находящегося в измельченном состоянии. Речь идет о «протофеполях», «полуфеполях» – структуре на пути к феполям.

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

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 путем устранения смещения труб (одна относительно другой) поверхность дренажных труб

и фильтрующий материал перед укладкой в траншею покрывают слоем ферромагнетика и намагничивают.

Питатель (преимущественно для образования порошково-воздушной смеси), содержащий герметичную емкость с разгрузочной горловиной, воздухопроводящим и расходным трубопроводами, смесительную камеру и механизм подачи порошка, отличающийся тем, что с целью повышения ресурса механизма 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 ее наружной стороны.

2.4.2. Переход к феполу

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–зерна–порошок–жидкость» (рис. 9.11):

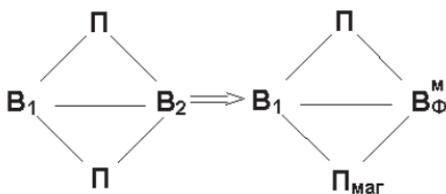


Рис. 9.11

Пояснения.

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

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

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.

Способ предотвращения образования льда на поверхности водоема, включающий создание на защищаемой поверхности теплоизоляционного слоя, образованного из гранул водонепглощающего теплоизоляционного материала легче воды, отличающийся тем, что с целью повышения надежности защиты путем ликвидации сноса теплоизоляционного материала течением теплоизоляционный слой, выполненный из гранул металлизированного ферромагнетиками материала, размещают между противоположно направленными магнитными полями.

Мишень для стрельбы из лука. Выполнена в виде кольцевого электромагнита, заполненного сыпучим ферромагнитным материалом.

Пневматический дроссель с электромагнитным управлением, в корпусе которого расположен канал для прохода воздуха, с каналом соединены входной и выходной штуцеры, электромагнит, обмотка которого соединена с клеммами подачи входных сигналов, и клапан. Отличается тем, что с целью повышения надежности и упрощения конструкции дросселя его клапан выполнен в виде ферромагнитного порошка, расположенного между сетками, установленными в канале.

Способ временного перекрытия трубопровода путем закачки в него композиции, способной отвердевать до образования герметизи-

рующего тампона, отличающийся тем, что перед закачкой в трубопровод с целью повышения эффективности в композицию добавляют дисперсный адсорбент с ферромагнитными свойствами, а в процессе закачки в зоне формирования герметизирующего тампона на композицию воздействуют магнитным полем.

Способ разрушения горных пород, заключающийся в том, что разрушение ведут жидкостью, содержащей ферромагнитные частицы, на которые воздействуют электромагнитным полем.

Задача: *Стальную проволоку изготавливают волочением через фильеру. При этом проволока быстро изнашивает фильеру, диаметр отверстия в ней (а следовательно, и диаметр проволоки) увеличивается, фильеру приходится часто менять. Как быть?*

Решение задачи по стандарту 2.4.2:

Один из типичных случаев, когда решением является переход от веполя к феполу.

Способ бесфильерного волочения стальной проволоки, включающий деформацию растяжением, отличающийся тем, что с целью получения проволоки постоянного диаметра без перегибов и нагрева, необходимую деформацию осуществляют путем протягивания проволоки через ферромагнитную массу, помещенную в электромагнитное поле.

2.4.3. Использование магнитной жидкости

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

Устройство для снижения гидравлического сопротивления в трубопроводе, содержащее средства 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 0,5-10 их ширины, при этом в качестве маловязкой жидкости используют магнитную жидкость.

Плотина с изменяемым агрегатным состоянием, включающая закрепленную на флутбете 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 заполнителя принята твердеющая в магнитном поле ферромагнитная жидкость.

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.

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.

Применение магнитной жидкости в качестве закалочной среды.

2.4.4. Использование капиллярно-пористой структуры феполя

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

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 фитиль) флюса из внутренней полости цилиндра.

2.4.5. Переход к комплексному феполю

Если нужно повысить эффективность управления системой путем перехода к феполю, а замена веществ феррочастицами недопустима, переход осуществляют построением внутреннего или внешнего комплексного феполя, вводя добавки в одно из веществ (рис. 9.12):

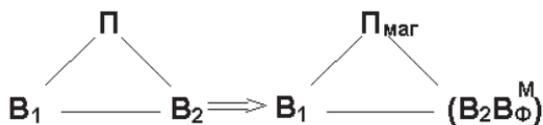


Рис. 9.12

Способ транспортирования деталей с помощью грузоподъемного электромагнита, отличающийся тем, что с целью обеспечения

транспортирования немагнитных деталей последние предварительно засыпают магнитомягкими сыпучими материалами.

2.4.6. Переход к феполю на внешней среде

Если нужно повысить эффективность управления системой путем перехода от веполя к феполю, а замена веществ феррочастицами (или введение добавок в вещества) недопустима, то феррочастицы следует ввести во внешнюю среду и, действуя магнитным полем, менять параметры среды, а, следовательно, управлять находящейся в ней системой (стандарт 2.4.3) (рис. 9.13):



Рис. 9.13

Способ демпфирования механических колебаний путем перемещения металлического неферромагнитного 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 магнитного поля пропорционально амплитуде колебаний.

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 магнитным полем.

Манипулятор для сварочных работ, содержащий поворотный стол и узел, выполненный в виде поплавкового механизма, шарнирно соединенного со столом через кронштейн 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. Использование физэффектов

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

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. Динамизация феполя

Если дана фепольная система, ее управляемость может быть повышена путем динамизации, то есть перехода к гибкой, меняющейся структуре системы (рис. 9.14):

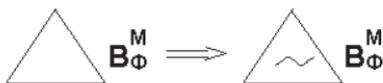


Рис. 9.14

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

Способ имитации почвенной массы в устройствах для испытания 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.

Задача: Известен способ шлифования деталей инструментом в виде баллона из эластичного материала, рабочая поверхность которого покрыта абразивом. Шлифование происходит в условиях постоянного прижима инструмента к заготовке. Для равномерного прижима абразива к обрабатываемой поверхности в баллон вводят ферромагнитные частицы, образующие суспензию, а инструмент прижимают путем воздействия на него постоянным магнитным полем. Реализация данного способа позволяет повысить равномерность прижима абразива к обрабатываемой поверхности и точность обработки. Однако одновременно, вследствие увеличения пло-

щадя контакта круга с заготовкой, в зоне резания повышается температура, усиливается затупление абразива, что приводит к повышению шероховатости обрабатываемых поверхностей и снижает производительность процесса... Как быть?

Решение задачи по стандартам 2.4.3, 2.4.7, 2.4.8:

Постоянный прижим абразива заменяют переменным, круг вибрирует, трение уменьшается. С этой целью вводят дополнительное переменное магнитное поле, действующее на ферросуспензию (динамизация). Чтобы действие магнитного поля на ферросуспензию было максимальным, частицы суспензии выполняют из материала с магнотрикциионными свойствами (использование физического эффекта).

2.4.9. Структуризация феполя

Если дана фепольная система, ее эффективность может быть повышена переходом от полей однородных или имеющих неупорядоченную структуру, к полям неоднородным или имеющим определенную пространственную структуру (постоянную или переменную) (рис. 9.15):

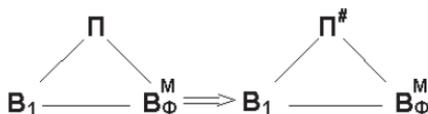


Рис. 9.15

Способ магнитной формовки профильных изделий из термопластов. В качестве пуансона используют ферропорошок, на который налагают температурное поле, превышающее в местах наименьшей вытяжки точку Кюри (рис. 9.16):

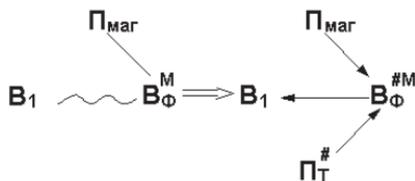


Рис. 9.16

Если веществу, входящему в феполь (или могущему войти в феполь), должна быть придана определенная пространственная струк-

тура, то процесс следует вести в поле, со структурой, соответствующей требуемой структуре вещества (рис. 9.17):

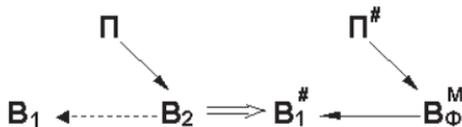


Рис. 9.17

Способ получения ворса на поверхности термопластичного 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 термопластичного материала до температуры его плавления, а вытяжку осуществляют путем извлечения ферромагнитных частиц посредством их контакта с электромагнитом.

2.4.10. Согласование ритмики в феполе

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

Предложено при вибромагнитной сепарации материала вращающегося магнитное поле реверсировать синхронно с вибрациями. При этом уменьшается сила сцепления между частицами материала и повышается эффективность разделения.

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. Переход к эполю – веполю с взаимодействующими токами

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

Способ разрушения горных пород: для силового воздействия пропускают импульсный ток по двум параллельным проводникам.

Способ захвата и удержания металлических немагнитных изделий, отличающийся тем, что с целью повышения его надежности в процессе захвата и удержания изделия через его тело в зоне действия магнитного поля пропускают электрический ток в направлении, перпендикулярном силовым линиям магнита.

Способ съема ягод со шпалерных культур путем колебания шпалерных проволок с привязанными к ним побегам, отличающийся тем, что с целью снижения затрат труда и снижения повреждений шпалерных культур берут магнит с постоянным по направлению магнитным полем, между полюсами которого располагают шпалерные проволоки, по ним пропускают переменный электрический ток, а вдоль проволок перемещают магнит.

Пояснения.

1. Если феполи – системы, в которые введены ферромагнитные частицы, то эполи – системы, где 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 (Ленинград).

Задача: *При растливании драгоценных камней и чистых кристаллов применяют очень тонкие пыльные полотна: чем тоньше полотно, тем меньше отходов. Привод полотна может быть любым (ручным, механическим, электромагнитным и т. д.). Сложность состоит в обеспечении строго постоянной по величине и направлению силы прижатия ко дну паза (пропила, разреза). Постоянство величины силы обеспечивает однородность плоскости после разрезания (без помутнений, температурных напряжений и т.д.). Непостоянство силы по направлению – гарантия сколов. Нужна идея способа, дающего строго постоянную силу прижатия полотна.*

В приведенном выше изобретении решается противоположная задача: обеспечение колебаний шпалерной проволоки (проволока ничем в принципе не отличается от тонкого пыльного полотна).

Решение настоящей задачи аналогично, *только ток, естественно, используют не переменный, а постоянный (нужно не возбуждать колебания, а гасить их).*

2.4.12. Использование электрореологической жидкости

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

Дебалансный возбудитель колебаний. Дебалансы размещены в электрореологической жидкости.

Электрореологическая жидкость с изменяемой вязкостью использована в амортизаторе транспортного средства.

Применение электровязкой суспензии в устройстве для резки материалов – в качестве зажимающей среды.

Шланг, содержащий внутренний и наружный слои, между которыми расположены слои электропроводных нитей, разделенные между собой слоем гибкого изоляционного материала. Отличается тем, что с целью возможности управления жесткостью гибкий изолирующий материал выполнен пористым и пропитан электрореологической суспензией.

Лекция 10. Класс 3. Переход к надсистеме и на микроуровень. Класс 4. Стандарты на обнаружение и измерение систем

3.1. Переход к бисистемам и полисистемам

Наряду с «внутрисистемным» совершенствованием (линия стандартов класса 2) существует линия «внешнесистемного» развития: на любом этапе внутреннего развития система может быть объединена с другими системами в надсистему с новыми качествами.

3.1.1. Переход к бисистемам и полисистемам

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

Способ транспортировки горячих слябов транзитом от слябингов к приемному рольгангу широкополосного стана, включающий поперек слябов, их перемещение по рольгангу, отличающийся тем, что с целью снижения потерь тепла слябов путем уменьшения поверхности охлаждения каждого сляба перемещение осуществляется пакетом, сложенным, по крайней мере, из двух слябов с последующим их разделением перед подачей в клеть.

Пояснения.

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

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

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 не дала бы. Прочность одной пластинки можно повысить, заключив пластинку в большую «глыбу» за-

стывшего клея (стандарт 1.1.3), но это увеличит стоимость обработки и снизит производительность.

Другая характерная особенность бисистем и полисистем – эффект многоступенчатости.

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, а также вепольных систем, в которых одновременно мультиплицированы поля и вещества. Иногда мультиплицируется пара (П - В) или веполь в целом.

Способ электронагрева металлических заготовок под обработку давлением, отличающийся тем, что с целью обеспечения безокислительного нагрева поверхностные слои заготовок в процессе нагревания интенсивно охлаждаются (биполевая система).

Задача о получении электрохимическим способом отверстия, которое имеет расширение на середине своей 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 о том, что этот переход может совершаться на любом этапе развития системы. При этом дальнейшее развитие идет по двум линиям: совершенствуется образовавшаяся надсистема и продолжается развитие исходной системы. Нечто подобное имеет место в химии: более сложные химические элементы образуются за счет надстройки новых электронных орбит и за счет достройки незавершенных внутренних орбит.

3.1.2. Развитие связей в бисистемах и полисистемах

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

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

Пример «ужесточения» связей. При групповом использовании грузоподъемных кранов (три крана по 60 т поднимают груз в 150 т) трудно синхронизировать работу машин.

В а. с. 742372 предложено устройство (жесткий многоугольник), объединяющее стрелы кранов.

Пример динамизации связей.

Первоначально катамараны имели корпусы, жестко соединенные между собой. Затем были введены подвижные связи, позволяющие менять расстояние между корпусами.

3.1.3. Увеличение различия между элементами бисистем и полисистем

Эффективность бисистем и полисистем повышается при увеличении различия между элементами системы (системный переход – 1-б): от одинаковых элементов (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).

«Двухэтажная пила», у которой нижние зубья разведены больше верхних, чисто режет волокнистые материалы.

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.)

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 материала с различным коэффициентом линейного расширения.

Электроакустический преобразователь, содержащий секционный активный элемент, отличается 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.

Генератор механических колебаний для сварки, содержащий выполненный в виде ролика фрикционный рабочий элемент, имеющий возможность скользяще-фрикционного 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.

Способ получения дисперсных систем благодаря вибрационным воздействиям 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.

Задача: *Объект – теплица. Спрогнозируйте развитие.*

Решение задачи по стандартам 3.1.1 и 3.1.3:

По стандарту 3.1.1 следует перейти к «битеплице» (двойной теплице). Чтобы получить при этом какое-то новое качество, нужно обеспечить взаимодействие между частями «битеплицы» или между находящимися в «битеплице» растениями. Максимум взаимодействия, если растения в чем-то противоположные.

Ответ: в одном отсеке – растения, поглощающие углекислоту и выделяющие кислород, в другом – растения, поглощающие кислород и выделяющие углекислоту.

3.1.4. Свертывание бисистем и полисистем

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

Тепловая электрическая станция с котельными агрегатами башенного типа, отличающаяся тем, что с целью сокращения коммуникаций, упрощения монтажных работ и уменьшения опорной пло-

щадя фундаментов все котельные агрегаты сгруппированы в едином блоке с расположенной над ним общей дымовой трубой.

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

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. Несовместимые свойства системы и ее частей

Эффективность бисистем и полисистем может быть повышена распределением несовместимых свойств между системой и ее частями. Это системный переход 1-в: используют двухуровневую систему, в которой вся система в целом обладает свойством С, а ее части (частицы) – свойством анти-С.

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

3.2. Переход на микроуровень

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

3.2.1. Переход на микроуровень

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

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.

Пояснения.

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.

Устройство для безотпильного резания древесины, включающее станину и рабочий орган с режущим инструментом, отличается тем, что с целью повышения производительности и качества пиления режущий инструмент выполнен из магнитострикционного материала с двухсторонней заточкой передней грани и через электро-механические преобразователи соединен с высокочастотным генератором.

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

3. Переход «макро – микро» – понятие обобщенное. Существует множество уровней «микро» (домены, молекулы, атомы и т. д.) – соответственно имеется много разных переходов на микроуровень, а также множество переходов с одного микроуровня на другой, более низкий. По этим переходам накапливается материал, который, вероятно, приведет к появлению новых стандартов подкласса 3.2.

Задача: *Для окончательной сверхточной обработки отверстия (хонингования алмазными брусками) в ванадиевых сплавах используют специальный радиально раздвижной инструмент – весьма дорогой и сложный. Для новых изделий потребовалась еще большая точность. Попробовали сделать новый инструмент – по принципу действия такой же, как и раньше, но с более тонкой регулировкой. Ничего не получилось: инструмент оказался слишком сложным, капризным, быстро выходил из строя. Что делать?*

Решение задачи по стандарту 3.2.1:

Работу хонинговальной головки регулируют за счет теплового расширения.

Способ хонингования отверстий, при котором хонинговальной головке сообщают вращательное и поступательное движения, а бруски настраивают на обрабатываемый размер и жестко закрепляют в этом положении, отличающийся тем, что с целью повышения качества обрабатываемой поверхности перед обработкой деталь нагревают и охлаждают в процессе обработки.

Нюанс: тепловым полем действуют не на инструмент, а на изделие! В данном случае это возможно и целесообразно (размеры изделия больше размеров инструмента).

Класс 4. Стандарты на обнаружение и измерение систем

4.1. Обходные пути

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

4.1.1. Вместо обнаружения и измерения – изменение системы

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

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

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

4.1.2. Использование копий

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

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

Измерение деформаций оболочек затруднено тем, что оболочки являются частью громоздкой конструкции. Предложено изготовли-

вать слепки (до деформации и после нее) и вести измерения на слепах.

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.

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.

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 проектируются на экран контрастными, например, негативное и позитивное или красное и синее.

4.1.3. Последовательное обнаружение изменений

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

При добыче медных руд камерным способом образуются огромные подземные залы, камеры. От взрывов и по другим причинам 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 его цвету можно судить о высоте образовавшегося купола.

Пояснения.

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

круга. Измерение надо 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 расплывчатого понятия «измерение» к четкой модели «два последовательных обнаружения» резко упрощает задачу.

4.2. Синтез измерительных систем

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

4.2.1. Синтез измерительного веполя

Если невепольная система плохо поддается обнаружению или измерению, задачу решают, достраивая простой или двойной веполь с полем на выходе (рис. 10.1):

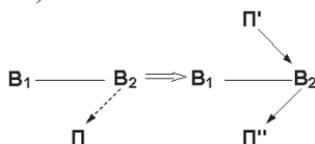


Рис. 10.1

Способ обнаружения момента начала кипения жидкости (то есть появления в жидкости пузырьков V_2). Через жидкость пропускают ток – при появлении пузырьков резко возрастает электрическое сопротивление.

Способ обнаружения и счета инородных включений в жидкости, отличающийся тем, что с целью повышения чувствительности исследуемую среду облучают электромагнитными колебаниями сверхвысокой 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 (рис. 10.2).

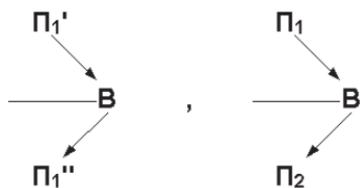


Рис. 10.2

Задача

Как зафиксировать образование первых трещин при испытаниях на усталость металлических образцов, например, шатуна?

Решение задачи по стандарту 4.2.1:

От приведенного выше изобретения ситуация отличается только агрегатным состоянием исследуемого вещества. Но *электрическое сопротивление твердого тела при появлении трещин резко возрастает* – как и *электрическое сопротивление жидкости при появлении пузырьков*. Предложено пропускать по исследуемому образцу *электрический ток*.

4.2.2. Переход к комплексному измерительному веполю

Если система (или ее часть) плохо поддается обнаружению или измерению, задачу решают переходом к внутреннему или внешнему комплексному веполю, вводя легко обнаруживаемые добавки (рис. 10.3):

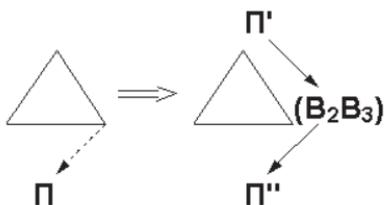


Рис. 10.3

Способ обнаружения неплотностей в холодильных агрегатах, заполненных фреоном и маслом (преимущественно в домашних холодильниках), 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.

Способ определения фактической площади контакта поверхностей, отличающийся тем, что для окрашивания поверхностей применяют люминесцентные краски.

4.2.3. Переход к измерительному веполу на внешней среде

Если систему трудно обнаружить или измерить в какой-то момент времени и нет возможности ввести в объект добавки, то эти добавки, создающие легко обнаруживаемое и легко измеряемое поле, следует ввести во внешнюю среду, по изменению состояния которой можно судить об изменении состояния объекта (рис. 10.4):

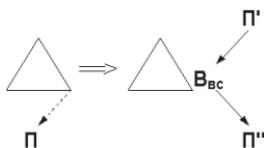


Рис. 10.4

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

4.2.4. Получение добавок во внешней среде

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

В частности, в качестве добавок нередко 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. Форсирование измерительных веполей

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

4.3.1. Использование физэффектов

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

Исчезновение люминесцентных свойств у некоторых веществ в присутствии очень небольшого количества влаги.

Резкое изменение показателя преломления света у алмазного зерна при изменении температуры.

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

Подшипник скольжения, содержащий подключенную к блоку защиты термопару и антифрикционный вкладыш, установленный в токопроводящей обойме, контактирующей с токопроводящим корпусом, отличающийся тем, что с целью повышения скорости действия защиты от перегрева термопара образована обоймой и корпусом.

Способ регистрации разрушенных изделий, включающий нанесение на контролируемую поверхность чувствительного слоя, отличающийся тем, что с целью повышения надежности в качестве чувствительного слоя используют магнитную пленку, на которой размещают токопроводящий контур, а о разрушении изделий судят по ЭДС индукции, возникающей в контуре.

4.3.2. Использование резонанса контролируемого объекта

Если невозможно непосредственно обнаружить или измерить происходящие в системе изменения, а также пропустить сквозь систему поле, то задачу решают возбуждением в системе резонансных колебаний (во всей системе или какой-то ее части), по изменению частоты которых можно определить происходящие в системе изменения (рис. 10.5).

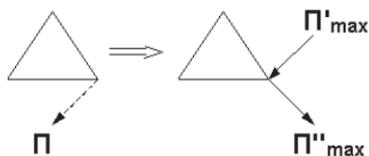


Рис. 10.5

Способ измерения массы вещества (например, жидкости) в резервуаре, отличающийся тем, что с целью повышения точности и надежности измерения возбуждают механические резонансные ко-

лебания системы резервуар – вещество, измеряют их частоту, по величине которой судят о массе вещества.

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.

Способ контроля выдаивания долей вымени животных при машинном доении, включающий определение степени опорожнения вымени по измерению его физических свойств 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.

Задача: *Как контролировать, не прерывая работу, процесс электролитического полирования прецизионных лент?*

Решение задачи по стандарту 4.3.2.

Предложен способ контроля процесса электролитического полирования прецизионных лент путем замера электрического параметра и косвенного определения геометрических размеров, отличающийся тем, что с целью повышения точности ленту размещают в магнитном поле, подключают к генератору и измеряют частоту собственных колебаний.

4.3.3. Использование резонанса присоединенного объекта

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

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. Переход к фепольным измерительным системам

Измерительные веполи имеют особенно выраженную тенденцию перехода в фепольный ряд.

4.4.1. Переход к измерительному «протофеполю»

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

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), обнаруживают это отверстие при помощи индикатора (например, магнитометра) по наибольшей величине напряженности магнитного поля.

4.4.2. Переход к измерительному феполю

Если нужно повысить эффективность обнаружения или измерения «протофепольными» и вепольными системами, то необходимо перейти к феполям, заменив одно из веществ ферромагнитными частицами (или добавив эти частицы) и обнаруживая или измеряя магнитное поле (рис. 10.6):

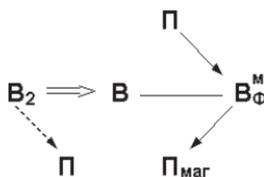


Рис. 10.6

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. Переход к комплексному измерительному феполю

Если нужно повысить эффективность обнаружения или измерения системы путем перехода к феполю, а замена вещества ферромагнитными частицами недопустима, то переход к феполю осуществляют построением комплексного феполя, вводя добавки в вещество (рис. 10.7):

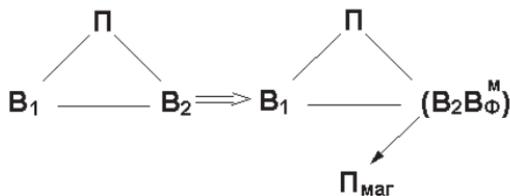


Рис. 10.7

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

4.4.4. Переход к измерительному феполу на внешней среде

Если нужно повысить эффективность обнаружения или измерения системы путем перехода от веполя к феполу, 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. Использование физэффектов

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

Способ измерения температуры при помощи индуктивного датчика, свойства магнитопровода которого изменяются в зависимости от изменения его температуры, отличающийся тем, что с целью повышения точности измерений магнитопровод датчика разогревают (или охлаждают) до температуры внешнего магнитопровода, что вызывает резкое изменение его проницаемости (эффект Гопкинса).

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 контролируемой жидкости.

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.

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, соответствующую заданной температуре, а корпус и ротор изготовлены из материала с точкой Кюри, соответствующей температуре выше заданной («бисистемный» переход через точку Кюри).

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 судят о величине измеряемого усилия (эффект Баркгаузена).

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. Направление развития измерительных систем

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

4.5.1. Переход к измерительным бисистемам и полисистемам

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

Пример

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.

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. Переход к измерению производных

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

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

Лекция 11. Класс 5. Стандарты на применение стандартов

Изобретательская ситуация. Минимальные и максимальные задачи. Задача и переход к модели задачи. Инструмент и изделие. Оперативная зона. Переход от ТП к ФП. Способы разрешения ФП. Идеальный конечный результат.

5.1. Особенности введения веществ

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

5.1.1. Обходные пути

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

5.1.1.1. Вместо вещества используют «пустоту»

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.

5.1.1.2. Вместо вещества вводят поле

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

5.1.1.3. Вместо внутренней добавки используют наружную

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.

5.1.1.4. Вводят в очень малых дозах особо активную добавку

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 весового процента полиметакрилата.

5.1.1.5. 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.

5.1.1.6. Добавку вводят на время

Способ бесконтактной магнитной ориентации деталей, отличающийся тем, что с целью увеличения эффекта ориентации без дополнительных энергозатрат при ориентации полых деталей в последние предварительно вводят ферромагнитные тела.

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

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.

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

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, $(NH_4)_2CO_3$.

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

Способ размерной электромеханической 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.

Задача: *В полимеры – для повышения стойкости – добавляют вещества, «перехватывающие» кислород, разрушающий полимеры. В качестве «веществ-перехватчиков» используют мелкодисперсные металлы. Эти металлы обязательно должны иметь чистую (не окисленную) поверхность. Как вносить «перехватчики»? В вакууме или восстановительной (или инертной) среде слишком сложно. Как быть?*

Задача решается по стандарту 5.1.1.8: *в обычных условиях вводят соль, выделяющую металл при тепловом воздействии. В качестве такой соли можно, например, использовать оксалат железа (железную соль уксусной кислоты). Оксалат разлагается при 300°С с выделением железа или закиси железа (тоже «перехватчик» кислорода).*

5.1.2. Разделение изделия на взаимодействующие части

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

Способ подачи быстро расслаивающейся рабочей жидкости в рабочую камеру анодно-механического станка, отличающийся тем, что с целью лучшего перемешивания жидкость подается в зону обработки двумя встречными потоками.

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.

Способ получения металлических порошков, включающий распыление 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 струи металлического расплава осуществляют противоположно направлению вихревого газового потока.

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.

Способ сжигания топлива путем подачи в зону горения смеси топлива, воздуха и предварительно подогретого сыпучего материала, отличающийся тем, что с целью повышения интенсификации процесса горения с одновременным уменьшением вредных выбросов

смесь топлива, воздуха и сыпучего материала подают по крайней мере двумя встречными сталкивающимися потоками.

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.

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

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.

Задача: Известен «Способ диспергирования расплавов, включающий разделение расплава на струи, их разбивание и последующее охлаждение частиц...». Спрогнозируйте дальнейшее развитие способа.

Решение задачи по стандарту 5.1.2:

Решение очевидно: «...с целью расширения технологических возможностей разбивание струй расплава осуществляют направлением их навстречу одна другой по одной оси».

5.1.3. Самоустранение отработанных веществ

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

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 (ИР, 1975, № 3, с. 25).

Способ очистки внутренних поверхностей полых изделий путем проочки через изделие моющей 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.

Льдохранилище, содержащее корпус, выполненный из теплоизоляционного материала, отличается 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. Использование надувных конструкций и пены

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

Для перемещения аварийных самолетов под крылья устанавливают надувные емкости. При наполнении воздухом емкости плавно приподнимают самолет. Под емкости могут быть установлены тележки для транспортировки.

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 полиизоционата 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 совместно с другими стандартами.

5.2. Введение полей

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

5.2.1. Использование поля по совместительству

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

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 отождмет жидкость к стенкам, а газ – к оси трубопровода.

5.2.2. Использование поля внешней среды

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

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

5.2.3. Использование веществ – источников полей

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

Сигнализатор уровня жидкости, преимущественно топлива, содержащий поплавков 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 из сигнальной цепи и предотвращения возможного искрообразования на контактах контакты корпуса и поплавок выполнены из разнородных металлов (например, меди и константана), образующих при замыкании холодный спай терморпары. Другой спай, расположенный вне объекта контроля, снабжен источником подогрева.

Электромагнитный насос для перекачивания расплавленного металла или жидкого электропроводного теплоносителя, включающий электромагнит и электрический контур, отличается 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, расположенную между полюсами электромагни-

та, по которой протекает горячий перекачиваемый жидкий теплоноситель.

Система «обрабатываемая деталь–режущий инструмент» использована как термонара в устройстве для измерения температуры резания.

Абразив нанесен на проволочный каркас, выполненный в виде термонары. Шлифовальный круг сам сигнализирует о температуре в зоне шлифования.

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

Мальтийский механизм, содержащий ведущее звено и ведомый мальтийский крест, отличается 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. Использование фазовых переходов

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

5.3.1. Замена фазового состояния вещества

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

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

5.3.2. «Двойственное» фазовое состояние вещества

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

Теплообменник снабжен прижатыми к нему «лепестками» из никелида титана. При повышении температуры «лепестки» отгибаются, увеличивая площадь охлаждения.

Применение в качестве рабочих тел в газотурбинных установках замкнутого цикла газовых систем (например, N_2O_4 , $CH_4 + CO_2$ и другие), в которых в результате обратимых химических реакций, сопровождающихся тепловым эффектом, газовая постоянная увеличи-

вается перед турбиной и уменьшается перед компрессором до первоначальной величины. (Газовые смеси обладают свойством обратимой диссоциации-рекомбинации с выделением и поглощением тепла.)

Конденсатор переменной емкости, содержащий две обкладки с расположенными между ними диэлектриком и узлом регулирования температуры диэлектрика, отличается 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. Использование явлений, сопутствующих фазовому переходу

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

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

5.3.4. Переход к двухфазному состоянию вещества

«Двойственные» свойства системы могут быть обеспечены фазовым переходом 4 – замена однофазового состояния двухфазным.

Для глушения шума, а также для улавливания испарений, запахов и стружек при резании зону резания покрывают пеной. Пена проницаема для инструмента, но не проницаема для шума, испарений и т. д.

Способ полирования изделий. Рабочая среда состоит из жидкости (расплав свинца) и ферромагнитных абразивных частиц.

Способ промывки фильтров с зернистой загрузкой, включающий взрыхление загрузки и последующее вымывание загрязнений восходящим потоком промывной воды, отличается тем, что с целью упрощения способа, взрыхление осуществляют сатурированной водой.

5.3.5. Использование взаимодействия между частями (фазами) системы

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

Двухфазное рабочее тело для компрессоров и теплосиловых установок, состоящее из газа и мелких частиц твердого тела, отличается тем, что с целью дополнительного сжатия газа в холо-

дильнике и компрессоре и дополнительного расширения в нагревателе в качестве твердой фазы использованы сорбенты с общей или избирательной поглотительной способностью.

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. Особенности применения физэффектов

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

5.4.1. Использование обратимых физических превращений

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

Молниеотвод в виде газовой 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.

Автоматическая заслонка, содержащая корпус, клапан и термомчувствительный элемент, отличающаяся 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. Усиление поля на выходе

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

Способ усиления упругих волн, включающий ввод в твердое тело упругой волны и наложение поля внешнего источника энергии, отличающийся тем, что с целью расширения функциональных возможно-

стей путем усиления ударных волн перед вводом упругой волны в твердое тело его деформируют до температуры, которая меньше температуры фазового перехода второго рода на величину скачка температуры при прохождении упругой волны по нему.

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. Экспериментальные стандарты

5.5.1. Получение частиц вещества разложением

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

Способ создания высокого давления водорода: водородсодержащее соединение помещают в герметичный сосуд и подвергают электролизу с образованием свободного водорода.

5.5.2. Получение частиц вещества объединением

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

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. Простейшие способы получения частиц вещества

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

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

Рассмотрев стандарты на решение изобретательских задач, перейдем к рассмотрению ряда понятий, которые не используются в АРИЗ-71, но необходимы для применения более совершенного алгоритма – АРИЗ-77.

Процесс изобретательского творчества начинается с выявления и анализа изобретательской ситуации. **Изобретательская ситуация** – это любая технологическая ситуация, в которой отчетливо выделена какая-то неудовлетворяющая нас особенность.

Слово «технологическая» использовано здесь в самом широком смысле: техническая, производственная, исследовательская, бытовая, военная и т. д.

Остановимся, например, на такой ситуации. Для изготовления предварительно напряженного железобетона нужно растянуть арматуру (стальные стержни). В растянутом состоянии арматуру закрепляют в форме и подают бетон. После затвердевания бетона концы арматуры освобождают, арматура укорачивается и сжимает бетон, повышая его прочность. Для растяжения арматуры использовали гидравлические домкраты, но они оказались слишком сложными и ненадежными. Был предложен электротермический способ растяжения: арматуру нагревают, пропуская ток, она удлиняется, и в таком состоянии ее закрепляют. Если в качестве арматуры используют стержни из обычной стали, все в порядке – стержни достаточно нагреть до 400°C, чтобы получить требуемое удлинение. Но выгодно использовать не стержни, а проволоку, выдерживающую большие усилия. Для удлинения проволоки на расчетную величину необходима температура 700°C, но проволока теряет свои высокие механические качества при нагревании (хотя бы и кратковременном) выше 400°C. Расходовать на изготовление железобетона дорогостоящую жаропрочную проволоку недопустимо.

Такова ситуация. С изготовлением железобетона связано множество различных проблем. В ситуации выделена только одна – растяжение проволочной арматуры. Подразумевается, что для решения этой проблемы надо что-то предпринять. Однако в ситуации нет указаний, что при этом допустимо менять в исходной технической системе. Можно ли, например, вернуться к использованию гидродомкратов, попытавшись как-то их улучшить? Может быть, следует усовершенствовать технологию изготовления жаропрочной проволоки, чтобы снизить ее стоимость? А может быть, вообще поискать принципиально новый способ растяжения арматуры? Ситуация не содержит

ответов на подобные вопросы. Поэтому одна и та же ситуация порождает разные изобретательские задачи.

Для изобретателя особенно важно умение переводить ситуацию в задачи минимальные и максимальные.

Минимальная задача может быть получена из ситуации по формуле: то, что есть, минус недостаток, или то, что есть, плюс требуемое достоинство (новое качество). Таким образом, минимальная задача получается из ситуации введением предельных ограничений на изменение исходной технической системы.

Максимальная задача, наоборот, получается предельным снятием ограничений: исходную систему разрешается заменить принципиально иной системой.

Когда мы ставим задачу улучшить парусное оснащение судна – это минимальная задача. Если же задача ставится так: «Вместо парусника нужно найти принципиально другое транспортное средство, имеющее такие-то показатели», – это задача максимальная. При всех обстоятельствах целесообразно начинать с минимальной задачи: ее решение, обеспечивая положительный результат, в то же время не требует сколько-нибудь существенного изменения самой системы и потому гарантирует легкость внедрения и экономический эффект.

Как и всякая задача, изобретательская задача должна содержать указания на то, что дано, и на то, что требуется получить. Типичная изобретательская задача выглядит так:

Задача: *При изготовлении предварительно напряженного железобетона проволочную арматуру растягивают электротермическим способом. Но при нагревании на расчетную величину (700°C) арматура теряет свои механические качества. Как устранить этот недостаток?*

К «дано» здесь относится описание исходной технической системы. К «требуется» – указания на необходимость все сохранить (задача минимальная!), устранив только имеющийся недостаток.

«Дано» и «требуется» могут быть изложены в произвольной форме. «Дано» может содержать избыточные сведения и не содержать сведений, совершенно необходимых. «Требуется» обычно бывает сформулировано в виде административного или технического противоречия, но нечеткого, неполного, иногда вообще неверного.

Решение должно начинаться с построения *модели задачи*, предельно упрощенно, но вместе с тем точно отражающей суть задачи: техническое противоречие и элементы (части исходной технической

системы), конфликт между которыми создает техническое противоречие.

Модель задачи: *Даны: тепловое поле и металлическая проволока. Если нагревать проволоку до 700°C, она получит необходимое удлинение, но утратит прочность.*

Прежде всего, при переходе от задачи к модели устранена специальная терминология («электротермический способ», «арматура»). Убраны все лишние элементы системы. Нет, например, упоминания об изготовлении железобетона: суть задачи в том, как растянуть проволоку, а для чего именно растягивать – безразлично. Ничего не изменится, если растянутая проволока будет использована, скажем, для армирования стеклянных балок. Убрано упоминание о том, что проволоку нагревают электрическим током. Задача сохранится в том случае, если мы просто поместим проволоку в печь или будем нагревать ее инфракрасным излучением. Оставлены только те элементы, которые необходимы и достаточны, чтобы сформулировать техническое противоречие.

Каждое техническое противоречие может быть изложено двояко: «Если улучшить А, то ухудшится Б» и «Если улучшить Б, ухудшится А».

При построении модели задачи следует брать ту формулировку, в которой речь идет об улучшении (сохранении, усилении и т. д.) основного производственного действия (свойства).

Из двух формулировок «Если нагревать проволоку до 700°C, она получит необходимое удлинение, но потеряет прочность» и «Если не нагревать проволоку до 700°, она сохранит прочность, но не получит необходимого удлинения» следует взять первую: она обеспечивает основное действие (удлинение проволоки) – то, во имя чего и существует взятая система «тепловое поле – проволока».

При переходе от ситуации к задаче и далее к модели задачи резко уменьшается свобода выбора (т. е. свобода перебора пустых проб) и нарастает «дикость» в постановке задачи.

Пока мы имели дело с ситуацией, было множество возможностей: а если пойти по пути усовершенствования гидродомкратов? А если построить пневматический домкрат? А если сделать гравитационный домкрат, в котором проволока будет растягиваться тяжелым грузом? А если допустить потерю прочности при нагревании, но потом как-то восстановить эту прочность? Переход к задаче отсекает множество подобных возможностей.

Должен быть сохранен электротермический способ, имеющий множество преимуществ; нужно лишь убрать единственный недостаток.

Следующий шаг еще более сужает выбор: мы заведомо будем использовать температуру в 700°C, все компромиссы исключены, будет такая температура! Но вопреки природным свойствам взятого вещества эта высокая температура не испортит проволоки.

Задача не только резко сузилась, она стала «дикой», «очевидно нелепой», «противоестественной». Однако это всего лишь означает, что мы отбросили огромное число тривиальных вариантов и вышли в парадоксальную область сильных решений.

При построении модели задачи используются термины вепольного анализа: «вещество», «поле», «действие» (с конкретизацией – какое именно). Это позволяет сразу, еще до решения, представить себе ответ в вепольной форме.

В самом деле, даны тепловое поле и вещество, т. е. в модели задачи – неполный веполь. Ясно, что в ответе будет: «Необходимо ввести второе вещество».

Существуют правила, позволяющие точно строить модель задачи. Так, в пару конфликтующих элементов обязательно должно входить изделие. Вторым элементом чаще всего бывает инструмент.

Изделие – элемент технической системы, который по условиям задачи надо обработать (изготовить, переместить, изменить, улучшить, защитить от вредного воздействия, обнаружить, проконтролировать, измерить и т.д.). К изделию можно отнести обрабатываемую деталь; электрорадиоэлемент, у которого измеряют параметры; обнаруживаемое электромагнитное поле и т.п. В задачах на обнаружение и измерение изделием может оказаться элемент, являющийся по своей основной (рабочей) функции инструментом.

Например, резец токарного станка или шлифовальный круг обычно являются инструментами, но при их измерении они являются изделиями.

Инструмент – элемент, с которым непосредственно взаимодействует изделие (резец, а не весь токарный станок; паяющий стержень (жало), а не паяльник; волна припоя при пайке волной; раскаленный газ в газовой горелке или паяльнике; пучок электронов или лазерный луч при электронно-лучевой или лазерной сварке, или при радиальной пайке). В частности, инструментом может быть окружающая среда, например, климатические воздействия на изделие – влага, ту-

ман, температура, давление. Иногда к инструменту относятся стандартные детали, используемые для сборки изделия: функциональные модули, микромодули, интегральные микросхемы – инструмент для создания различных блоков радиоэлектроаппаратуры.

В некоторых задачах оба элемента – изделия (например, в задаче о разделении щепы древесины и частиц коры – щепка древесины и частицы коры). Если не включать изделие в конфликтующую пару, модель задачи разрушается, мы возвращаемся к исходной ситуации. Уберите из модели задачи изделие (проволоку), и снова зазвучат знакомые мотивы исходной ситуации: «А если чем-нибудь заменить арматуру железобетона? А нельзя ли вообще обойтись без ее растяжения?»

В некоторых задачах речь идет об однотипных парах изделий и инструментов. В таких случаях для построения модели достаточно взять одну пару.

Рассмотрим **задачу**: *Имеется установка для испытания длительного действия кислот на поверхность образцов сплавов. Установка представляет собой герметично закрытую металлическую камеру. На дно камеры устанавливают образцы (кубики). Камеру заполняют агрессивной жидкостью, создают необходимые температуру и давление. Агрессивная жидкость действует не только на кубики, но и на стенки камеры, вызывая их коррозию и быстрое разрушение. Приходится камеру изготавливать из благородных металлов, что чрезвычайно дорого. Как быть?*

Перед нами изобретательская ситуация с четко видимым поверхностным противоречием (ПП): нужно как-то уменьшить стоимость системы, а как именно – неизвестно.

В системе три части (элемента): камера (корпус камеры, стенки), агрессивная жидкость и кубик – образец. Из них нужно выбрать конфликтующую пару.

Собственно, имеется три пары элементов (частей):

- 1) камера – агрессивная жидкость;
- 2) камера – кубик;
- 3) агрессивная жидкость – кубик.

Конфликт имеется только в первой и третьей парах. Между камерой и кубиком нет конфликта, поскольку нет вредного воздействия. Две конфликтующие пары – это две различные изобретательские задачи со своими углубленными противоречиями (УП).

Можно выбрать первую конфликтующую пару: камера – жидкость. Тогда задача – борьба с коррозией весьма широкая и во многом исследовательская задача несоизмеримо более трудная, чем испытание образцов.

Операцию выбора конфликтующей пары не всегда можно выполнить так легко. В более сложных случаях первоначально нужно выбрать изделие, нежелательный эффект и, если это возможно, желаемый результат, который мы хотим получить.

Бывают случаи, когда трудно однозначно выбрать инструмент, особенно из нескольких. Для выбора инструмента следует построить таблицу взаимодействий элементов, своего рода «турнирную» таблицу, показанную на рис. 11.1.

Элементы	1	2	3	...	n
1					
2					
3					
.					
.					
n					

Рис. 11.1

В таблице буквой «n» обозначено количество рассматриваемых элементов в задаче.

В данной задаче **изделие** это – **кубик**.

Нежелательный эффект – **порча** (коррозия) камеры.

Желаемый результат – **испытание кубика**.

Взаимодействия элементов для данной задачи показаны на рис. 11.2.

В таблице можно рассматривать верхнюю или нижнюю половину (относительно диагонали), так как прямое и обратное взаимодействия, как правило, одинаковы.

Итак, в системе две конфликтующие пары, которые мы описывали раньше. Как из них выбрать одну?

Первое правило – **пара должна состоять из изделия и инструмента**.

Элементы системы	1. Камера	2. Агрессивная жидкость	3. Кубик
1. Камера		+	-
2. Агрессивная жидкость			+
3. Кубик			

Рис. 11.2. В таблице: + - наличие конфликта; - отсутствие конфликта; в заштрихованных клетках связь не рассматривается

Изделие – кубик, значит, стоит рассматривать только столбец 3. Отсюда следует, что конфликтующая пара: **Кубик – Агрессивная жидкость**.

Если это правило не выявило одну конфликтующую пару, то следует использовать еще одно **правило: должна рассматриваться пара, в которой рассматриваются элементы, выполняющие полезную функцию (желаемый результат)**.

Часто бывает полезно рассмотреть и пару, связанную с нежелательным эффектом.

Положительная функция – исследование кубика.

И это правило нас наталкивает на выбор той же конфликтующей пары. Отметим еще одно. Исходя из закона увеличения степени идеальности системы, в конфликтующую пару должны входить изделие и та часть инструмента, которая непосредственно обрабатывает изделие. Инструмент тем идеальнее, чем его меньше.

Этим правилом мы должны ограничить количество инструмента – агрессивной жидкости.

Таким образом, уточненная конфликтующая пара – кубик и агрессивная жидкость около кубика.

Реально это может существовать, если жидкость сама удерживается на кубике или кубик удерживает жидкость.

При таком рассмотрении мы приходим к еще одному понятию АРИЗ – оперативная зона.

Оперативная зона – пространство, в котором происходит конфликт.

Она может рассматриваться достаточно широко, включая в себя полностью изделие и инструмент, часть надсистемы и окружающей среды. Менее широко – только конфликтующую пару или узко – место взаимодействия инструмента с изделием. Целесообразность вы-

бора широкой или узкой зоны определяется при решении конкретной задачи.

На первых этапах обучения целесообразно выбирать более широкую оперативную зону, а затем в процессе решения и уточнения задачи ее сужать. Возможно, для этого придется несколько раз решать задачу, зато не будет упущено главное противоречие, и выявятся сопутствующие трудности. Обязательными элементами зоны должны быть изделие и инструмент.

В рассматриваемой задаче жидкость может удержаться, если она не будет жидкостью, а гелем (мазь или пластилин) или льдом. Кубик может удержать жидкость за счет различных полей, например, электрического: жидкость заряжается одним знаком, а кубик – другим; магнитного – в жидкость добавляют ферромагнитные частицы, а кубик представляет собой магнит, но лучше всего использовать гравитационное поле – кубик должен быть полым.

Жидкость наливается в полый кубик и таким образом происходит испытание.

Модель задачи включает только конфликтующие элементы, а не всю техническую систему. Поэтому модель порой кажется странной. Например, если в задаче дана техническая система, состоящая из сосуда, металлической пластинки и жидкости, действующей на пластинку, то в модели остаются лишь два элемента – пластинка (изделие) и жидкость (изделие). В пространстве висит «кусочек» жидкости, а в нем – пластинка. Реально этого «не может быть». Но модель и не должна быть отражением всей реальной технической системы, она лишь схема «больного места» системы.

В АРИЗ используются четыре механизма устранения технических противоречий:

1) переход от данной в модели задачи технической системы к идеальной системе путем формулирования *идеального конечного результата* (ИКР);

2) переход от ТП к ФП;

3) использование вепольных преобразований для устранения ФП;

4) применение системы операторов, в сконцентрированном виде отражающей информацию о наиболее эффективных способах преодоления ТП и ФП (списки типовых приемов, таблицы использования типовых приемов, таблицы и указатель применения физических, химических и геометрических эффектов и явлений, стандарты).

В модели задачи описана техническая система (точнее, ее «больной» фрагмент) и присущее ей противоречие. Заранее неизвестно, как реально устранить это противоречие, но всегда есть возможность сформулировать идеальное решение, воображаемый конечный результат (ИКР). Смысл этой операции заключается в том, чтобы получить ориентир для перехода к сильным решениям. Идеальное решение, по самому определению, наиболее сильное из всех мыслимых и немыслимых решений (для данной модели задачи). Это как бы решение несуществующего шестого уровня.

Тактика решения задачи с помощью ИКР состоит в том, чтобы «уцепиться» за этот единственный сверхсильный вариант и по возможности меньше от него отступать.

ИКР формулируют по простой схеме: один из элементов конфликтующей пары сам устраняет вредное (ненужное, лишнее) действие, сохраняя способность осуществлять основное действие.

Идеальность решения обеспечивается тем, что нужный эффект достигается «даром», без использования каких бы то ни было средств. Например, для рассматриваемой задачи ИКР можно записать так: «Тепловое поле само предотвращает порчу проволоки, обеспечивая, тем не менее, требуемое тепловое удлинение». Что может быть идеальнее? Ничего не ввели, ничего не усложнили, но вредное действие теплового поля исчезло, словно по волшебству, а полезное действие сохранилось.

«Дикость», парадоксальность, возникшая уже при переходе к модели задачи, резко усиливается. Тепловое поле должно не только осуществлять несовместимые действия, но и делать это само – без всяких машин, механизмов и прочих устройств. Переход к ИКР отсекает все решения низших уровней, отсекает без перебора, сразу. Остаются ИКР и те варианты, которые близки к ИКР и потому могут оказаться сильными.

Дальнейший отсев вариантов происходит при формулировании физического противоречия.

Например: «Тепловое поле должно нагревать проволоку, чтобы она удлинялась, и не должно нагревать проволоку, чтобы она не портилась».

В физическом противоречии «дикость» требований достигает предела. Отпадают все варианты, кроме одного или нескольких, максимально близких к ИКР. Число оставшихся вариантов не превышает числа комбинационных приемов и физических эффектов, пригодных

для устранения данного ФП. Обычно это число не выше десяти, причем с увеличением трудности задачи число оставшихся вариантов уменьшается.

Существует одиннадцать типовых физических преобразований для разрешения ФП:

1. Разделение противоречивых свойств в пространстве (*для пылеподавления при горных работах капельки воды должны быть мелкими, но мелкие капли образуют туман. Предложено окружать мелкие капли конусом из крупных капель*);

2. Разделение противоречивых свойств во времени (*ширину ленточного электрода меняют в зависимости от ширины сварного шва*);

3. Объединение однородных или неоднородных систем в надсистему (*слябы-прямоугольные слитки транспортируют по рольгангу впритык один к другому, чтобы не охлаждались торцы*);

4. Переход от системы к антисистеме или сочетанию системы с антисистемой (*способ остановки кровотечения – прикладывают салфетку, пропитанную кровью другой группы*);

5. Вся система наделяется свойством А, а ее части – свойством анти-А (*рабочие части тисков для зажима деталей сложной формы – каждая часть (стальная втулка) твердая, а в целом зажим податливый, способен менять форму*);

6. Замена фазового состояния части системы или внешней среды (*способ снабжения энергией потребителей сжатого газа в шахтах – транспортируют сжиженный газ*);

7. Переход к системе, работающей на микроуровне (*вместо механического крана используют «термокран» из двух материалов с разными коэффициентами теплового расширения. При нагреве образуется зазор*);

8. Двойственное фазовое состояние одной части системы (переход этой части из одного состояния в другое в зависимости от условий работы) (*теплообменник снабжен прижатыми к нему лепестками из нитинола. При повышении температуры лепестки отгибаются, увеличивая площадь охлаждения*);

9. Использование явлений, сопутствующих фазовому переходу (*приспособление для транспортирования мороженных грузов имеет опорные элементы в виде брусков льда, которые обеспечивают снижение трения за счет таяния*);

10. Замена однофазного вещества двухфазным (*способ полирования изделия – рабочая среда состоит из жидкости (расплав свинца) и ферромагнитных абразивных веществ*);

11. Физико-химический переход: возникновение-исчезновение веществ за счет разложения-соединения, ионизации-рекомбинации и т. д. (*для пластификации древесины аммиаком осуществляют протитку древесины солями аммония, разлагающимися при трении*).

Переход от ФП к решению существенно облегчается вепольным анализом. Уже при построении модели задачи вепольный анализ позволяет в общем виде представить пути решения.

Например, в модели задачи говорится о поле и веществе: ясно, что придется вводить второе вещество. Сопоставляя это соображение с формулировкой ИКР, можно выявить *вепольное противоречие* (ВП): второе вещество должно быть, чтобы веполь был построен, и второго вещества не должно быть, чтобы не отступать от ИКР.

Такое противоречие (а оно часто встречается при вепольном анализе) можно преодолеть, используя «раздвоение» вещества: в качестве второго вещества берут часть первого или вводят второе вещество, являющееся видоизменением первого.

Возьмем две проволоки, пусть тепловое поле нагревает одну и не нагревает другую, причем удлинение первой проволоки (но не тепло!) будет передано второй проволоке.

Таково решение задачи. *Жаропрочный стержень (он не расходуется) нагревают до высокой температуры. Стержень удлиняется. В таком состоянии его прикрепляют к проволоке. При охлаждении стержень укорачивается и растягивает проволоку, оставшуюся холодной. В качестве тягового стержня можно взять и обычную проволоку, нужно только, чтобы она была вдвое длиннее арматуры, тогда и температура ее (для получения заданного удлинения) может быть вдвое меньше. Важен принцип изобретения – идея электро-термического домкрата.*

Интересно отметить, что ФП устранено с буквальной точностью: тепловое поле нагревает и не нагревает проволоку. Правда, раньше имелась в виду одна и та же проволока, а в решении речь идет о разных проволоках. Такой «терминологический фокус» совершается при решении многих задач.

Простоту ответа иногда принимают за простоту процесса решения. Между тем, чем проще ответ (если речь идет о задачах высших уровней), тем труднее его получить.

Лекция 12. Алгоритм решения изобретательских задач – АРИЗ-77

АРИЗ-77 и примеры его применения. Вещественно-полевые ресурсы (ВПР). Метод маленьких человечков (ММЧ).

Часть 1. Выбор задачи

1–1. Определить конечную цель решения задачи:

- а. Какую характеристику объекта надо изменить?
- б. Какие характеристики объекта заведомо нельзя менять при решении задачи?
- в. Какие расходы снизятся, если задача будет решена?
- г. Каковы (примерно) допустимые затраты?
- д. Какой главный технико-экономический показатель надо улучшить?

1–2. Проверить обходной путь. Допустим, задача принципиально не решаема: какую другую задачу надо решить, чтобы получить требуемый конечный результат?

а. Переформулировать задачу, перейдя на уровень надсистемы, в которую входит данная в задаче система.

б. Переформулировать задачу, перейдя на уровень подсистем (веществ), входящих в данную в задаче систему.

в. На трех уровнях (надсистема, система, подсистема) переформулировать задачу, заменив требуемое действие (или свойство) обратным.

1–3. Определить, решение какой задачи целесообразнее – первоначальной или одной из обходных. Произвести выбор.

Примечание

При выборе должны быть учтены факторы объективные (каковы резервы развития данной в задаче системы) и субъективные (на какую задачу взята установка – минимальную или максимальную).

1–4. Определить требуемые количественные показатели.

1–5. Увеличить требуемые количественные показатели, учитывая время, необходимое для реализации изобретения.

1–6. Уточнить требования, вызванные конкретными условиями, в которых предполагается реализация изобретения.

а. Учесть особенности внедрения, в частности допускаемую степень сложности решения.

б. Учесть предполагаемые масштабы применения.

1–7. Проверить, решается ли задача прямым применением стандартов на решение изобретательских задач. Если ответ получен, перейти к 5–1. Если ответа нет, перейти к 1–8.

1–8. Уточнить задачу, используя патентную информацию.

а. Каковы (по патентным данным) ответы на задачи, близкие к данной?

б. Каковы ответы на задачи, похожие на данную, но относящиеся к ведущей отрасли техники?

в. Каковы ответы на задачи, обратные данной?

1–9. Применить оператор РВС.

а. Мысленно меняем размеры объекта от заданной величины до 0. Как теперь решается задача?

б. Мысленно меняем размеры объекта от заданной величины до ∞ . Как теперь решается задача?

в. Мысленно меняем время процесса (или скорость движения объекта) от заданной величины до 0. Как теперь решается задача?

г. Мысленно меняем время процесса (или скорость движения объекта) от заданной величины до ∞ . Как теперь решается задача?

д. Мысленно меняем стоимость (допустимые затраты) объекта или процесса от заданной величины до 0. Как теперь решается задача?

е. Мысленно меняем стоимость (допустимые затраты) объекта или процесса от заданной величины до ∞ . Как теперь решается задача?

Часть 2. Построение модели задачи

2–1. Записать условия задачи, не используя специальные термины.

Примеры

Задача А: Шлифовальный круг плохо обрабатывает изделия сложной формы с впадинами и выпуклостями, например, ложки. Заменить шлифование другим видом обработки невыгодно, сложно. Применение притирающихся ледяных шлифовальных кругов в данном случае слишком дорого. Не годятся и эластичные надувные круги с абразивной поверхностью – они быстро изнашиваются. Как быть?

Задача Б: Антенна радиотелескопа расположена в местности, где часто бывают грозы. Для защиты от молний вокруг антенны необходимо поставить молниеотводы (металлические стержни). Но молниеотводы задерживают радиоволны, создавая радиотень. Ус-

тановить молниеотводы на самой антенне в данном случае, невозможно. Как быть?

2–2. Выделить и записать конфликтующую пару элементов. Если по условиям задачи дан только один элемент, перейти к шагу 4–2.

Правило 1. В конфликтующую пару элементов обязательно должно входить изделие.

Правило 2. Вторым элементом пары должен быть элемент, с которым непосредственно взаимодействует изделие (инструмент или второе изделие).

Правило 3. Если один элемент (инструмент) по условиям задачи может иметь два состояния, надо взять то состояние, которое обеспечивает наилучшее осуществление главного производственного процесса (основной функции всей технической системы, указанной в задаче).

Правило 4. Если в задаче есть пары однородных взаимодействующих элементов ($A_1, A_2...$ и $B_1; B_2...$), достаточно взять одну пару (A_1 и B_1).

Примеры

Изделие – ложка. Инструмент, непосредственно взаимодействующий с изделием, – шлифовальный круг.

В задаче Б два «изделия» – молния и радиоволны и один «инструмент» – молниеотвод. Конфликт в данном случае не внутри пар «молниеотвод – молния» и «молниеотвод – радиоволны», а между этими парами. Чтобы перевести такую задачу в каноническую форму с одной конфликтующей парой, нужно заранее придать инструменту свойство, необходимое для выполнения основного производственного действия данной технической системы, т. е. надо принять, что молниеотвода нет, и радиоволны свободно проходят к антенне. Итак, конфликтующая пара: отсутствующий молниеотвод и молния (или непроводящий молниеотвод и молния).

2–3. Записать два взаимодействия (действия, свойства) элементов конфликтующей пары: имеющееся и то, которое надо ввести; полезное и вредное.

Примеры

1. Круг обладает способностью шлифовать.

2. Круг не обладает способностью приспосабливаться к криволинейным поверхностям.

1. Отсутствующий молниеотвод не создает радиопомех.

2. Отсутствующий молниеотвод не ловит молнию.

2–4. Записать стандартную формулировку модели задачи, указав конфликтующую пару и техническое противоречие.

Примеры

Даны круг и изделие. Круг обладает способностью шлифовать, но не может приспособливаться к криволинейной поверхности изделия.

Даны отсутствующий молниеотвод и молния. Такой молниеотвод не создает радиопомех, но и не ловит молнию.

Часть 3. Анализ модели задачи

3–1. Выбрать из элементов, входящих в модель задачи, тот, который можно легко изменять, заменять и т. д.

Правило 5. Технические объекты легче менять, чем природные.

Правило 6. Инструменты легче менять, чем изделия.

Правило 7. Если в системе нет легко изменяемых элементов, следует указать «внешнюю среду».

Примеры

Форму изделия нельзя менять: плоская ложка не будет держать жидкость. Круг можно менять (сохраняя, однако, его способность шлифовать – таковы условия задачи).

Молниеотвод – инструмент, «обрабатывающий» (меняющий направление движения) молнию, которую в данном случае следует считать изделием. Аналогия: дождевая труба и дождь. Молния – природный объект, молниеотвод – технический, поэтому объектом надо взять молниеотвод.

3–2. Записать стандартную формулировку ИКР (идеального конечного результата). Элемент (указать элемент, выбранный на шаге 3–1) сам (сама, само) устраняет вредное взаимодействие, сохраняя способность выполнять (указать полезное взаимодействие).

Правило 8. В формулировке ИКР всегда должно быть слово «сам» («сама», «само»).

Примеры

Круг сам приспособливается к криволинейной поверхности изделия, сохраняя способность шлифовать.

Отсутствующий молниеотвод сам обеспечивает «поймку» молнии, сохраняя способность не создавать радиопомех.

3–3. Выделить ту зону элемента (указанного на шаге 3–2), которая не справляется с требуемым по ИКР комплексом двух взаимодей-

ствий. Что в этой зоне – вещество, поле? Показать эту зону на схематическом рисунке, обозначив ее цветом, штриховкой и т. п.

Примеры

Наружный слой круга (внешнее кольцо, обод); вещество (абразив, твердое тело).

Та часть пространства, которую занимал отсутствующий молниеотвод. Вещество (столб воздуха), свободно пронизываемое, радиоволнами.

3–4. Сформулировать противоречивые физические требования, предъявляемые к состоянию выделенной зоны элемента конфликтующими взаимодействиями (действиями, свойствами).

а. Для обеспечения (указать полезное взаимодействие или то взаимодействие, которое надо сохранить) необходимо (указать физическое состояние: быть нагретой, подвижной, заряженной и т. д.).

б. Для предотвращения (указать вредное взаимодействие или то взаимодействие, которое надо ввести) необходимо (указать физическое состояние: быть холодной, неподвижной, незаряженной и т. д.).

Правило 9. Физические состояния, указанные в п.п. а и б, должны быть взаимопротивоположными.

Примеры

а. Чтобы шлифовать, наружный слой круга должен быть твердым (или должен быть жестко связан с центральной частью круга для передачи усилий).

б. Чтобы приспособливаться к криволинейным поверхностям изделия, наружный слой круга не должен быть твердым (или не должен быть жестко связан с центральной частью круга).

а. Чтобы пропускать радиоволны, столб воздуха должен быть не проводником (точнее, не должен иметь свободных зарядов).

б. Чтобы ловить молнию, столб должен быть проводником (точнее, должен иметь свободные заряды).

3–5. Записать стандартные формулировки физического противоречия.

а. Полная формулировка: (указать выделенную зону элемента) должна (указать состояние, отмеченное на шаге 3–4 а), чтобы выполнять (указать полезное взаимодействие), и должна (указать состояние, отмеченное на шаге 3–4 б), чтобы предотвращать (указать вредное взаимодействие).

б. Краткая формулировка: (указать выделенную зону элемента) должна быть и не должна быть.

Примеры

а. Наружный слой круга должен быть твердым, чтобы шлифовать изделие, и не должен быть твердым, чтобы приспособливаться к криволинейным поверхностям изделия.

б. Наружный слой круга должен быть и не должен быть.

а. Столб воздуха должен иметь свободные заряды, чтобы «ловить» молнию, и не должен иметь свободных зарядов, чтобы не задерживать радиоволны.

б. Столб воздуха со свободными зарядами должен быть и не должен быть.

Часть 4. Устранение физического противоречия

4–1. Рассмотреть простейшие преобразования выделенной зоны элемента, т. е. разделение противоречивых свойств:

а) в пространстве;

б) во времени;

в) путем использования переходных состояний, при которых сосуществуют или попеременно появляются противоположные свойства;

г) путем перестройки структуры: частицы выделенной зоны элемента наделяются имеющимся свойством, а вся выделенная зона в целом наделяется требуемым (конфликтующим) свойством.

Если получен физический ответ (т. е. выявлено необходимое физическое действие), перейти к 4–5. Если физического ответа нет, перейти к 4–2.

Примеры

Стандартные преобразования не дают очевидного решения задачи А (хотя, как мы увидим дальше, ответ близок 4–1 в и г).

Задача Б может быть решена по 4–1 б и в. Свободные заряды сами появляются в столбе воздуха на начальных этапах возникновения молнии. Молниеотвод на короткое время становится проводником, а затем свободные заряды сами исчезают.

4–2. Использовать стандарты.

Если получен физический ответ, перейти к 4–4. Если физического ответа нет, перейти к 4–3.

Примеры

Модель задачи А относится к классу 1.1.2. По типовому решению вещество B_2 надо развернуть в веполь, введя поле Π и добавив B_3 или разделив B_2 на две взаимодействующие части. (Идея деления

круга начала формироваться на шаге 3–3. Но, если просто разделить круг, наружная часть улетит под действием центробежной силы. Центральная часть круга должна крепко держать наружную часть и в то же время должна давать ей возможность свободно изменяться...) Далее по типовому решению желательно перевести веполь (полученный из B_2) в феполь, т. е. использовать магнитное поле и ферромагнитный порошок. (Это дает возможность сделать наружную часть круга подвижной, меняющейся и обеспечивает требуемую связь между частями круга.)

Модель задачи Б относится к классу 5.4.1. По типовому решению вещество B_1 должно раздваиваться, становясь то B_1 , то B_2 , т. е. столб воздуха должен становиться проводящим при появлении молнии, а потом возвращаться в непроводящее состояние.

4–3. Использовать таблицы применения эффектов и явлений (Приложения 3, 5, 7). Если получен ответ, перейти к 4–5. Если ответа нет, перейти к 4–4.

Примеры

Задача А: по таблице подходит – управление перемещением объекта путем действия электрических и магнитных полей.

Задача Б: по таблице подходит изменение объемных свойств веществ путем ионизации под действием сильного электромагнитного поля (молния) и рекомбинация после исчезновения этого поля (радиоволны – слабое поле).

4–4. Использовать таблицу основных приемов устранения технических противоречий. Если до этого получен физический ответ, использовать таблицу для его проверки.

Примеры

По условиям задачи А надо улучшить способность круга «притираться» к изделиям разной формы. Это адаптация (строка 35 в таблице). Известный путь – использовать набор разных кругов. Проигрыш – потери времени на смену и подбор кругов, снижение производительности: колонки 25 и 39. Приемы по таблице: 35, 28; 35, 28, 6, 37. Повторяющиеся и потому более вероятные приемы: 35 – изменение агрегатного состояния (наружная часть круга «псевдожидкая», из подвижных частиц); 28 – прямое указание на переход к феполу, что и выполнено выше.

По условиям задачи Б надо ликвидировать действие молнии – вредного внешнего фактора (строка 30). Известный путь – установить обычный металлический молниеотвод. Проигрыш – появление ра-

диотени, т. е. возникновение вредного фактора, создаваемого самим молниеотводом (колонка 31). В таблице эта клетка пуста. Возьмем колонку 18 (уменьшение освещенности, появление оптической тени вместо радиотени). Приемы: 1, 19, 32, 13. Прием 19 – одно действие совершается в паузах другого.

4–5. Перейти от физического ответа к техническому: сформулировать способ и дать схему устройства, осуществляющего этот способ.

Примеры

Центральная часть круга выполнена из магнитов. Наружный слой – из ферромагнитных частиц или абразивных частиц, спеченных с ферромагнитными. Такой наружный слой будет принимать форму изделия. В то же время он сохранит твердость, необходимую для шлифовки.

Чтобы в воздухе появлялись свободные заряды, нужно уменьшить давление. Потребуется оболочка, чтобы держать этот столб воздуха при пониженном давлении. Оболочка должна быть из диэлектрика, иначе она сама даст радиотень.

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 наименьший газоразрядных градиентов, вызываемых электрическим полем развивающейся молнии.

Часть 5. Предварительная оценка полученного решения

5–1. Провести предварительную оценку полученного решения.

Контрольные вопросы

1. Обеспечивает ли полученное решение выполнение главного требования ИКР («Элемент сам...»)?

2. Какое физическое противоречие устранено (и устранено ли) полученным решением?

3. Содержит ли полученная система хотя бы один хорошо управляемый элемент? Какой именно? Как осуществлять управление?

4. Годится ли решение, найденное для «одноциклового» модели задачи, в реальных условиях со многими «циклами»?

Если полученное решение не удовлетворяет хотя бы одному из контрольных вопросов, вернуться к 2–1.

5–2. Проверить (по патентным данным) формальную новизну полученного решения.

5–3. Какие подзадачи могут возникнуть при технической разработке полученной идеи? Записать возможные подзадачи – изобретательские, конструкторские, расчетные, организационные.

Часть 6. Развитие полученного ответа

6–1. Определить, как должна быть изменена надсистема, в которую входит измененная система.

6–2. Проверить, может ли измененная система применяться по-новому.

6–3. Использовать полученный ответ при решении других технических задач.

а. Рассмотреть возможность использования идеи, обратной полученной.

б. Построить таблицу «расположение частей – агрегатные состояния изделия» или таблицу «использованные поля – агрегатные состояния изделия» и рассмотреть возможные перестройки ответа по позициям этих таблиц.

Часть 7. Анализ хода решения

7–1. Сравнить реальный ход решения с теоретическим (по АРИЗ). Если есть отклонения, записать.

7–2. Сравнить полученный ответ с табличными данными (стандарты, таблицы физических, химических и геометрических эффектов, таблица основных приемов). Если есть отклонения, записать.

При сравнении алгоритмов АРИЗ-71 и АРИЗ-77 хорошо видны различия между ними. Возрастают четкость и строгость анализа, появляются новые инструменты – стандарты. Как следствие возрастают возможности АРИЗ-77 при решении изобретательских задач. Однако это требует от изучающих больших усилий при освоении алгоритма.

При дальнейшем развитии алгоритма решения изобретательских задач произошло существенное изменение его структуры.

Перед рассмотрением АРИЗ-85-В остановимся на некоторых ключевых понятиях, используемых в этом алгоритме – вещественно-полевых ресурсах (ВНР), а также – на методе маленьких человечков (ММЧ).

Любой объект имеет бесконечное число функций и свойств, а его главную функцию может выполнить бесконечное число других

объектов. Умение видеть хотя бы часть этих свойств и функций (чем больше, тем лучше) – очень важное качество сильного мышления. А раз так, в теории должны быть конкретные рекомендации, отвечающие на вопрос: как не выпустить из поля зрения полезные свойства и функции и где искать их? Прием этот называется **анализом вещественно-полевых ресурсов**. Ресурсы – это все, что есть пока незадействованного внутри технической системы и в ближайшем ее окружении. Отсутствие видения ресурсов – яркий признак инерции мышления.

Психологической инерции присущи несколько особенностей:

1. Большая часть истории техники складывалась так, что новые функции в технической системе (ТС) обеспечивались введением новых веществ и полей. Это можно объяснить ограниченностью выбора материалов, причем их свойства были трудноизменяемыми (дерево, камень и т. п.). И только в последние десятилетия ТС формируются из самых разнообразных веществ, способных работать не только, например, механически, но имеющих также физические, химические и биологические свойства (традиционные материалы также имели множество свойств, но они или не были познаны, или не были нужны). Конструктор же привык видеть одно, главное, свойство применяемого материала – только его он и использует;

2. Все методы конструирования содержат подробные рекомендации по выводу отходов (излишков) энергии из системы. Отходы надо скорее «выкинуть» из ТС, чтобы они не нарушали работу частей системы. Но ярлык вредного фактора прочно закрепляется в сознании. Поэтому конструктор, например, электронной аппаратуры при необходимости подогрева какой-либо детали блока вводит специальную нагревательную подсистему, не видя огромных излишков тепла, с которыми он боролся на предыдущем этапе;

3. Бурное развитие техники создало убеждение, что все можно сделать техническими средствами. Можно, но не нужно. Иллюзия обязательности технического воплощения новой функции является причиной расточительного для общества появления технических систем там, где их функции могут выполнить природные объекты. Когда-то использовали только природные силы (ветер, воду). Но сегодня часто забывают об этих бесплатных ресурсах. Правило «чем меньше техники, тем лучше» (т. е. стремление к идеальным системам) должно быть основным при развитии техники.

Рассмотрим пример. Турбореактивные двигатели плохо переносят путешествие на железнодорожных платформах. Толчки на рельсовых стыках могут привести к непоправимому повреждению подшипников качения, на которые опирается ротор. Чтобы этого избежать, ротор необходимо все время вращать, хотя бы чуть-чуть. Как быть?

Что из ресурсов можно использовать для создания вращения?

Да что угодно – ветер, солнце, вращение колес платформы и т.д. По а. с. 299700 использовали энергию... самих толчков. К двигателю подвешивается маятник с инерционным механизмом: толчки и покачивания платформы преобразуются во вращательное движение и медленно поворачивают ротор.

Во время войны советские инженеры придумали, как использовать малую толику водорода из аэростатов заграждения в автомобильных двигателях для привода лебедок, опускающих аэростаты.

А вот тот же принцип решения современной серьезной проблемы. Как защитить от коррозии 200 тыс.км стальных газопроводов страны? Лучший метод – катодная защита: достаточно подать на трубу 1,5-2 В (труба – минус, земля – плюс), и коррозия снизится почти до нуля. Но где взять огромное количество дешевых, абсолютно надежных и не требующих ухода источников тока? Дизельные электростанции, аккумуляторы, батареи и т. д. ненадежны и не подходят для сибирских морозов и среднеазиатской жары. Надо использовать единственный надежный ресурс – сам газ (его механическую или химическую энергию). Создан простейший источник тока на термоэлементе – спае двух полупроводниковых сплавов (висмута с теллуром и сурьмы с теллуром). Нагревая место спая, на свободных, неспаенных концах проволочек получают ЭДС постоянного тока. Такой источник тока размещают рядом с трубопроводом, подключают к нему микроргорелку – дальше все работает само, а осматривать их требуется не чаще, чем раз в 10 лет.

Термопары (спаи разнородных металлов) широко используются как датчики температуры. Зная это свойство, можно получить слабый электрический ток везде, где есть бросовое тепло.

Техносфера насыщена энергией, правда чаще всего рассеянной, но и этого бывает достаточно. Например, в Японии созданы ручные часы, энергией для которых служат... радиоволны.

Очень выгодно использовать природные (возобновляющиеся) ресурсы.

При строительстве на Севере необходимо тщательно следить за состоянием грунта вокруг опор сооружений – он не должен оттаивать ниже допустимой глубины (фундаменты стоят на мощной, как скала, вечной мерзлоте, если она растает, то превращается в «кисель»). Для этого проводят дополнительную аккумуляцию холода зимой (бесплатный ресурс). В грунте устраивают скважину-колодец со съёмной крышкой, зимой крышка открыта (накопление холода), летом закрыта (верхний тёплый слой воздуха почти не перемешивается с холодным нижним).

Для лучшей аккумуляции холода зимой предложили принудительную вентиляцию в скважине: крыльчатка в верхней части трубы гонит воздух вниз. Вращает крыльчатку простейший ветродвигатель. Ветер ещё один бесплатный и неограниченный ресурс. Но как быть летом? Надо отключать ветродвигатель, поэтому потребовался обслуживающий персонал – плохо. Необходимо обеспечить самообслуживание: с наступлением холодов ветродвигатель *сам* включается, а при повышении температуры воздуха, допустим до 0°C, он *сам* отключается. Как быть? Нужен автоматический тормоз, заземляющий ось двигателя летом и отпускающий ее на зиму. И работать он должен от изменения температуры, т. е. опять же от бесплатного ресурса. Здесь явно нужен *теполь* (веполь на тепловом поле). Можно применить биметалл или нитинол.

В последнее время в науке стал очень популярен близкий по смыслу логико-философский принцип «бритва Оккама» (Уильям Оккам, 1280-1349 гг., богослов, видный деятель ордена францисканцев): напрасно пытаться сделать посредством большего то, что может быть сделано посредством меньшего.

Анализ ВПР и их использование – это очень выгодная часть процесса идеализации технических систем. В систему ничего (или почти ничего) не вводится, но она начинает выполнять новые функции и приобретает новые качества. Передача функций веществ, подсистем и системы в целом другим элементам ТС или надсистемы или элементам окружающей среды – это всегда изобретение высокого уровня. Такие изобретения появляются как результат *мобилизации вещественно-полевых ресурсов*.

ВПР всегда готовы к действию. Но прежде надо увидеть их, суметь «заставить» работать на выполнение главной полезной функции, а если их свойства в недостаточной степени отвечают требованиям,

то и суметь повысить их «боеготовность» (преобразовать ВПР в нужном направлении). Здесь важны три момента:

- а) надо выявить ресурсы;
- б) точно определить, что они должны делать;
- в) использовать имеющиеся бесплатные ресурсы и, если это не решает задачу, изменить (мобилизовать) ресурсы.

Система ВПР включает: структуру, состав ВПР и правила их изменения.

Структура ВПР определяет системный уровень, откуда берутся ресурсы:

- система;
- надсистема;
- подсистема;
- внешняя среда.

По составу ресурсы разделяются на:

- вещество;
- поле (энергия и информация);
- время;
- пространство.

Изменение ресурсов производится:

- во времени;
- в пространстве;
- в структуре.

В качестве ресурсов может быть и любой параметр системы ВПР, в частности, форма.

Кроме того, могут быть функциональные ресурсы.

Для определения функциональных ресурсов выявляют основные и вспомогательные функции и строят функциональное дерево по специальной методике.

Использование функциональных ресурсов осуществляется путем выявления и использования новых функций в имеющихся системах.

Первоначально выявляются свойства этих систем.

Выявление свойств систем может проводиться в следующей последовательности:

1. Определение свойств системы в целом;

1.1. Описание известных свойств системы, взятых из справочников и документации, в том числе главной, основных и второстепенных функций;

1.2. Описание явных свойств системы, не описанных в справочной литературе, например, особенностей формы, чистоты поверхности, цвета, объема и т.п.;

1.3. Описание нежелательных, вредных, бесполезных и вспомогательных свойств, выявленных, например, в процессе эксплуатации;

2. Расчленение системы на подсистемы и выявление их свойств аналогичным образом;

3. Выявление свойств веществ, из которых состоят подсистемы, аналогично п.1. Выявление свойств полей, которыми обладает данная система и подсистема;

4. Выявление системных свойств, не описанных ранее, полученных в результате соединения подсистем известными и новыми способами.

Кроме того, свойства системы меняются в зависимости от надсистемы, в которую ее поместили, и от среды, в которой находятся (работают, функционируют) система и надсистема.

Используя выявленные таким образом свойства, можно расширить функциональные возможности имеющихся систем, т.е. применять их по новому назначению.

Последовательность применения выявленных свойств по новому назначению системы может быть следующей:

1. Применение системы в целом;

1.1. Применение вспомогательных свойств, функций, действий в целом;

1.2. Применение вспомогательных функций в качестве основных;

1.3. Применение ненужных или вредных функций в качестве полезных;

1.4. Применение свойств, функций и действий, обратных выявленным;

2. Применение подсистем аналогично п.1;

3. Применение веществ и полей подсистем;

3.1. Применение основных для системы и подсистемы свойств веществ и полей;

3.2. Применение вспомогательных для данной системы свойств веществ и полей в качестве основных;

3.3. Применение ненужных для данной системы веществ и полей в качестве полезных;

3.4. Применение вредных для данной системы веществ и полей в качестве полезных;

4. Применение микроструктуры веществ подсистемы;

4.1. Применение основных свойств микроструктуры - молекул, атомов, элементарных частиц и т.п.;

4.2. Применение вспомогательных для данной системы свойств микроструктуры;

4.3. Применение ненужных для данной системы свойств микроструктуры в качестве нужных;

4.4. Применение вредных для данной системы свойств микроструктуры в качестве полезных.

Развертывание функций может осуществляться и приданием системе более общей функции, включая, в частности, и первоначальную функцию.

Например, функция «сверление» может быть заменена более общей – «делание отверстий», или еще более общей – «обрабатывание материала», или вообще – обработки, которая подразумевает обработку или преобразование не только вещества, но и энергии, и информации.

Приведем примеры использования ресурсов. В качестве примера возьмем двигатель реактивного самолета. Основная его функция – создание тяги. Она осуществляется с помощью струи газа. Нежелательный эффект – прогорание сопла из-за большой температуры струи газа. Покажем некоторые применения этих свойств: очистка взлетных полос от ледяной корки; транспортировка в мощной газовой струе полезных ископаемых в открытых карьерах; реактивный канавокопатель, удешевивший стоимость мелиорации в 15 раз по сравнению с использованием экскаватора; очистка бытовых стоков и воды в замкнутых технологических системах. Грязная вода с большой скоростью проходит под струей раскаленного двигателя. 900-градусный жар мгновенно убивает все микробы. Один реактивный двигатель способен обезвредить и переработать бытовые стоки города со столетним населением.

Рассмотрим механизм развертывания функций на примере автопокрышек. Основная функция автопокрышки – предохранять камеру

от повреждений. Покрышка имеет форму тора, упруга в радиальном и поперечном направлениях, состоит из резины и металлического корда. Покрышки используются как кранцы (амортизаторы) на бортах судов, ограждения автомобильных дорог, берегозащитные сооружения, покрытие откосов гидротехнических сооружений, в дренажных колодцах, как строительные блоки для гаражей, складов, мастерских, для закрывания водоемов, в качестве добавки при изготовлении асфальта и т.д.

Как мы уже говорили, Гордон, создавая синектику, дополнил мозговой штурм четырьмя видами аналогий, в том числе эмпатией – личной аналогией. Сущность этого приема заключается в том, что человек, решающий задачу, «входит» в образ совершенствуемого объекта и старается осуществить требуемое задачей действие. Если при этом удастся найти какой-то подход, какую-то новую идею, решение «переводится» на технический язык. «Суть эмпатии, – говорит Дж. Диксон, – состоит в том, чтобы «стать» деталью и посмотреть с ее позиций и с ее точки зрения, что можно сделать». Далее Дж. Диксон указывает, что этот метод очень полезен для получения новых идей.

Практика применения эмпатии при решении учебных и производственных задач показывает, что эмпатия иногда бывает полезна. Но иногда она бывает и очень вредна. Почему? отождествляя себя с той или иной машиной (или ее частью) и рассматривая ее возможные изменения, изобретатель невольно выбирает те, которые приемлемы для человека, и отбрасывает неприемлемые для человеческого организма, например, разрезание, дробление, растворение в кислоте и т. д. Неделимость человеческого организма мешает успешно применять эмпатию при решении многих задач.

Недостатки эмпатии устранены в моделировании с помощью маленьких человечков (ММЧ). Суть его состоит в том, чтобы представить объект в виде множества («толпы») маленьких человечков. Такая модель сохраняет достоинства эмпатии (наглядность, простота) и не имеет присущих ей недостатков.

В истории науки известны случаи, когда стихийно применялось нечто похожее на ММЧ. Два таких случая особенно интересны. Первый – открытие Кекуле структурной формулы бензола. «Однажды вечером будучи в Лондоне, – рассказывал Кекуле, – я сидел в омнибусе и раздумывал о том, каким образом можно изобразить молекулу бензола C_6H_6 в виде структурной формулы, отвечающей свойствам

бензола. В это время я увидел клетку с обезьянами, которые ловили друг друга, то схватываясь между собой, то опять расцепляясь, и один раз схватились таким образом, что составили кольцо. Каждая одной задней рукой держалась за клетку, а следующая держалась за другую ее заднюю руку обеими передними, хвостами же они весело размахивали по воздуху. Таким образом, пять обезьян, схватившись, образовали круг, и у меня сразу же блеснула в голове мысль: вот изображение бензола. Так возникла вышеприведенная формула, она нам объясняет прочность бензольного кольца».

Второй случай еще более известен. Это мысленный эксперимент Максвелла при разработке им динамической теории газов. В этом мысленном опыте были два сосуда с газами при одинаковой температуре. Максвелла интересовал вопрос, как сделать, чтобы в одном сосуде оказались быстрые молекулы, а в другом медленные. Поскольку температура газов одинакова, сами по себе молекулы не разделятся: в каждом сосуде в любой момент времени будет определенное число быстрых и медленных молекул. Максвелл мысленно соединил сосуды трубкой с дверцей, которую открывали и закрывали «демоны» – фантастические существа примерно молекулярных размеров. Демоны пропускали из одного сосуда в другой быстрые частицы и закрывали дверцу перед маленькими частицами.

Два эти случая интересны, прежде всего, тем, что объясняют, почему в ММЧ взяты именно маленькие человечки, а не, например, шарики или микробы. Для моделирования нужно, чтобы маленькие частицы видели, понимали, могли действовать. Эти требования естественнее всего ассоциируются с человеком: у него есть глаза, мозг, руки. Применяя ММЧ, изобретатель использует эмпатию на микроуровне. Сохранена сильная сторона эмпатии и нет присущих ей недостатков.

Техника применения метода ММЧ сводится к следующим операциям:

- надо выделить часть объекта, которая не может выполнить требования, и представить эту часть в виде маленьких человечков;
- надо разделить человечков на группы, действующие (перемещающиеся) по условиям задачи;
- полученную модель надо рассмотреть и перестроить так, чтобы выполнялись конфликтующие действия.

В методе ММЧ есть свои не вполне понятные особенности. Например: использование неправильных треугольников из маленьких

человечков эффективнее, чем использование правильных треугольников.

Рассмотрим **задачу**: Нужно измерить глубину реки с самолета. По условиям задачи вертолет применить нельзя, высадка людей недопустима, использовать какие-нибудь свойства радиоволн тоже нельзя, потому что нет возможности заказывать специальное оборудование. К тому же замеры глубины надо выполнить, в сущности, бесплатно (допустимы только расходы на оплату полета вдоль реки).

Используем метод ММЧ. Еще неизвестная «измерялка», которую придется использовать, бросив или направив с самолета, но она должна иметь форму неправильного треугольника. Мыслимы только два варианта расположения маленьких человечков, образующих эту «измерялку». Верхние человечки должны быть легче воды, нижние – тяжелее. Предположим, что это деревянные и камни, объединенные леской; реализовать такой треугольник нетрудно. Деревяшки A и B соединены с камнем B лесками, причем длины обеих лесок заведомо превышают глубину реки (это можно проверить пробным сбросом). Чем глубже река, тем меньше расстояние AB (деревяшки не связаны между собой). К одному из поплавков надо прикрепить (для «масштаба») метровую рейку, и можно сбрасывать это «оборудование», а затем фотографировать сверху. Зная AB и BB и измерив на снимке AB , легко вычислить BB .

Решение удивительно простое и красивое. Прийти к нему без подсказки («Сбрось трех человечков, прикажи им расположиться в виде неправильного треугольника») очень трудно, читатель сможет убедиться в этом, предложив задачу своим коллегам.

Лекция 13. Алгоритм решения изобретательских задач – АРИЗ-85-В

АРИЗ-85-В и примеры его применения

Этот вариант алгоритма содержит 9 частей:

1. Анализ задачи;
2. Анализ модели задачи;
3. Определение ИКР и ФП;
4. Мобилизация и применение вещественно-полевых ресурсов;
5. Применение информационного фонда;
6. Изменение и/или замена задачи;
7. Анализ способа устранения ФП;
8. Применение полученного ответа;
9. Анализ хода решения.

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 форме: Техническая система для (указать назначения) 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.

Необходимо при минимальных изменениях обеспечить защиту антенны от молний без поглощения радиоволн.

Примечание 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)».

Примечание 2. При записи 1–1 следует указать не только технические части системы, но и природные, взаимодействующие с техническими.

Примечание 3. Техническими противоречиями называют взаимодействия в системе, состоящие, например, в том, что:

- полезное действие вызывает одновременно 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.

Примечание 4. Термины, относящиеся к инструменту и внешней среде, необходимо заменить простыми словами для снятия психологической инерции.

1–2. Выделить и записать конфликтующую пару элементов: изделие и инструмент.

Правило 1. Если инструмент по условиям задачи может иметь два состояния, надо указать оба состояния.

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

Пример

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

Примечание 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 изделием может оказаться элемент, являющийся по своей основной функции инструментом, например, шлифовальный круг.

Примечание 6. Инструментом называют элемент, с которым непосредственно взаимодействует изделие (фреза, а не станок; огонь, а не горелка). В частности, инструментом может быть часть окружаю-

шей среды. Инструментом являются и стандартные детали, из которых собирают изделие. Например, набор частей игры «Конструктор» – это инструмент для изготовления различных моделей.

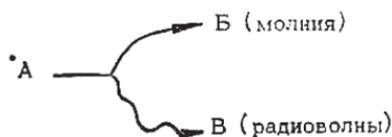
Примечание 7. Один из элементов конфликтующей пары может быть сдвоенным. Например, даны два разных инструмента, которые должны одновременно действовать на изделие, причем один инструмент мешает другому. Или даны два изделия, которые должны воспринимать действие одного и того же инструмента: одно изделие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

1–3. Составить графические схемы ТП-1 и ТП-2.

Пример

ТП-1: много проводящих стержней (рис. 13.1).

1–4. Выбрать из двух схем конфликта ту, которая обеспечивает наилучшее осуществление главного производственного процесса (основной функции технической системы, указанной в условиях задачи). Указать главный производственный процесс.



Молниеотводы полезно действуют на молнию, но вредно – на радиоволны.

ТП-2: мало проводящих стержней.



Молниеотводы не действуют на молнии, но и не вредят радиоволнам.

Рис.13.1

Пример

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

Примечание 8. 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 состоя-

нии появилось положительное свойство, присущее другому состоянию. Проводников мало и увеличивать их число мы не будем, но, в результате решения, молнии должны отводиться так, словно проводников очень много.

Примечание 9. 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 ее части. Например, необходимо измерять давление внутри выпускаемых электроламп. ГПП – не измерение давления, а выпуск ламп. Исключение представляют только некоторые задачи на измерение в научных целях.

1–5. Усилить конфликт, указав предельное состояние (действие) элементов.

Правило 3. Большая часть задач содержит конфликты типа «много элементов» и «мало элементов» («сильный элемент» – «слабый элемент» и т. д.). Конфликты типа «мало элементов» при усилении надо приводить к одному виду – «ноль элементов» («отсутствующий элемент»).

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 защиты от молний. Необходимо найти такой икс-элемент, который, сохраняя способность отсутствующего проводника не создавать помех (антенне), обеспечивал бы защиту от молний.

Примечание 10. Икс-элемент не обязательно должен оказаться какой-то новой вещественной частью системы. Икс-элемент – это изменение в системе, некий икс вообще. Он может быть равен, например, изменению температуры или агрегатного состояния какой-то части системы или внешней среды.

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 11. 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 12. Оперативное время – это имеющиеся ресурсы времени: конфликтное 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_2 (время разряда молнии) и T_1 (время до следующего разряда).

2–3. Определить вещественно-полевые ресурсы (ВПР) рассматриваемой системы, внешней среды и изделия. Составить список ВПР.

Примечание 13. 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;

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 расходе ВПР. Поэтому целесообразно использовать в первую очередь внутрисистемные ВПР, затем внешнесистемные ВПР и в последнюю очередь надсистемные ВПР. При развитии же полученного ответа и при решении задач на прогнозирование (т. е. макси-задач) целесообразно задействовать максимум различных ВПР.

Примечание 14. 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 сформироваться 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 (указывать 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 15. Кроме конфликта «вредное действие связано с полезным действием» возможны и другие конфликты. Общий смысл 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 16 в формулировку ИКР-1 следует ввести внешнюю среду, т. е. заменить «икс-элемент» словом «воздух» (можно точнее: «столб воздуха на месте отсутствующего молниеотвода»).

Примечание 16. При решении мини-задачи, в соответствии с примечаниями 13 и 14, следует рассматривать используемые ВПР в таком порядке:

- ВПР инструмента;
- ВПР внешней среды;
- побочные ВПР;
- ВПР изделия.

Наличие разных ВПР обуславливает существование четырех линий дальнейшего анализа. Практически условия задачи обычно сокращают часть линий.

При решении мини-задачи достаточно вести анализ до получения идеи ответа; если идея получена, например, на «линии инструмента», можно не проверять другие линии. При решении макси-задачи целесообразно проверить все существующие в данном случае линии, т. е., получив ответ, например, на «линии инструмента», следует проверить также линии внешней среды, побочных ВПР и изделия.

При обучении АРИЗ последовательный анализ постепенно заменяется параллельным: вырабатывается умение переносить идею ответа с одной линии на другую. Это так называемое «многоэкранный 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 (красить не окрашивая)?..

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 должна (указать противоположное физическое макросостояние, например, «быть холодной»), чтобы выполнять (указать другое конфликтующее действие или требование).

Примечание 17. Физическим противоречием (ФП) называют противоположные требования к физическому состоянию оперативной зоны.

Пример

Столб воздуха в течение ОВ должен быть электропроводным, чтобы отводить 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 формируется постепенно, как бы «проявляется». Опасно прерывать решение при первом намеке на ответ и «закреплять» еще не вполне готовый ответ. Решение по АРИЗ должно быть доведено до конца!

3–4. Записать формулировку физического противоречия на микроуровне в оперативной зоне должны быть частицы вещества (указать их физическое состояние или действие), чтобы обеспечить (указать требуемое по 3–3 макросостояние), и не должны быть такие частицы (или должны быть частицы с противоположным состоянием или действием), чтобы обеспечить (указать требуемое по 3.3 другое макросостояние).

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).

Примечание 18. Частицы могут оказаться:

- а) просто частицами вещества;
- б) частицами вещества в сочетании с каким-то полем;
- в) и (реже) «частицами поля».

Примечание 19. Если задача имеет решение только на макроуровне, 3–4 может не получиться. Но и в этом случае попытка со-

ставления микро-ФП полезна, потому что дает дополнительную информацию: задача решается на макроуровне.

Внимание! Три первые части АРИЗ существенно перестраивают исходную задачу. Итог этой перестройки подводит шаг 3–5. Составляя формулировку ИКР-2, одновременно получаем новую задачу – физическую. В дальнейшем надо решать именно эту задачу!

3–5. Записать формулировку идеального конечного результата ИКР-2: оперативная зона (указать) в течение оперативного времени (указать) должна сама обеспечивать (указать противоположные физические макро- или микросостояния).

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 – в отличие от окружающего воздуха – должны сами собой появляться свободные заряды. Тогда столб ионизированного воздуха сработает 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 школьной физики...

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. Введенные частицы Б можно разделить на две группы – Б-1 и Б-2. Это позволяет «бесплатно» – за счет взаимодействия между уже имеющимися частицами Б – получить новое действие 3.

Правило 6. Разделение частиц на группы выгодно и в тех случаях, когда в системе должны быть только частицы А: одну группу час-

тиц А оставляют в прежнем состоянии, у другой группы меняют главный для данной задачи параметр.

Правило 7. Разделенные или введенные частицы после обработки должны стать неотличимыми друг от друга или от ранее имеющих частиц.

Примечание 20. 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;

в) перейти к технической схеме.

Примечание 21. Метод моделирования «маленькими человечками» (метод ММЧ) состоит в том, что конфликтующие требования схематически представляют в виде условного рисунка (или нескольких последовательных рисунков), на котором действует большое число «маленьких человечков» (группа, несколько групп, «толпа»). Изображать в виде «маленьких человечков» следует только изменяемые части модели задачи (инструмент, 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. 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.

Пример

а) человечки внутри мысленно выделенного столба воздуха ничем не отличаются от человечков воздуха за пределами столба. Те и другие одинаково нейтральны (на рис. 13.2, а это показано 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 изменения (нейтральные пары). А человечки в столбе, оставаясь в парах (т. е. оставаясь нейтральными), пусть высвободят одну руку – это будет символизировать их стремление притянуть молнию (рис. 13.2, б). Возможны и другие ри-

сунки. Но в любом случае ясна необходимость разделить человечков на две группы, изменить состояние человечков в столбе;

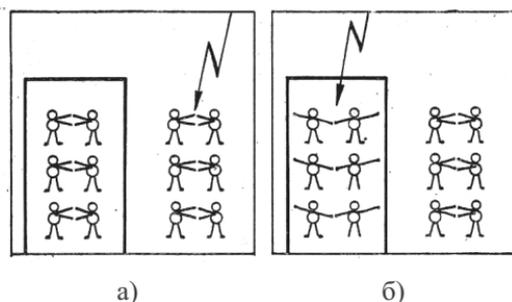


Рис. 13.2

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

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 демонстрирующее изменение.

Например, если в ИКР две детали соприкасаются, то при минимальном отступлении от ИКР между деталями надо показать зазор. Возникает новая задача (микрзадача): как устранить дефект?

Разрешение такой микрзадачи обычно не вызывает затруднений и часто подсказывает способ решения общей задачи.

4–3. Определить, решается ли задача применением смеси ресурсов веществ.

Примечание 22. Если бы для решения могли быть использованы ресурсы 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 вещественно-полевыми ресурсами (ВПР) в четвертой части АРИЗ в том, чтобы обойти это противоречие и ввести новые вещества, не вводя их.

4–4. Определить, решается ли задача заменой имеющихся ресурсных веществ пустотой или смесью ресурсных веществ с пустотой.

Пример

Смесь воздуха и пустоты – это воздух под пониженным давлением. Из школьного курса физики 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 23. Пустота – исключительно важный вещественный ресурс. Она всегда имеется в неограниченном количестве, предельно дешева, легко смешивается с имеющимися веществами, образуя, например, полые и пористые структуры, пену, пузырьки и т. д.

Пустота – 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 25). 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 24. 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.

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, молекул) 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 25. Вещество представляет собой многоуровневую иерархическую систему. С достаточной для практических целей точностью иерархию уровней можно представить так:

- минимальное обработанное вещество (простейшее техновещество, например, проволока);
- «сверхмолекулы»: кристаллические решетки, полимеры, ассоциации молекул;
- сложные молекулы;
- молекулы;
- части молекул, группы атомов;
- атомы;
- части атомов;
- элементарные частицы;
- поля.

Суть правила 8: новое вещество можно получать 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 сжимать, это вызывает их деформацию. Предложено возбуждать крутящий момент в самой трубе – за счет электродинамических сил.

Примечание 26. Если использование ресурсных веществ – имеющихся и производных – недопустимо по условиям задачи, надо использовать электроны. 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 27. На шаге 2–3 рассмотрены уже имеющиеся ВПР. Шаги 4–3–4–5 относятся к ВПР, производным от имеющихся. Шаг 4–6 – частичный отход от имеющихся и производных ВПР: вводят «посторонние» поля. Шаг 4–7 – еще одно отступление: вводят «посторонние» вещества и поля.

Решение мини-задачи тем идеальнее, чем меньше затраты ВПР. Однако не каждая задача решается при малом расходе ВПР. Иногда приходится отступать, вводя «посторонние» вещества и поля. Делать это надо только при действительной необходимости, если никак нельзя обойтись 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 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 28. 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 относятся 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 29. При бесконечном многообразии изобретательских задач число физических противоречий, на которых «держатся» эти задачи, сравнительно невелико. Поэтому значительная часть задач решается по аналогии с другими задачами, содержащими аналогичное 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.

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 эффектов и явлений».

Часть 6. Изменение или замена задачи

Простые задачи решаются буквальным преодолением ФП, например, разделением противоречивых свойств во времени или в пространстве.

Решение сложных задач обычно связано с изменением смысла задачи – снятием первоначальных ограничений, обусловленных психологической инерцией и до решения кажущихся самоочевидными. Для правильного понимания задачи необходимо ее сначала решить: изобретательские задачи не могут быть сразу поставлены точно. Процесс решения, в сущности, есть процесс корректировки задачи.

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 поочередного решения (обычно достаточно решить одну главную задачу).

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. Характерный пример – решение задачи о последовательной перекачке нефтепродуктов по одному нефтепроводу. При применении жидкого разделителя или при прямой (без разделителя) транспортировке задача состоит в возможно более точном контроле за составом «стыковых» участков перекачиваемых нефтепродуктов. Эта измерительная задача была превращена в «изменительную»: как вообще избежать смешивания нефтепродуктов с разделительной жидкостью? Решение: пусть жидкости бесконтрольно смешиваются, но на конечном пункте жидкость-разделитель должна сама превращаться в газ и уходить из резервуара.

6–4. Если ответа нет, вернуться к шагу 1–1 и заново сформулировать мини-задачу, отнеся ее к надсистеме. При необходимости такое возвращение совершают несколько раз – с переходом к наднадсистеме и т. п.

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 ВПР – имеющиеся и производные? Можно ли использовать саморегулируемые вещества? Ввести соответствующие поправки в технический ответ.

Примечание 30. 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 («Элемент сам...»)?

б) какое физическое противоречие устранено (и устранено ли) полученным решением?

в) содержит ли полученная система хотя бы один хорошо управляемый элемент? Какой именно? Как осуществлять управление?

г) годится ли решение, найденное для «одноциклового» модели задачи в реальных условиях со многими циклами?

Если полученное решение не удовлетворяет хотя бы одному из контрольных вопросов, вернуться к 1–1.

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 31. 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).

Рассмотрим еще несколько задач.

Задача: При выплавке чугуна в домнах образуется расплавленный шлак (температура около 1000°C). Его сливают в ковши на рельсовом ходу и увозят на шлакоперерабатывающие установки (использование жидкого шлака экономически выгодно, «переплав» твердого шлака нерентабелен). Шлак, залитый в ковши, охлаждается, на поверхности расплава образуется твердая корка. Чтобы вылить шлак из ковша, в корке пробивают – с помощью специального копрового устройства – два отверстия. На это нужно время, а шлак продолжает охлаждаться, толщина корки увеличивается... В итоге удается слить не более 60-70% шлака. Ковши увозят на специальные эстакады, затвердевший шлак выбивают, грузят на автомашины и отправляют в отвалы, громоздящиеся вокруг заводов.

Решение задачи по АРИЗ-85-В

1-1. Мини-задача. ТС для перевозки расплавленного доменного шлака включает железнодорожную платформу, ковш, расплавленный шлак.

ТП-1: если ковш имеет крышку, не образуется твердой корки застывшего шлака, но обслуживание системы замедляется.

ТП-2: если ковш не имеет крышки, обслуживание не замедляется, но образуется твердая корка.

Необходимо при минимальных изменениях в системе предотвратить образование твердой корки шлака.

Пояснение 1. По примечанию 4 следует заменить термин «крышка». На первый взгляд этот термин кажется безобидным, но он связан с представлением о жестком (или почти жестком) покрытии, которое необходимо открывать и закрывать. При решении задач может оказаться, что крышка жидкая или газообразная и что она служит один раз, потом, например, сгорая... Нам нужна не «крышка», а «теплоудержалка».

В этом учебном разборе мы сознательно оставляем слово «крышка», чтобы не упрощать чрезмерно задачу.

1-2. Конфликтующая пара.

Изделие – расплавленный шлак.

Инструмент – крышка (отсутствующая, присутствующая).

1-3. Схемы ТП (рис. 13.3).

ТП-1, Крышка есть:

Шлак перевозится без потерь,
но медленно



ТП-2, Крышки нет:

Шлак перевозится с потерями,
но быстро



Рис. 13.3

1-4. Выбор ТП. Главная цель системы – перевозка шлака. Выбираем ТП-2 (шлак перевозится быстро, но с потерями, так как образуется корка).

1–5. Усиление ТП. Нет необходимости усиливать ТП, поскольку уже принято, что крышка отсутствует.

1–6. Модель задачи. Даны расплавленный шлак и отсутствующая крышка. Отсутствующая крышка не замедляет обслуживание, но и не препятствует образованию корки. Необходимо найти такой элемент, который, сохраняя способность отсутствующей крышки не замедлять обслуживание, предотвращал бы образование корки.

Пояснение 2. Задача четко решается по стандарту 1.2.2 на устранение вредной связи введением видоизмененных B_1 и B_2 . Но мы рассматриваем анализ этой задачи именно по АРИЗ, поэтому отсылку к стандартам не принимаем во внимание.

2–1. Оперативная зона (ОЗ). Пространство, ранее занимаемое крышкой, т. е. «пустой» слой над жидким шлаком.

2–2. Оперативное время (ОВ). T_1 – время от начала заливки до окончания слива шлака. T_2 – время до заливки ковша.

2–3. Вещественно-полевые ресурсы.

Внутрисистемные ВПР:

1. «отсутствующая крышка», т. е. воздух в пустом слое над шлаком;

2. жидкий шлак, прилегающий к отсутствующей крышке;

3. тепловое поле изделия, т. е. жидкого шлака.

Внешнесистемные ВПР:

1. воздух над «отсутствующей крышкой»;

2. фоновые поля.

Надсистемные ВПР:

1. отходов нет;

2. «копеечные» – воздух, вода, земля (почва) и т. п.

3–1. ИКР-1. Икс-элемент, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, предотвращает в течение ОВ образование корки, сохраняя способность отсутствующей крышки свободно пропускать шлак при заполнении и опорожнении ковша.

3–2. Усиленный ИКР-1. Для усиления формулировки ИКР-1 надо заменить «икс-элемент» словами «слой воздуха».

3–3. Макро-ФП. Слой воздуха в ОЗ должен быть заполнен нетеплопроводным веществом, чтобы уменьшить охлаждение шлака, и не должен быть заполнен веществом, чтобы не мешать заливку и сливу шлака.

3–4. Микро-ФП. Слой воздуха в ОЗ должен быть заполнен связанными друг с другом частицами, чтобы не проходил холодный воз-

дух, и не должен быть заполнен связанными частицами, чтобы свободно проходил наливаемый и сливаемый шлак.

3–5. ИКР-2. Слой воздуха в ОЗ при заливке шлака должен сам превращаться в нетеплопроводное вещество, которое должно само же исчезать при сливании шлака.

4–1. Метод ММЧ. В этой записи шаг 4–1 опущен, чтобы подробнее рассмотреть 4–2.

4–2. Шаг назад от ИКР. Формально в данном случае шаг 4–2 следует пропустить: мы не знаем, какой должна быть готовая система. Но любопытно использовать и этот шаг.

ИКР: «готовая система» включает какую-то «крышку», идеально (полностью) отделяющую холодный воздух от горячего шлака (рис. 13.4, а).

Шаг назад от ИКР: появилось сквозное отверстие. Устранение дефекта: простейший, очевидный способ – использовать «пробку» (рис. 13.4, б).

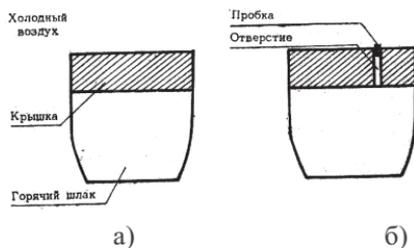


Рис. 13.4

Переход к общему решению: «крышка» должна состоять из многих «пробок» (рис. 13.5, а). Техническое решение: «пробки», выполненные из ВПР, т. е. из воздуха и шлака – пористые шлаковые гранулы, пена. Главный ВПР – воздух, следовательно, больше всего подходит пена (рис. 13.5, б).

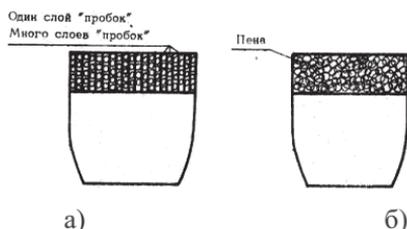


Рис. 13.5

4–3. Применение смесей. Воздух и шлак дают ряд структур, обладающих высокими теплоизолирующими свойствами: пористые гранулы, полые гранулы, пена. Больше всего воздуха в пене, а мы проверяем «линию воздуха» (шаг 3–2).

Первый вероятный ответ – использование пены в качестве «крышки». Пену образуют, добавляя небольшое количество воды в ковш во время заливки шлака. Таким образом, идею реализуют, не выходя за рамки имеющихся ВПР. Это обуславливает высокое качество решения.

4–4. Применение «пустоты». Идея применения шлаковой пены закономерно появляется и на этом шаге.

Ответ: *при заливке шлака создают покрытие из шлаковой пены; при сливании шлак свободно проходит через такую «крышку». Крышка сделана из шлака.*

Между тем, шлак – изделие, а не инструмент или внешняя среда. Применение шлака для создания крышки оказалось возможным потому, что расход шлака в данном случае ничтожен.

В ТРИЗ давно используется идея введения в изделие добавок – небольших управляемых доз вещества. В задаче о шлаке мы сталкиваемся с применением «антидобавок» – изъята и применена небольшая доза изделия. Видимо, это допустимо во всех случаях, когда изделие «безразмерно» (например, если изделие – поток жидкости или газа).

Задача: *При искусственном опылении растений поток воздуха от воздуходувки переносит пыльцу. Но растения в процессе эволюции выработали способность быстро закрывать цветы (смыкать лепестки) при сильном ветре. А слабый ветер плохо переносит пыльцу. Как быть?*

Решение задачи по АРИЗ-85-В

1–1. Мини-задача. ТС для переноса пыльцы включает воздуходувку, создаваемый ею ветер, цветы (лепестки и пыльцу).

ТП-1: сильный ветер хорошо переносит пыльцу, но соединяет лепестки (и пыльца не выходит).

ТП-2: слабый ветер не закрывает лепестки, но и не переносит пыльцу.

Необходимо при минимальных изменениях в системе обеспечить перенос пыльцы ветром воздуходувки.

Пояснение 1. По примечанию 4 следует заменить термин «ветер». Но ветер – природный элемент, не меняемый по условиям задачи.

Поэтому можно сохранить слово «ветер», хотя, строго говоря, его следовало бы заменить словами «поток воздуха» или «поток частиц воздуха».

1–2. Конфликтующая пара.

Изделие – пыльца и лепестки.

Инструмент – ветер (сильный, слабый).

1–3. Схемы ТП (рис. 13.6).

ТП-1: сильный ветер



ТП-2: слабый ветер



Рис. 13.6

1–4. Выбор ТП. Главная цель системы – перенос пыльцы. Выбираем ТП-1.

1–5. Усиление ТП. Будем считать, что вместо «сильного ветра» в ТП-1 действует «очень сильный ветер».

1–6. Модель задачи. Даны лепестки, пыльца и очень сильный ветер. Очень сильный ветер хорошо переносит пыльцу, но соединяет лепестки. Необходимо найти такой икс-элемент, который, сохраняя способность сильного ветра переносить пыльцу, обеспечил бы разъединенное положение лепестков.

2–1. Оперативная зона. Прилепестковое пространство.

2–2. Оперативное время. T_1 – все время действия очень сильного ветра, T_2 – некоторое время до действия ветра.

2–3. Вещественно-полевые ресурсы. Воздух в прилепестковом пространстве. Механическое поле сильного ветра.

3–1. ИКР-1. Икс-элемент в ОЗ, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, обеспечивает в течение ОВ несоединение лепестков, сохраняя способность очень сильного ветра переносить пыльцу.

3–2. Усиленный ИКР-1. Для усиления ИКР-1 надо «икс-элемент» заменить словами «воздух в ОЗ».

3–3. Макро-ФП. Воздух в ОЗ в течение всего ОВ должен быть «ветронепроводящим», чтобы лепестки не соединялись, и должен быть «ветропроводящим», чтобы не мешать переносу пыльцы.

3–4. Микро-ФП. Воздух в ОЗ в течение всего ОВ должен содержать силовые частицы, чтобы не пропускать ветер, и не должен содержать силовые частицы, чтобы пропускать ветер.

3–5. ИКР-2. Силовые частицы воздуха в течение всего ОВ должны сами действовать на лепестки и не должны действовать на ветер (т. е. должны отталкивать лепестки друг от друга и не должны отталкивать ветер).

4–1. а) суть конфликта (рис. 13.7): в ОЗ есть только человечки ветра А, которые переносят пыльцу (это хорошо), но вызывают соединение лепестков (это плохо);

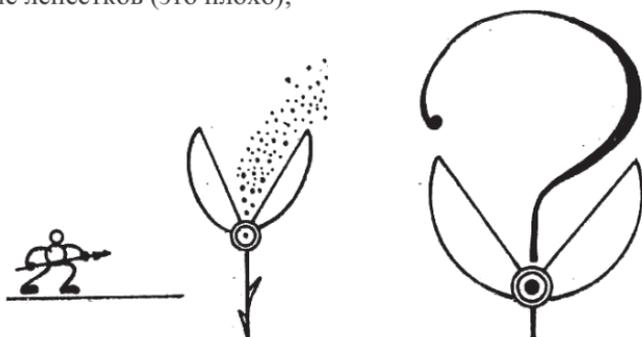


Рис. 13.7

б) по правилу 4 надо ввести частицы Б, которые, не мешая частицам А переносить пыльцу, будут мешать им соединять лепестки (рис. 13.8, а).

Частицы Б должны находиться у лепестков и не должны занимать остальное пространство, чтобы не мешать переносу пыльцы.

Частицы А создаются воздуходувкой. А откуда возьмутся частицы Б? Взять их можно из ВПР, т. е. из воздуха, но откуда возникнет сила, необходимая для рассоединения лепестков? По правилу 6 следует разделить частицы Б на Б-1 и Б-2 и получить рассоединяющую силу за счет взаимодействия Б-1 и Б-2. Очевидно, что для этого частицы Б-1 и Б-2 должны быть заряжены одноименно (рис. 13.8, б).

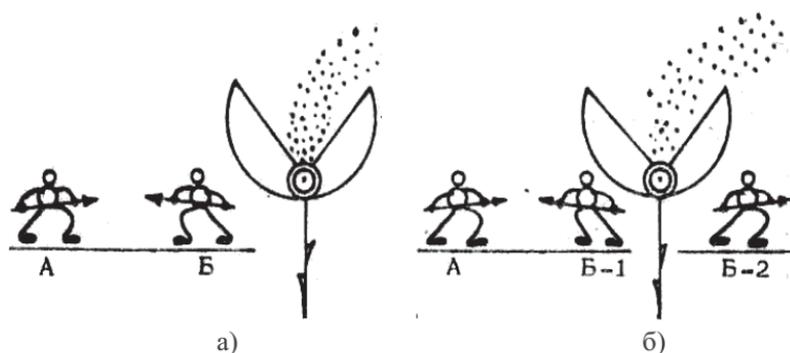


Рис. 13.8

4–5. Получение частиц. Заряженные частицы Б-1 и Б-2 могут быть получены – по правилу 8 – ионизацией воздуха (или влаги, содержащейся в воздухе).

5–4. Применение «Указателя физэффектов». Создание сил отталкивания (между лепестками) – применение электростатических сил.

Ответ: *перед обдуванием (т. е. во время T_2) лепестки раскрывают воздействием электростатического заряда.*

Еще одна очень красивая **задача:** *Для изучения вихреобразования макет парашюта (вышки и т. п.) размещают в стеклянной трубе, по которой прокачивают воду. Наблюдение ведут визуально. Однако бесцветные вихри плохо видны на фоне бесцветного потока. Если окрасить поток, наблюдение вести еще труднее: черные вихри совсем не видны на фоне черной воды. Чтобы выйти из затруднения, на макет наносят тонкий слой растворимой краски: получаются цветные вихри на фоне бесцветной воды. К сожалению, краска быстро расходует. Если же нанести толстый слой краски, размеры макета искажаются, наблюдение лишается смысла. Как быть?*

Решение задачи по АРИЗ-85-В

1–1. Мини-задача. ТС для наблюдения за вихреобразованием включает прозрачную трубу, поток воды, вихри в потоке воды, макет парашюта, слой растворимой краски на макете.

ТП-1: если слой краски тонкий, он не искажает макет, но окрашивает вихри кратковременно.

ТП-2: если слой краски толстый, он искажает вихри, но окрашивает их длительное время.

Необходимо при минимальных изменениях в системе обеспечить длительные испытания без искажений.

Пояснение 1. По примечанию 4 к шагу 1–1 термин «краска» должен быть заменен словами «вещество, отличное от воды по цвету, прозрачности и другим оптическим свойствам», сокращенно – «другое вещество». Казалось бы, это лишняя игра в слова. На самом деле, заменив «краску» «другим веществом», мы облегчаем путь к формулировке ФП: в потоке воды должно быть неисчерпаемое количество другого вещества и вообще не должно быть другого вещества. Ясно, что функции другого вещества должна выполнять «измененная вода».

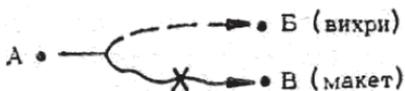
1–2. Конфликтующая пара.

Изделие – вихри и макет.

Инструмент – слой (толстый, тонкий) краски на макете.

1–3. Схемы ТП (рис. 13.9).

ТП-1: тонкий слой краски



ТП-2: толстый слой краски



Рис. 13.9

1–4. Выбор ТП. Главная цель ТС (в условиях данной задачи) – наблюдение. Поэтому выбираем ТП-1: нет искажений наблюдаемого объекта.

1–5. Усиление ТП. Будем считать, что вместо «тонкого слоя» краски в ТП-1 указан «отсутствующий слой краски».

1–6. Модель задачи. Даны вихри в потоке воды, макет и отсутствующий слой краски (на макете). Отсутствующий слой краски не искажает макет, но и не окрашивает вихри. Необходимо найти такой икс-элемент, который, сохраняя способность отсутствующего слоя краски не вносить искажений, обеспечивал бы длительную окраску вихрей.

2–1. Оперативная зона. Примакетное пространство.

2–2. Оперативное время. T_1 – все время наблюдений (неограниченно долго). T_2 нет.

2–3. Вещественно-полевые ресурсы. Вода (это изделие, но воды много).

3–1. ИКР-1. Икс-элемент, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, обеспечивает длительную окраску вихрей, сохраняя способность отсутствующего слоя краски не исказить макет (и вихри).

3–2. Усиленный ИКР-1. Для усиления ИКР-1 необходимо заметить «икс-элемент» словами «вода в ОЗ».

3–3. Макро-ФП. В ОЗ должна быть только вода, чтобы не расходовать краску, и не должно быть воды (должна быть не-вода), чтобы окрашивать вихри в течение ОВ.

3–4. Микро-ФП. В ОЗ должны быть только молекулы воды, чтобы краска не расходовалась в течение ОВ, и не должно быть молекул воды (должны быть молекулы не-воды), чтобы окрашивать вихри.

3–5. ИКР-2. Молекулы воды в ОЗ должны сами превращаться в молекулы не-воды (краски) и должны оставаться водой, чтобы не расходоваться в течение неограниченно долгого времени.

Здесь уже видно решение: пусть молекулы воды в ОЗ превращаются в краску; израсходованные молекулы будут замещаться молекулами воды из потока.

4–1. Смесь воды с «пустотой» – пузырьки. Их можно использовать вместо краски.

4–2. «Пустота» (газ) для образования пузырьков может быть получена электролизом воды (правило 8).

Ответ: *Электролиз. Вместо краски – мелкие пузырьки газа, выделяющиеся на макете-электроде.*

Сравнивая приведенные выше алгоритмы между собой можно отметить следующее.

В АРИЗ-71 в процессе анализа выделяют оперативную зону и противоречивые требования, предъявляемые к ней (прообраз ФП). Введен оператор РВС. Активно используется таблица устранения ТП. Введены предписания по выполнению шагов, примечания, примеры. Основные операторы образуют систему за счет взаимосвязи между шагами, присутствует предварительная оценка найденной идеи.

АРИЗ-77 явился логическим завершением линии, начатой в АРИЗ-71: построена программа алгоритмического типа. Существенно возросла строгость алгоритма: текст включает много правил, пояснений, примеров. Появляется прототип микро-ФП (шаг 4–1). Введена

седьмая часть – анализ хода решения. Начинают использоваться стандарты и указателю эффектов. Таблица устранения ТП остается в качестве вспомогательного материала.

В дальнейшем произошло существенное изменение структуры алгоритма: в АРИЗ-85-В введена вторая линия операций – анализ вещественно-полевых ресурсов (ВПР). Выведена из текста бывшая первая часть. Усилена ориентировка на идеальность – подчеркнуто значение «пустоты» как самого выгодного ВПР. Усилена связь алгоритма с системой стандартов и законами развития технических систем.

Лекция 14. Алгоритм решения изобретательских задач – АРИЗ-85-В (по шагам)

В книге Ю.П. Саламатова АРИЗ-85-В представлен, на наш взгляд, в более простой для восприятия и использования – пошаговой форме. Рассмотрим этот вариант алгоритма. При этом мы будем во многом повторяться, но желательно при использовании алгоритма для решения изобретательских задач иметь его с пояснениями как единое целое.

Задача А: *Для проверки герметичности швов стеклянных изделий, например, элементов вакуумных систем (трубок, холодильников и т. п.), используют высокочастотный электрический разряд. Внутрь изделия (пусть это будет стеклянная трубка) вставляют один электрод, а снаружи подносят второй электрод. Между электродами (через стеклянную стенку) возникает коронный разряд – слабое свечение ионизированного воздуха. Если есть даже очень маленькая дырка в шве, то разряд концентрируется в ней и дырка ярко светится. Потом наружный электрод убирают и запаивают дырку высокотемпературной газовой горелкой.*

Все хорошо, но как только электрод уберут, дырку не видно и приходится запаивать наугад. А запаивать желательно быстро, чтобы не возникали температурные напряжения в изделии. Пламенем нужно точно «лизнуть» дырку, а не водить им вокруг предполагаемого микроотверстия. Как быть?

Пояснения: 1) в дырку нельзя вводить никаких веществ (например, светящихся), так как это нарушит состав специального тугоплавкого стекла; 2) наружный электрод нежелательно держать в пламени горелки – он недопустимо испортится.

В условиях задачи содержится АП: надо, чтобы дырку было хорошо видно во время запайки, но неизвестно, как это сделать. Задача, это сразу видно, не заведена в тупик предыдущими попытками решения, в ней нет категоричного указания «улучшить то-то» и не отсекаются различные направления решения.

Из этой исходной ситуации может вытекать несколько задач:

Как обнаружить дырки без электродов?

Как защитить электрод от пламени?

Из какого вещества сделать сверхтугоплавкий электрод?

Как обеспечить свечение дырки без введения каких-либо веществ?

Как изготавливать стеклянные изделия с абсолютно герметичными швами (или вообще без швов)? И т. д.

Довольно большой выбор минимальных и максимальных задач. Какую же задачу выбрать для решения?

Шаг 1. Обработка исходной ситуации

Строится схема иерархии ТС (или последовательности технологического процесса) и отыскивается «больное» место в ТС (или в процессе).

Как работает данная в задаче система? В трубку вставляют электрод, наружным электродом водят вдоль шва, при появлении яркого свечения засекают «на глазок» место дырки, убирают наружный электрод, берут горелку и запаивают.

Изобразим это схематично (рис. 14.1):

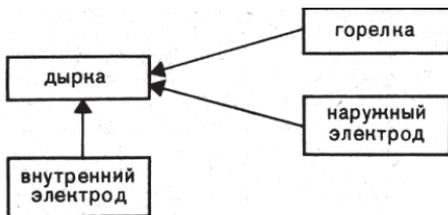


Рис. 14.1

В какой части ТС проявляется недостаток («больное» место), требующий исправления? Между горелкой и наружным электродом: если электрод не убирать, то дырку хорошо видно во время запайки, но электрод недопустимо портится, а если электрод убирать, то он не портится, но тогда дырку не видно. С внутренним электродом все нормально, поэтому уберем его из схемы.

Изобразим оба состояния конфликта между наружным электродом и горелкой (рис. 14.2):

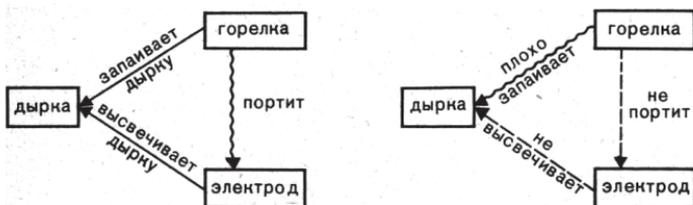


Рис. 14.2

Шаг 2. Переход к мини-задаче

Мини-задача – это сильно уменьшенная исходная ситуация. Этот шаг очень важен, здесь происходит резкое сокращение возможных направлений решения по принципу: «Все остается без изменения 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, все усложняется, ведь вводится ограничение: надо получить положительный эффект, ничего не меняя. Такой переход отсекает множество тривиальных вариантов решения, связанных с усложнением оборудования (сложное сделать просто, а простое – сложно). Конечно, нельзя сказать, что решение мини-задачи всегда приводит к ответу. Но это очень выгодный путь, и по нему обязательно надо пройти, решая первый раз задачу. Если удастся получить ответ, то это будет сильное решение (получить все, без ничего!). Такое решение легко внедрить, оно не потребует значительных переделок в ТС. И только если не будет решена мини-задача, следует переходить к макси-задаче.

Форма записи мини-задачи:

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).

Примечание 1. При записи мини-задачи следует указать не только технические части системы, но и природные (если они есть), взаимодействующие с техническими.

Примечание 2. Техническими противоречиями называют взаимодействия в системе, состоящие в том, что: полезное действие вызывает одновременно и вредное;

или: введение (усиление) полезного действия или устранение (ослабление) вредного действия вызывает ухудшение (в частности, недопустимое усложнение) одной из частей системы или всей системы в целом.

Примечание 3. Технические противоречия составляют в двух формулировках (ТП-1 и ТП-2). В ТП-1 записывают одно состояние элемента системы с объяснением того, что при этом хорошо и что

плохо. В ТП-2 записывают противоположное (инверсное) состояние этого же элемента и вновь, что хорошо и что плохо.

Примечание 4. Иногда в условиях задачи дан только один элемент (то, что надо обработать), технической системы нет (т. е. неизвестно, чем обрабатывать), поэтому нет явного ТП. В этих случаях условно достраивают систему любым простым известным способом. Способ этот заведомо не годится (если способ хорош, то задачу не надо решать). Введение известных элементов что-то ухудшит в системе, на этом и строятся противоречия.

Примечание 5. Мини-задачу записывают без терминов, заменяя их простыми словами для снятия психологической инерции.

Запишем по указанной форме мини-задачу, получающуюся из условий представленной выше задачи.

Мини-задача. ТС для обнаружения и запайки дырок в стеклянных изделиях включает стеклянные изделия, проводник, пламя горелки.

ТП-1: если проводник не убирается, то дырку видно во время запайки (запайка происходит быстро и точно), но проводник недопустимо портится.

ТП-2: если проводник убирается, то он не портится, но дырку при запайке не видно (запайка происходит медленно и неточно).

Необходимо при минимальных изменениях в системе обеспечить быструю и точную запайку дырок.

Выделенные слова показывают строгую инверсность второго противоречия по отношению к первому.

Будем параллельно рассматривать **задачу о швейной фабрике (Б)**: Автоматическая линия в течение смены выпускала изделия одной модели и одного цвета. Между сменами успевали перенастроить станки и сменить шпули с нитками под цвет новой ткани. Но вот потребовалось менять ткань чаще (расширить ассортимент изделий), и резко упала производительность – на смену шпули с нитками уходит недопустимо много времени.

Система состоит из станка, шпули, ниток, ткани и изделий (ассортимента изделий) (рис. 14.3).

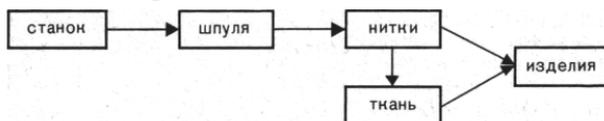


Рис. 14.3

Можно решать несколько макси-задач: поставить новые станки, изменить шпулю, добавить скоростную намотку, ЭВМ и т. д.

А если все оставить, как есть, то в какой части системы конфликт?

Изменение ткани расширяет ассортимент изделий, но требует смены нити, а это долго.

Все дело в ткани: если ее менять часто, то будут разнообразные изделия, но низкая производительность, а если не менять, то производительность будет высокая, но изделия будут однообразные.

Мини-задача. ТС для выпуска швейных изделий включает станок, шпулю, нитки, ткань, изделия.

ТП-1: если ткань менять часто, то изделия выпускаются разнообразные, но тратится много времени на смену ниток.

ТП-2: если ткань не менять, то на смену ниток время не затрачивается, но изделия выпускаются однообразные.

Необходимо при минимальных изменениях в системе обеспечить выпуск разнообразных изделий с высокой производительностью.

Систематический анализ, который мы начали вести – более длинный путь, чем вепанализ (применение стандартов), но зато и более надежный.

Логика анализа специально составлена таким образом, что коридор возможных решений все время сужается. В ходе анализа остается все меньше и меньше «простора» для метания мысли.

Анализ мы начали с туманной исходной ситуации. Зона поиска здесь весьма велика: есть некая ТС, в ней что-то происходит не так, и невозможно заранее сказать, какая часть системы в этом виновата. Обработав исходную ситуацию, мы приблизительно определили место конфликта и затем перевели ситуацию в мини-задачу. При этом было отброшено множество направлений решения, а в задаче осталось всего несколько элементов, связанных с конфликтом.

Следующий шаг на пути к изобретению – построение *модели задачи*. Здесь в поле зрения останутся всего два элемента, а конфликт между ними будет усилен до предела.

Шаг 3. Выделить и записать конфликтующую пару элементов: изделие и инструмент

Примечание 6. 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 изделием может оказаться элемент, являющийся по своей основной функции инструментом, например, шлифовальный круг.

Примечание 7. Инструментом называют элемент, с которым непосредственно взаимодействует изделие (фреза, а не станок; огонь, а не горелка). В частности, инструментом может быть часть окружающей среды.

Примечание 8. Один из элементов конфликтующей пары может быть сдвоенным. Например, даны два разных 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.

Примечание 9. Если инструмент по условиям задачи может иметь два состояния, надо указать оба состояния.

Примечание 10. Если в задаче есть пары однородных взаимодействующих элементов, достаточно взять одну пару.

Главный смысл этого шага состоит в выборе из всех элементов ТС двух самых важных элементов, из-за которых и происходит конфликт. Будем что-то делать именно с этой парой! То есть идет дальнейшее сужение анализа.

В большинстве задач из условий ясно, что является изделием, что инструментом. Трудности возникают опять же из-за инерции терминов («изделие», «инструмент»). То, что в условиях задачи называется этими словами, не всегда совпадает с формулировкой понятий на этом шаге. Является ли элемент системы изделием или инструментом – это зависит от его основной роли в работе «больной» части системы. Полезно пользоваться самыми общими формулировками: инструмент – «то, что действует», изделие – «то, на что действуют».

Например, в одной задаче надо льдом покрывать поверхность – что здесь изделие, а что инструмент? Изделие – поверхность, инструмент – лед. В другой задаче надо узнать степень обледенения обшивки самолета в полете. Здесь лед – изделие, а какой-то прибор для измерения обледенения – инструмент.

В задаче **А**: изделие – дырка (ее обрабатывают), инструмент (двойной) – проводник, пламя (а не горелка!).

В задаче о швейной фабрике: инструмент – ткань (то, что оказывает действие на состояние ниток и швейных изделий), изделие

(двоенное) – *нитки и швейные изделия* (прямое совпадение понятий «изделие»).

Шаг 4. Составить графические схемы ТП-1 и ТП-2, используя таблицу видов конфликтов в моделях задач

Изобретательских задач бесчисленное множество, и, казалось бы, столько же должно быть видов противоречий. Но на самом деле типовых противоречий в большинстве задач между изделием и инструментом всего девять (рис. 14.4).

1. Противодействие



Рис. 14.4

А действует на Б полезно (сплошная стрелка), но при этом постоянно или на отдельных этапах возникает обратное вредное действие (волнистая стрелка), требуется устранить вредное действие, сохранив полезное действие (рис. 14.5).

2. Сопряженное действие



Рис. 14.5

Полезное действие А на Б в чем-то оказывается вредным действием на то же Б (например, на разных этапах работы одно и то же действие может быть то полезным, то вредным). Требуется устранить вредное действие, сохранив полезное (рис. 14.6).

3. Сопряженное действие

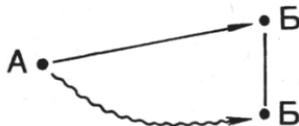


Рис. 14.6

Полезное действие А на одну часть В оказывается вредным для другой части В. Требуется устранить вредное действие на В₂, сохранив полезное действие на В₁ (рис. 14.7).

4. Сопряженное действие



Рис. 14.7

Полезное действие А на В является вредным действием на В (причем А, В и В образуют систему). Требуется устранить вредное действие, сохранив полезное и не разрушив систему (рис. 14.8).

5. Сопряженное действие



Рис. 14.8

Полезное действие А на В сопровождается вредным действием на само А (в частности вызывает усложнение самого А). Требуется устранить вредное действие, сохранив полезное (рис. 14.9).

6. Несовместимое действие



Рис. 14.9

Полезное действие А на В несовместимо с полезным действием В на В (например, обработка несовместима с измерением). Требуется обеспечить действие В на В (пунктирная стрелка), не меняя действия А на В (рис. 14.10).

7. Неполное действие
или бездействие

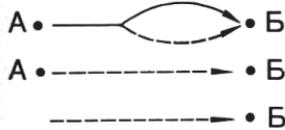


Рис. 14.10

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 максимально простом А (рис. 14.11).

8. «Безмолвие»



Рис. 14.11

Нет информации (волнистая пунктирная стрелка) об А, Б или взаимодействии А и Б. Иногда дано только Б. Требуется получить необходимую информацию (рис. 14.12).

9. Нерегулируемое
(в частности, избы-
точное) действие



Рис. 14.12

А действует на Б нерегулируемо (например, постоянно), а нужно регулируемое действие (например, переменное). Требуется сделать действие А на Б регулируемым (штрих-пунктирная стрелка).

Эти схемы не являются жесткими, их можно изменять, подправлять под условия задачи и даже, в некоторых задачах, можно составлять другие схемы, если они лучше отражают сущность конфликта.

Выберем из них те схемы, которые подходят для конфликтов в наших задачах.

В задаче А один из элементов сдвоенный. Сдвоенные элементы есть только в схемах 3, 4, 6. Схемы 3, 4 не подходят, так как они относятся к конфликтам со сдвоенными изделиями. Схема 6 точно от-

ражает сущность конфликта: обнаружение дырок несовместимо с их запайкой.

Составим графические схемы противоречий (А - пламя, Б - проводник, В - дырка) (рис. 14.13):

ТП-1 (проводник не убирается)

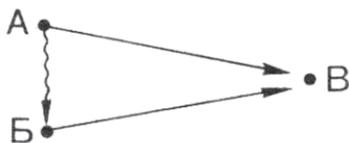


Рис. 14.13

Пламя хорошо действует на дырку (запаивает), проводник хорошо действует на дырку (обнаруживает), но пламя плохо действует на проводник (портит его); здесь к типовой схеме добавлено действие АВ (рис. 14.14).

ТП-2 (проводник убирается)

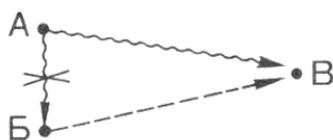


Рис. 14.14

Пламя плохо действует на дырку (долго и неточно), проводник не действует (не обнаруживает дырку), но зато избавились от плохого действия пламени на проводник.

В задаче о швейной фабрике конфликт полностью совпадает со схемой 4 (А - ткань, Б - изделие, В - нитки) (рис.14.15 - 14.16):

ТП-1 (ткань меняется)



Рис. 14.15

ТП-2 (ткань не меняется)

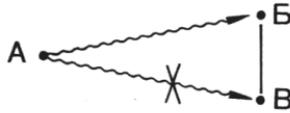


Рис. 14.16

Шаг 5. Выбрать из двух схем конфликта ту, которая обеспечивает наилучшее осуществление главного производственного процесса (главной полезной функции всей ТС, указанной в условиях задачи)

Указать, что является главным производственным процессом (ГПП).

Примечание 11. Выбирая одну из двух схем конфликта, мы выбираем и одно из двух состояний инструмента. Дальнейшее решение должно быть привязано именно к этому состоянию. Нельзя, например, подменять состояние «проводник не убирается», каким-либо компромиссным – «проводник почти не убирается». Анализ требует обострения, а не сглаживания конфликта.

В задаче А ГПП – хорошая запайка дырок, а этому отвечает только схема ТП-1.

В задаче о швейной фабрике ГПП – выпуск разнообразных изделий, поэтому выбираем также ТП-1.

Шаг 6. Усилить конфликт, указав предельное состояние (действие) элементов

Примечание 12. Большинство задач содержит конфликты типа «много» элементов и «мало» элементов («сильный» элемент – «слабый» элемент и т. п.). Конфликты типа «мало элементов» при усилении надо приводить к одному виду – «ноль элементов» («отсутствующий элемент»).

Усилим конфликт в задаче А: проводник никогда не убирается, всегда около дырки, даже при очень сильном пламени. Что при этом произойдет с проводником? Он испортится необратимо, полностью сгорит, его не будет – отсутствующий проводник.

Усиление конфликта в задаче о швейной фабрике: ткань меняется ежесекундно, непрерывно.

Шаг 7. Записать формулировку модели задачи

При этом указав:

1) конфликтующую пару;

- 2) усиленную формулировку конфликта;
- 3) что должен сделать вводимый для решения задачи икс-элемент (что он должен сохранить и что устранить, улучшить, обеспечить и т. д.).

Примечание 13. Не следует задумываться о том, что такое икс-элемент. Он 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 ТС или внешней среды.

Модель задачи – это условная схема задачи, отражающая структуру конфликтного участка системы. Переход от задачи к модели задачи обеспечит впоследствии выявление физического противоречия.

Модель **задачи А**: Даны дырка, пламя и никогда не убирающийся проводник (отсутствующий проводник). Необходимо, чтобы икс-элемент обеспечивал свечение дырки во время запайки при отсутствующем проводнике.

Модель **задачи о швейной фабрике**: Даны ткань, нитки и швейные изделия. Цвет ткани непрерывно меняется. Необходимо, чтобы икс-элемент обеспечивал мгновенную смену цвета ниток при непрерывно меняющемся цвете ткани.

Шаг 8. Уточнить выбранную схему конфликта

Схема уточняется по модели задачи с учетом действия икс-элемента (рис. 14.17).

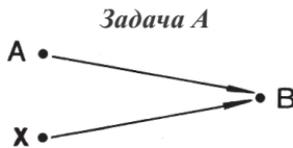


Рис. 14.17

Проводника нет, поэтому он не показан на схеме. Икс-элемент обеспечивает свечение дырки при отсутствующем проводнике (рис. 14.18).

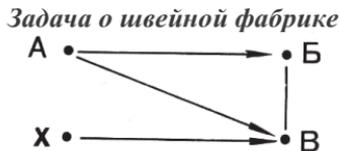


Рис. 14.18

Икс-элемент обеспечивает мгновенную смену цвета ниток при непрерывно меняющемся цвете ткани.

Шаг 9. Определить оперативную зону (ОЗ)

В простейшем случае ОЗ – это пространство, в пределах которого возникает конфликт, указанный в модели задачи (шаги 7 и 8) (рис. 14.19).

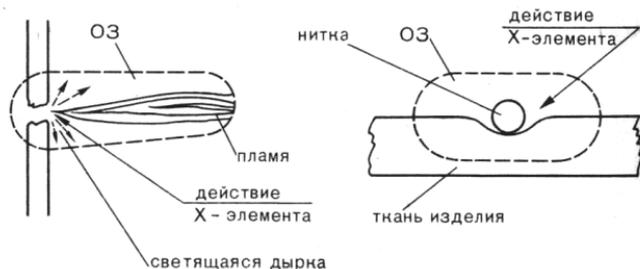


Рис. 14.19

Шаг 10. Определить оперативное время (ОВ)

Оперативное время – это имеющиеся ресурсы времени: конфликтное время T_1 и время до конфликта T_2 . Конфликт (особенно быстрый, кратковременный) иногда может быть устранен (предотвращен) в течение T_2 .

В задаче А:

T_2 – время определения местоположения дырки; вспыхивает свечение дырки, а пламя в этот момент на некотором расстоянии от нее;

T_1 – к светящейся дырке прицельно приближается пламя (очень близко, вплотную).

В задаче о швейной фабрике:

T_2 – нитка на некотором расстоянии от ткани, цвет нитки не совпадает с цветом ткани;

T_1 – нитка на ткани, их цвет одинаков.

Шаг 11. Определение ВПР

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 об испытании модели парашюта;

б) ВПР общие для любой внешней среды – «фоновые» поля, например, гравитационное, магнитное и другие поля 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.

Примечание 14. При решении конкретной мини-задачи желательно получить результат при минимальном расходе ВПР. Поэтому целесообразно использовать, в первую очередь, внутрисистемные ВПР, затем внешнесистемные ВПР и, в последнюю очередь, надсистемные ВПР. При развитии же полученного ответа и при решении макси-задачи целесообразно задействовать максимум различных ВПР.

В задаче А:

ВПР инструмента – пламя (поток продуктов сгорания);

ВПР изделия – дырка, т. е. стекло вокруг дырки, края дырки;

внешнесистемные ВПР – воздух;

надсистемные ВПР – нет.

В задаче о швейной фабрике:

ВПР инструмента – ткань;

ВПР изделия – нитки, швейное изделие;

внешнесистемные ВПР – воздух;

надсистемные ВПР – нет.

Шаг 12. Записать формулировку ИКР-1

Икс-элемент, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, устраняет (указать вредное действие) в течение ОВ в пределах ОЗ, сохраняя способность инструмента совершать (указать полезное действие).

В задаче А ИКР-1: икс-элемент, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, обеспечивает свечение дырки при отсутствующем проводнике и не мешает пламени запаивать.

В задаче о швейной фабрике ИКР-1: икс-элемент, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, обеспечивает мгновенную смену цвета ниток при непрерывно меняющемся цвете ткани.

Шаг 13. Усилить формулировку ИКР-1 дополнительным требованием: в систему нельзя вводить новые вещества и поля, необходимо использовать ВПР

Примечание 15. При решении мини-задачи следует рассматривать используемые ВПР в такой последовательности: ВПР инструмента, ВПР внешней среды, побочные ВПР, ВПР изделия.

Наличие разных ВПР обуславливает существование четырех линий дальнейшего анализа. Практически условия задачи обычно сокращают часть линий.

При решении мини-задачи достаточно вести анализ до получения идеи ответа. Если идея получена, например, на «линии инструмента», можно не проверять другие линии.

При решении макси-задачи целесообразно проверить все существующие в данном случае линии.

Последовательный анализ линий решения можно заменить параллельным. Здесь может сработать полезный эффект: перенесение идеи с одной линии на другую, скрещивание или содействие идей (линий решения).

Ограничимся рассмотрением внутрисистемных ВПР.

По задаче А в формулировке ИКР-1 можно использовать только ВПР инструмента, так как стекло (ВПР изделия) по условиям задачи изменять нельзя.

Усиленный ИКР-1: пламя, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, обеспечивает свечение дырки при отсутствующем проводнике.

В задаче о швейной фабрике к внутрисистемным ВПР относятся только ткань и нитки; швейное изделие – это те же ткань и нитки.

Усиленный ИКР-1: ткань непрерывно меняющегося цвета, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, обеспечивает мгновенную смену цвета ниток. Или нитки, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, обеспечивают мгновенную смену своего цвета при непрерывно меняющемся цвете ткани.

Что дали нам формулировки ИКР? В обеих задачах мы очень близко подошли к ответам. И если в задаче А для получения полной ясности требуется обычно сделать еще один-два шага, то во второй задаче достаточно смешать, слить воедино, две формулировки уси-

ленного ИКР-1, и нужный ответ будет напрашиваться сам собой... Всегда, однако, полезно довести анализ до конца.

Шаг 14. Записать формулировку физического противоречия

Оперативная зона в течение оперативного времени должна быть (указать физическое состояние, например, «быть горячей»), чтобы выполнять (указать одно из конфликтующих действий), и должна быть (указать противоположное физическое состояние, например, «быть холодной»), чтобы выполнять (указать другое конфликтующее действие или требование).

Примечание 16. Физическим противоречием (ФП) называют противоположные требования к состоянию оперативной зоны.

Примечание 17. Если составление полной формулировки ФП вызывает затруднения, можно составить краткую формулировку: «Элемент (или часть системы в оперативной зоне) должен быть, чтобы (указать), и не должен быть, чтобы (указать)».

ФП в задаче А: ОЗ в течение ОВ должна быть электропроводной, чтобы обеспечивать свечение дырки, и должна быть неэлектропроводной, чтобы не содержать проводник (не портить его).

ФП в задаче о швейной фабрике: в ОЗ в течение ОВ нитка должна быть одного цвета, чтобы не тратить время на частую ее замену, и должна быть мгновенно меняющегося цвета, чтобы принимать цвет непрерывно меняющейся ткани.

Шаг 15. Записать формулировку идеального конечного результата

ИКР-2: оперативная зона в течение оперативного времени должна сама обеспечивать (указать противоположные физические состояния).

ИКР-2 в задаче А: пламя в течение оперативного времени должно быть электропроводным для того, чтобы дырка светилась и не требовался проводник (наружный электрод). Это уже ответ, ведь пламя – это плазма, ионизированный газ, т. е. отличный проводник тока.

ИКР-2 к задаче о швейной фабрике: нитка в момент ее соединения с тканью должна сама принимать цвет ткани. Это также довольно ясный ответ: нитка должна быть или прозрачной, или зеркальной. В реальных условиях используют объединенное решение – нитки из тонкого светлого (почти прозрачного) капрона с блестящей (т. е. частично зеркальной) поверхностью (Химия и жизнь. – 1975. – № 8).

Но есть задачи и посложнее этих. Итак, допустим, несмотря на сильную «подсказку», содержащуюся в формулировках последних шагов, вы ее не поняли или не знаете тот или иной физэффект. Значит, надо вести анализ дальше.

Шаг 16. Метод ММЧ

Правила применения ММЧ вы уже знаете. Этот шаг нужен, чтобы перед мобилизацией ВПР наглядно представить, что, собственно, должны делать частицы вещества в оперативной зоне и близ нее. ММЧ позволяет отчетливо увидеть идеальное действие («что надо сделать») без физики («как это сделать»). Благодаря этому снимается психологическая инерция, форсируется работа воображения. ММЧ часто приводит к техническому ответу, так как расстояние от «картинки» до требуемого эффекта обычно невелико.

По задаче А мы должны были бы изобразить:

а) МЧ стекла, образующих дырку; МЧ воздуха вокруг дырки; МЧ пламени на некотором удалении от дырки; конфликт в том, что проводника (наружного электрода) нет, и поэтому никто не передает человечкам воздуха электрические заряды (светящиеся шарики);

б) надо, чтобы кто-то передавал электрические заряды; это не могут быть МЧ стекла, значит, «передатчиками» должны быть или МЧ воздуха, или МЧ пламени...

По задаче о швейной фабрике:

а) МЧ ниток нарисуем черного цвета, а МЧ ткани – белого; между ними не может быть никакого согласия, они враждуют друг с другом;

б) кто-то должен победить, подчинить себе других МЧ; МЧ ткани явно больше, чем МЧ ниток; МЧ ниток не имеют своего цвета и принимают цвет своих «победителей».

Шаг 17. Мобилизация ВПР

Сущность этого шага состоит в том, чтобы как можно меньше вводить в систему новых веществ и полей. Если имеющиеся ВПР не могут быть применены в том виде, как они есть, то необходимо попытаться изменить их.

Для этого можно воспользоваться следующими правилами:

1. Использовать смесь двух ресурсных веществ или смесь одного вещества с пустотой.

Пустота – исключительно важный вещественный ресурс. Она всегда имеется в неограниченном количестве, предельно дешева, легко смешивается с имеющимися веществами, образуя, например, пену,

пузырьки, полые и пористые структуры, и т. д. Смесь воздуха с пустотой – это воздух под пониженным давлением. Пустота не обязательно вакуум. Если вещество твердое, пустота в нем может быть заполнена жидкостью или газом. Если вещество жидкое, пустота может быть газовым пузырьком.

2. *Перейти к использованию би- и поливеществ, составленных из отдельных моновеществ (пример: блокнот вместо одного толстого листа).*

3. *Использовать вещества, производные от ресурсных (или смесь этих производных веществ с пустотой).*

Производные вещества – это вещества, полученные из ресурсных путем изменения агрегатного состояния (лед и пар по отношению к воде) или разложения (водород и кислород из воды, компоненты из многокомпонентных смесей, продукты сгорания веществ и т. д.). К производным веществам относятся также ионы, полученные из атомов и молекул, и наоборот – молекулы и атомы, полученные (достроенные) из ионов.

Примечание 18. Вещество представляет собой многоуровневую иерархическую систему. С достаточной для практических целей точностью иерархию уровней можно представить так: минимально обработанное вещество (например, проволока, лист...), агрегаты молекул, кристаллические решетки, полимеры, сложные молекулы, молекулы, атомы, части атомов, элементарные частицы, поля. Правила указывают эффективные пути получения производных веществ из «недр» уже имеющихся или легко вводимых веществ – разрушением крупных структур в мелкие, достройкой мелких в крупные? Правила выводятся на физэффект, необходимый в том или ином конкретном случае.

4. *Использовать вместо вещества электрическое поле или взаимодействие двух электрических полей.*

Например, известен способ разрыва труб скручиванием; при скручивании трубы приходится механически зажимать, это вызывает их деформацию; предложено возбуждать крутящий момент в самой трубе – за счет электродинамических сил. Электроны – это «вещество», которое всегда есть в имеющемся объекте.

5. *Использовать пару «поле – добавка вещества, отзывающегося на поле» (например, магнитное поле и ферровещество, УФ-свет и люминофор и т. д.).*

Итак, цель применения вещественно-полевых ресурсов не в том, чтобы их все использовать, а в том, чтобы получить сильное решение при их минимальном расходе: решение задачи тем идеальнее, чем меньше затраты вещественно-полевых ресурсов.

Шаг 18. Если мобилизация ВПР не привела к решению задачи, рассмотреть возможность устранения физического противоречия с помощью типовых преобразований (таблицы разрешения противоречий)

Шаг 19. Применение «Указателя эффектов»

Рассмотреть возможность устранения противоречия с помощью указателей физических, химических и геометрических эффектов.

Уточним общую схему решения технических задач.

В ТРИЗ все задачи делят на два типа:

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

Таким образом, задачи бывают стандартные и нестандартные. Деление это несколько условное – оно зависит от сегодняшнего состояния ТРИЗ и от степени усвоения вами элементов теории. Задачи, являющиеся сегодня нестандартными, завтра, после выявления пока еще неизвестных закономерностей, станут стандартными. То же происходит и с личным пониманием изобретательского творчества. По мере накопления опыта решения задач, с каждой новой успешно решенной задачей, сегодняшние трудные для вас задачи будут становиться все более легкими.

Итак, существуют две линии решения изобретательских задач: по стандартам и по программе (шаги 1-19).

Начинать решение надо всегда со стандартов, правил устранения технических противоречий и действия законов развития технических систем, и, если задача не решается, переходить к программе.

При анализе задачи по программе исходные условия претерпевают значительные изменения. Например, модель задачи существенно отличается от первоначальных смутных, а иногда просто заведомо неверных условий. Поэтому применение стандартов к модели задачи заведомо сильнее, чем применение их к необработанной изобретательской ситуации. Еще более упрощается задача после уточнения вещественно-полевых ресурсов – здесь применение стандартов на-

много эффективнее. Поэтому лучше всего использовать смешанную тактику решения: стандарты – часть программы – стандарты...

Приведем окончательную схему решения изобретательских задач.

Первый этап: решение задачи простым анализом

1. Использование задач-аналогов.

2. Вепольный анализ:

а) определить, к какому классу (синтез, разрушение, развитие) вепольных преобразований относится задача;

б) построить вепольную модель, определить недостающие элементы, вредные связи и плохо работающие части системы;

в) последовательно применить рекомендации (вепольные формулы) соответствующего класса.

3. Использовать правила применения первых двух законов развития ТС.

Второй этап: решение задачи с углублением анализа

4. Применить оператор РВС.

5. Выполнить шаги 1, 2 – обработка исходной ситуации, формулировка мини-задачи.

6. Повторить операции первого этапа.

7. Выполнить шаги 3-8.

8. Сформулировать физическое противоречие.

9. Использовать указатель эффектов.

Лекция 15. Примеры использования АРИЗ в реальных условиях

Рассмотрим решение нескольких задач при помощи АРИЗ в реальных условиях.

Исходная ситуация 1. Российский завод, производитель гидро-стеклоизола, стоял без заказов почти год. Причина – низкое качество продукции. Поскольку спрос на гидростеклоизол достаточно велик, эту рыночную нишу заняли зарубежные фирмы, продающие высококачественный гидростеклоизол по цене, втрое-вчетверо превышающей «заводскую».

Нужно проводить модернизацию, решило руководство завода.

Сказано – сделано. Разработали бизнес-план, примерно на 200 тысяч долларов (начало 90-х). Но! Своих денег у завода не было даже на зарплату, а банки категорически отказали в выдаче ссуды, видя, что завод – безнадежный банкрот. Банкиры были категоричны – «везите в морг».

Директор обратился к специалисту по ТРИЗ А.В. Подкатилину за помощью. И вот что выяснилось.

Выпускаемая продукция

Гидростеклоизол – это стеклоткань, на которую с двух сторон нанесены равномерные слои битума. Применяют его для гидроизоляции в строительстве. Оказалось, у заводского гидростеклоизола, по сравнению с конкурентами, в десятки раз меньший срок службы. Причина – в микроскопических сквозных дырочках, которые со временем начинают пропускать влагу. Кроме того, битум на стеклоткани располагается неравномерно: с одной стороны стеклоткани слой больше, а с другой – меньше. Рулоны готового продукта имеют вообще неприглядный, «сплюснутый» вид... Кому нужен такой некачественный продукт, даже по сравнительно доступной цене?

Технология

Как делают гидростеклоизол?

1. Стеклоткань метровой ширины привозят со склада в рулонах и устанавливают на козлы. Рулон разматывают, и ткань поступает в огромную, высотой с двухэтажный дом, сушильную камеру. В ней ткань сушат горячим воздухом от электрических теплонагревателей (ТЭНов).

2. Далее сухую стеклоткань окунают в ванну №1 с расплавленным битумом. Горячий битум добавляют сюда из ванны №2 диамет-

ром 4 м и высотой 2,5 м. В ней битум перемешивают горизонтальными лопатками.

3. Битум в ванне № 1 прилипает к ткани с двух сторон. Затем ткань с прилипшим горячим битумом движется по специальным охлаждающим роликам.

4. На последнем этапе охлажденный гидростеклоизол разрезают, сматывают в рулоны, и готовый продукт отправляют на склад (рис. 15.1).

Что предлагалось в бизнес-плане?

В заводском бизнес-плане были предложены вполне разумные меры для устранения брака.

Проблема 1: Как смешивать полиэтилен и битум?

Для повышения долговечности гидростеклоизола необходимо в «мешалку», т. е. в ванну для расплавления битума, добавлять вторичный полиэтилен. Так сегодня делают все. Но удельный вес расплавленного полиэтилена больше, чем у расплавленного битума, поэтому полиэтилен оседает на дно ванны.

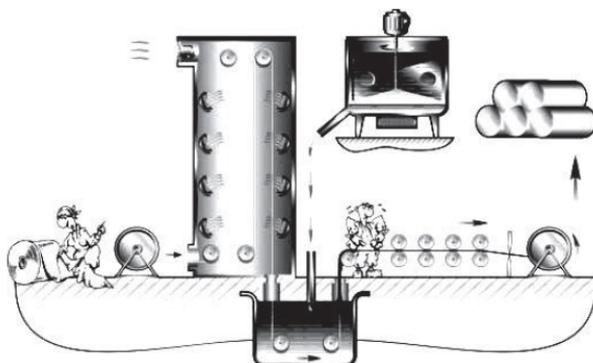


Рис. 15.1

Горизонтальная «мешалка» не может до него достать, т. е. перемешать расплавленный битум и полиэтилен в существующей мешалке невозможно! Поэтому на заводе решили заменить ее на импортное шнековое устройство для расплавления и перемешивания стоимостью около 60 тысяч долларов.

Проблема 2: Дырочки в продукте.

При транспортировке и хранении рулоны стеклоткани обычно набирают влагу. На заводе в сушильной камере эту ткань высушивают

ют недостаточно. Влага в ткани при окунании в расплавленный битум превращается в пар. А пар пробивает прилипший битум, образуя микроскопические отверстия. Поэтому на заводе решили многократно увеличить мощности ТЭНов в сушилке, что требовало еще денег, как на доработку сушилки, так и позднее на дополнительное потребление электроэнергии.

Проблема 3: Неравномерность толщины.

Существующий технологический процесс допускал неравномерность толщины прилипания расплавленного битума к стеклоткани. Причем специальный работник визуально контролировал толщину слоев и вручную, с помощью рычага, постоянно регулировал высоту налипания. Это был адский труд! На заводе решили заменить работника электронным прибором с гидроприводом. Значит, опять нужны деньги.

Проблема 4: Пришивание лент.

Когда рулон с исходной стеклотканью полностью разматывался, работница пришивала к концу старого рулона начало следующего. Она сшивала рулоны ниткой с иглкой при движении, что было неудобно и небезопасно. Поэтому на заводе решили заменить эту операцию клеей; был запланирован автоматический склеивающий станок.

Также бизнес-планом предусматривалось «по мелочам»: расширение складских помещений, улучшение товарного вида продукции, усиление техники безопасности и т. п.

И везде повторялась одна мысль: «Хотите получить полезный результат – готовьтесь тратить деньги! За все надо платить!»

К А.В. Подкатилину директор завода обратился от отчаяния. В его понимании, реанимировать завод могло только чудо. Для А.В. Подкатилина задача стояла так: обеспечить высокое качество продукции при практически полном отсутствии денег на новое оборудование. Он изучил ситуацию на заводе и предложил следующие решения.

Решение 1. Смешивание битума с полиэтиленом.

Вместо закупки импортной «мешалки» для смешивания битума с полиэтиленом наклонили имеющуюся «мешалку» на 8 градусов. Под одну опору подложили несколько толстых стальных пластин, и лопатки стали отлично перемешивать смесь. О дорогой импортной «мешалке» все как-то быстро забыли.

Решение 2. Сушка стеклоткани.

Вместо увеличения мощности огромной сушильной камеры ее просто убрали (вместе с вентиляторами и ТЭНами). Поставили вместо нее небольшое корыто с расплавленным оловом. Стеклоткань, проходя сквозь горячий расплав, мгновенно отдает всю влагу в виде струи пара. Ткань при этом не портится, так как температура плавления стеклоткани выше, чем у расплава олова. Мало того, что качество сушки резко возросло, так еще расход энергии уменьшился более чем на порядок. А на месте убранной сушильной камеры появилась новая площадь для складских помещений.

Решение 3. Равномерность толщины.

Изменили направление выхода ленты из пропиточной ванны (№2) с горизонтального на вертикальное и направили ленту между двумя «скребками». Равная толщина прилипшего битума стала обеспечиваться «сама по себе», и отпала необходимость в покупке электронного прибора с гидроприводом (рис. 15.2).

Решение 4. Соединение лент.

Операцию «пришивания» лент заменили соединением проводочными скобами, подобно степлеру для бумаги. Изготовили этот «прибор» из двух швеллеров прямо на месте. Поэтому новый станок для склеивания стеклоткани стал не нужен.

Решение 5. Товарный вид продукции.

Чтобы рулоны не сплющивались, имели товарный вид – изменили форму стеллажей. Теперь рулоны стали храниться компактно и удобно.

Итог: банковская ссуда оказалась вообще не нужна, себестоимость продукции снизилась, гидростеклоизол стал качественным и конкурентоспособным. Завод вышел из экономического кризиса.

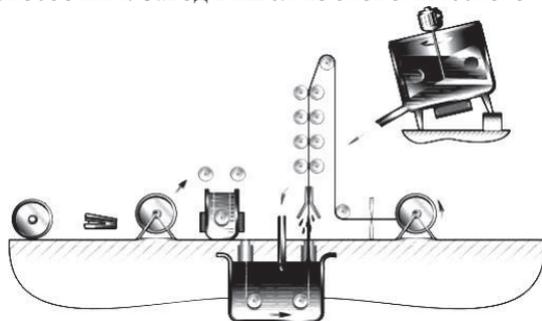


Рис. 15.2

Исходная ситуация 2. Большой склад ГСМ (горюче-смазочных материалов) пришел в аварийное состояние: за время эксплуатации накопился чрезмерный слой грязных осадков на дне баков склада. Склад представлял собой десяток вертикальных металлических баков высотой около 6 м и диаметром примерно 3 м. В них хранились горючие материалы: бензин, керосин и т. д. На высоте около метра от земли в баки были вварены металлические трубы, по которым жидкость перекачивалась к потребителю. Сверху у каждого бака имелся смотровой люк (рис. 15.3).



Рис. 15.3

Осадков за полвека накопилось столько, что их уровень в баке стал превышать один метр, и они начали попадать в магистральные трубы, что совершенно недопустимо. Оказалось, что такая ситуация проектантами не была предусмотрена в принципе. Встала проблема: как откачать эти осадки?

С проблемой пытались справиться и раньше, но все решения имели серьезные изъяны. Предлагали вварить электросваркой в дно баков железную трубу и с помощью специального грязевого насоса перекачать полужидкие, сметанообразные осадки в автоцистерну. Но сварочные работы на территории склада ГСМ категорически запрещены правилами пожарной безопасности!

Еще думали установить насос возле самого бака и подключить его через трубу. Но включение электродвигателей на территории склада тоже запрещено правилами.

Хотели использовать «сифон», т. е. опустить резиновый шланг большого диаметра через верхний открытый люк бака и откачивать по нему осадки насосом, находящимся вне территории склада. Но эксплуатация резиновых шлангов на территории склада запрещена, к тому же насос не способен «подсасывать» жидкость на такую высоту.

Администрация приняла решение о невозможности ремонта старого склада и искала миллион долларов на строительство нового

склада. Уже начали готовить площадку под новый склад, да тут по-доспел семинар-консультация по ТРИЗ.

Решения на семинаре искали последовательно. Вначале решили проблему с резиновым шлангом. Чтобы не нервировать пожарного инспектора, вокруг резинового шланга предложили намотать и заземлить металлическую проволоку, чтобы статические заряды стекали без искр на землю (кстати, сразу выяснилось: на складе предприятия давно лежат без применения резиновые шланги с металлической оплеткой).

Затем решили проблему с «сифоном». Для этого вместо откачки грязного отстоя вначале сделали все наоборот: закачали в бак такой же отстой – из автоцистерны, находящейся вне территории (рис. 15.4).

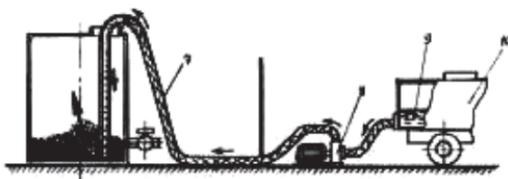


Рис. 15.4

А когда шланг полностью заполнился, переключили насос на обратное движение и откачали из бака весь отстой. Пожарник не смог придраться – слой грязных осадков откачали без нарушения правил пожарной безопасности. Естественно, деньги на строительство нового склада ГСМ искать уже не пришлось.

Исходная ситуация 3. Лаборатории одного химического комбината, производящего красители, постоянно не хватало денег. Каждые сутки эта лаборатория обязательно проводила пробы на качество химических реагентов. Одна из таких проб предусматривала прокаливание порошка в большой пустотелой спирали из кварцевого стекла. После проведения анализа спираль приходилось выбрасывать, т. к. внутри нее намертво прилипал нерастворимый спеченный порошок наподобие пемзы.

Кварцевая спираль имеет продольное отверстие диаметром 5 мм по всей длине. Диаметр витков спирали – около 200 мм, количество витков – 20. Каждая спираль стоит примерно тысячу долларов и закупается в Европе. Только за год выбрасывали «на свалку» 365 тысяч долларов!

У новаторов на комбинате появилась идея: «А если чистить спирали упругой стальной проволокой?» Попробовали. Оказалось, тонкая стальная проволока, имеющая острый расплющенный конец, разрывает осадок внутри спирали и он легко высыпается. А спираль можно использовать повторно, как новую! Но выяснилось, что проволокой можно чистить только 1–2 витка, проволока пружинит, застревает в витках и «рыхление осадка» прекращается. Пробовали применять разные (по упругости и толщине) проволоки, тросики, однако прочищали лишь несколько витков.

Комбинат по-прежнему закупал дорогие спирали и нес «оправданные» убытки на лабораторные исследования.

Эту задачу решил на семинаре А.В. Подкатилина по решению творческих задач тот же самый человек, который и принес ее как «неразрешимую» – сам руководитель этой химической лаборатории. Вместо проволоки внутрь отверстия насыпали немного мелких железных опилок и с помощью магнита, расположенного снаружи, стали перемещать и вращать опилки в каналах спирали. Острые опилки очистили прикипевший порошок, и спирали стали использовать многократно. Хорошо, что на комбинате не успели ликвидировать свалку с использованными спиралями! А их там скопилось пара тысяч.

Исходная ситуация 4. Эта проблема возникла в одном крупном речном порту. Грузовые корабли в порту разгружали десятки больших порталных кранов, напоминающие жирафов. Краны двигались вперед-назад по нескольким ниткам железнодорожных путей. Когда корабль вставал под разгрузку, все краны сосредотачивались «в кучу» возле корабля. Разгрузка ускорялась, но время от времени краны сталкивались друг с другом стрелами. При этом повреждались стрелы кранов, разбивались контейнеры с дорогим грузом. Порт нес значительные убытки.

Эту проблему пытались решать несколько лет. Пробовали организовать разгрузку меньшим количеством кранов, двумя или тремя. Это устраняло столкновения, но время разгрузки значительно возрастало. Появились штрафы за срыв сроков и за простой кораблей. Следует отметить, что при закупке порталных кранов в Германии особое внимание обращалось на безопасность: кабины имели хороший обзор, управление было легким и удобным. Каждый кран имел свой персональный компьютер, который управлял сложными режимами работы, за которыми машинисту трудно уследить, – перегрузкой, балансировкой, скоростью движения и подъема и т. д. Кроме того, все

краны уже в порту были дополнительно оборудованы, чтобы машинисты хорошо видели стрелы своих и чужих кранов: каждая стрела была выкрашена в яркий цвет и подсвечивалась прожектором. На конце каждой стрелы были установлены выключатели – «иголочки» метровой длины, торчащие из конца стрелы. При опасном приближении иголочки подавали машинистам сигнал на включение тормозов, но, оказалось, делали они это слишком поздно, столкновение все равно происходило.

Переобучили всех машинистов с ориентацией на работу в тесноте. В каждую кабину посадили по два машиниста. Начали менять машинистов через каждый час работы. Ничего не помогает!

Создалась «неразрешимая ситуация»: если краны работают в тесноте – бьются, убытки! А если не в тесноте – штрафы, опять убытки!

Администрация порта обратилась за советом к консультантам по «организации работ». Группа консультантов несколько месяцев наблюдала за авариями, а затем выдала «научный» отчет примерно такого содержания: «После праздников и по понедельникам аварии бывают чаще». После этого руководители порта обратились к А.В. Подкатилину.

Идея решения была предельно проста: информацию из компьютеров всех кранов вывести на один стационарный компьютер, со специальной программой, исключающей столкновение стрел. Так, если стрелы соседних кранов начинают сближаться на опасных скоростях, общий компьютер дает сигнал на компьютеры кранов, и они сами, без участия машинистов, включают тормоза. Аварии прекратились. Штрафы – тоже.

Исходная ситуация 5. Как очистить кусочек железной проволоки от ржавчины? Нет ничего проще: потереть ее песочком, наждачной бумагой, напильником или окунуть на короткое время в чистящий химический раствор. А как очистить от ржавчины проволоку, которая перематывается с одного барабана на другой со скоростью пять-десять метров в секунду? И к тому же очистить за рабочую смену нужно несколько сотен километров такой проволоки!

Заводу, который столкнулся с такой проблемой, любезно предложили закупить специальное оборудование для этой цели – на выбор заказчика:

Специальная «пескоструйка» – прибор, в котором проволока очищается от ржавчины песком, подаваемым струями сжатого возду-

ха. Правда, она требует большого расхода сжатого воздуха, изрядно пылит и шумит. Зато цена небольшая, всего 4 тысячи долларов за штуку;

Станок с вращающимися иглофрезами. Стоимость одного станка – уже 5–6 тысяч долларов, но меньше эксплуатационные расходы. Достаточно будет закупить десяток таких станков;

Ванна для химического травления. Это обойдется дешевле. Но травление идет медленно, поэтому нужно покупать много ванн и понадобятся большие площади.

На заводе призадумались. Было очевидно – в любом случае «за удовольствие» придется платить! Однако какой вариант выбрать?

Зачем выбрасывать деньги на ветер?! – решили на семинаре. – Пусть проволока чистит себя сама! Ржавая проволока сматывается с одного барабана, огибает шкив и, возвращаясь на другой барабан, несколько раз обвивается вокруг проволоки, идущей ей навстречу (рис. 15.5). А для уборки пыли использовали имеющийся пылеотсос от наждака.



Рис. 15.5

Исходная ситуация 6. Помните, что получится, если бутылку полностью заполнить водой, закрыть и положить в морозильник? Вода начнет замерзать, расширяться – и разорвет бутылку. На предприятии такой «эффект» может влететь в копеечку. Во время сильных морозов внезапные отключения электроэнергии приводили к остановке производства, в том числе отключались насосы. В больших пустотелых колоннах циркулировала вода, но при отключении насосов она замерзала. Дизель-генератора на заводе не было, да и не спас бы он – ведь мощность у насосов приличная. В результате разрывались стальные стенки колонн, а после включения начиналась течь, колонны превращались в огромные ледяные столбы. Колонны ремонтировали сваркой, возводили строительные леса, ремонт требовал много времени и больших затрат.

Установили возле каждой колонны котлы-подогреватели, работающие на дровах. При отключении электроэнергии по всему предприятию дежурные истопники «по тревоге» разжигали дрова и грели воду в колоннах. Это обходилось предприятию дешевле, чем сварочные ремонты, но тоже требовало затрат. Возможно ли лучшее решение?

На семинаре был найден практически «бесплатный» ответ.

Можно занять часть объема внутри колонн?

Можно. Тогда вот решение: внутри колонн закрепили по несколько резиновых шлангов, закрытых по торцам. Вода при замерзании расширяется примерно на 9% по объему, а пустота в шлангах была рассчитана как раз на этот объем. Замерзая, вода сжимала упругие шланги и не «трогала» стальные стенки колонн.

Исходная ситуация 7. На одном из семинаров во время экскурсии по заводу бросилось в глаза нарушение техники безопасности: от стоящих вдоль стены баллонов высокого давления для сжатого газа валил пар. Эти баллоны подогревались открытыми источниками тепла: горячими водяными радиаторами и даже газовыми горелками!

– Греть баллоны с газом под давлением 150 атмосфер?! На такой риск не решился бы даже самоубийца! Ведь баллоны могут взорваться!!! Куда смотрит инспекция?!

На это ответили:

– Уже десять лет так греем – и ни разу не рвануло! Но если не греть, то цех остановится! А с инспектором Госгортехнадзора мы умеем договариваться!

Оказалось, шесть баллонов с углекислым газом обеспечивают потребность цеха только при полностью открытых вентилях всех баллонов. К баллонам привинчены газовые редукторы, которые снижают давление углекислого газа, в цех газ поступает под низким давлением. При очень большом расходе газа баллоны вместе с редукторами сильно охлаждаются, покрываются инеем, а затем промерзают (существует такой физический эффект: при резком расширении сжатый газ сильно охлаждается). Через некоторое время в трубе возникают ледяные пробки – и выход газа прекращается.

Вот если бы было не 6, а 60 баллонов, можно было бы снизить интенсивность подачи газа от каждого баллона и тогда бы баллоны не замерзали! Но денег на это нет – вот и приходится греть баллоны!

Эта задача решалась в «срочном режиме». Собственно говоря, тут и задачи-то не было.

Где расширяется газ? В редукторе. Значит, нужно отделить в пространстве баллон от редуктора и греть только редуктор.

К баллонам присоединили высоконапорные шланги, к шлангам – редукторы. Редукторы вынесли подальше в закрытый подогреваемый ящик – опасность миновала.

Исходная ситуация 8. На предприятии, выращивающем полезные бактерии, возникла проблема с производственным травматизмом. Бактерии выращиваются внутри стеклянных пятилитровых банок. По технологическому процессу тяжелые и скользкие банки постоянно переносили вручную с места на место. А таких банок на предприятии – тысячи! При переносе случалось всякое: то работница споткнется, то банка выскользнет из рук, а в результате банка падает на пол и разбивается. Что при этом погибают выращенные бактерии – это еще не беда; беда в том, что осколки стекла травмируют работниц.

Пробовали переносить банки в специальных корзинах, но стало еще хуже: банки бились, когда их вытаскивали из корзин. Почему бы вообще не отказаться от стеклянных банок! Казалось бы, есть очевидное решение: пластиковые бутылки. Такая бутылка прекрасно подходит почти по всем параметрам для замены стеклянной банки: легкая, дешевая, не скользкая, не бьется. Единственный недостаток – бактерии «не желают» в ней выращиваться! Ну не живут они на пластике.

На семинаре было предложено решение, которое прекрасно устраивало и работниц, и бактерий! Пусть бактерии живут на стекле, раз им это нравится, а работницы переносят их в легких небьющихся пластиковых бутылках! Для этого каждую бутылку нужно на секунду заполнить клеем, называемым «жидким стеклом», – и тут же вылить его. Тончайший слой жидкого стекла приклеится к внутренней стороне бутылки, и она станет «стеклянной» изнутри (рис. 15.6).



Рис. 15.6

Жидкое стекло – доступный и дешевый материал. Экономический (и социальный) эффект только от этого решения окупил заказчику семинар десятикратно.

Исходная ситуация 9. На крупном металлургическом комбинате возникла серьезная проблема. Завод, переплавлявший руду в металл, оказался перед угрозой остановки, т. к. остался почти без запасов руды. Руды у завода оставалось всего на одни сутки непрерывной работы! После этого пришлось бы гасить плавильные печи и останавливать весь перерабатывающий цикл по обогащению руды. После такой остановки – даже при возобновлении поставок руды – на новый запуск завода понадобилось бы около двух недель. А двухнедельный простой завода грозил убытками около 10 млн. долларов.

Причина прекращения поставок – авария на руднике, поставляющем руду. На аварийном совещании, созванном директором, присутствовало более 50 опытных специалистов. Главный инженер доложил, что аварию на руднике можно устранить в течение нескольких часов, но при условии, что на аварийный участок срочно доставят автокран с пятидесятиметровой стрелой. А такой автокран находился далеко, для его доставки к месту аварии понадобилось бы не менее пяти суток.

Специалисты стали думать, как использовать имеющийся в наличии автокран с короткой стрелой. Предложили насыпать гору камней и поставить на эту гору кран-коротышку, или сварить из металла удлинитель стрелы («гусек») и т. п. Но сидящий на совещании инспектор Госгортехнадзора нашел во всех этих решениях нарушение правил.

В результате было принято «мудрое» решение: использовать для ремонта кран с пятидесятиметровой стрелой, а до его прибытия вместо руды пять суток засыпать в печи (чтобы их не гасить) пустую породу! Подсчитали: в этом случае убытки не превысят 1 млн. долларов. Победа интеллекта! Можно успокоиться?

На этом совещании находился случайно А.В. Подкатилин. Он стал уточнять задачу. Оказалось, что автокран с длинной стрелой нужен, чтобы снять с пятидесятиметровой высоты огромной металлической вышки двухтонный узел для кратковременного, не более часа, ремонта на земле, а затем, чтобы поднять эту деталь обратно на вышку (рис. 15.7).

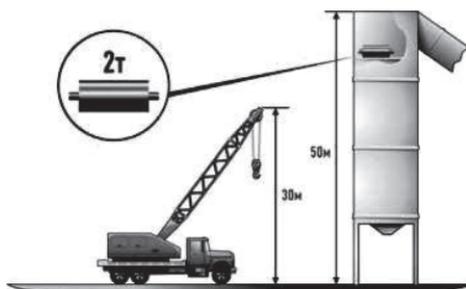


Рис. 15.7

Он предложил на верху вышки закрепить блок, перебросить через него трос, один конец троса прикрепить к грузу, другой – к бульдозеру. Бульдозер подъехал к вышке, груз опустился, отъехал, поднялся (рис. 15.8).



Рис. 15.8

Исходная ситуация 10. В 90-х годах XX века в России широко внедрялись медицинские приборы на основе сверхпроводимости для высокоточного измерения флуктуаций магнитных и электрических полей в теле человека. Сверхпроводимость достигалась охлаждением электрических проводников до температуры жидкого гелия (-259°C). Один из таких приборов – магнитометр – достался и научно-исследовательской лаборатории, где работал специалист по ТРИЗ С.А. Фаер. Они исследовали его как прототип на предмет создания промышленного образца отечественного производства.

Магнитометр представляет собой термос размером с человека (рис. 15.9).

Он многослойный – внутри прочнейшего корпуса есть вспененный слой теплозащиты, вакуумное пространство, зеркальные экраны для отражения ИК-излучений и сама колба с жидким гелием.

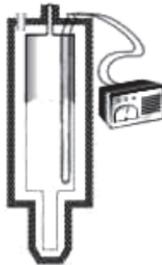


Рис. 15.9. Термос магнитометра

Жидкий гелий стоит дорого. Поэтому перед тем как закачать его, термос в несколько итераций охлаждали жидким азотом (-196°C). И все равно такого охлаждения было недостаточно: когда заливали гелий в термос, он сильно испарялся и бурлил еще сутки. За это время внутренняя колба термоса охлаждалась до температуры жидкого гелия, и затем наступала стадия спокойного испарения. И только тогда можно было начинать эксперименты по измерению магнитного поля. Провели испытания, и, в целом, магнитометр устроил. Кроме одной «мелочи» – были претензии к уровнемеру – электрическому прибору, который измерял уровень жидкого гелия и работал на принципе сверхпроводимости. Основной элемент уровнемера – сверхпроводник, который находится непосредственно в колбе с жидким гелием. Его общее сопротивление зависит от того, какая часть проводника погружена в жидкий гелий, а какая часть находится в газообразном гелии.

Уровнемер, как выяснилось, имел следующие недостатки:

- Точность измерения очень низка. Причем самую низкую точность измерения уровнемер давал, когда гелия оставалось меньше 15 процентов, тогда ему вообще нельзя было верить, а именно в это время нам нужны самые точные его показания;
- Уровнемер надо выключать, так как в активном режиме часть гелия испаряется, часть дорогого гелия тратится на то, чтобы измерить, сколько его осталось;
- Стоил уровнемер несколько тысяч долларов. В лаборатории хотели производить аналогичный прибор со значительно меньшей себестоимостью.

Можно ли измерить уровень жидкого гелия другим способом? Поразмышляем. По сути, термос – это черный ящик, куда нельзя за-

глянуть и категорически нельзя вводить посторонние вещества и энергию.

Может быть, термос можно взвешивать?

Нет, затруднительно: вокруг термоса куча проводов, шлангов, трубочек – это все будет вносить искажения. Пока откладываем это решение и ищем еще.

В идеале гелий сам должен сообщать, сколько его осталось. Без посторонних устройств, без проводов и дополнительного испарения.

Автор представил себе бутылку с жидкостью. Больше жидкости, меньше. И, вдруг, вспомнил, как в детстве пил лимонад прямо из бутылки и дул в горлышко, чтобы создать звук. Звук всегда был разным и зависел от количества лимонада: меньше лимонада – звук глухой, больше – звонкий. Вот и идея. Надо каким-то образом дуть внутрь термоса через отверстие, из которого выходит газообразный гелий, и измерять частоту выходящего звука.

А если не дуть, а использовать внутренние ресурсы, которые в системе уже есть? Точно! Гелий постоянно испаряется, попросту говоря, кипит. Это значит, что шума в колбе с гелием достаточно. И внутри колбы в замкнутом пространстве будет образовываться стоячая звуковая волна. Остается только поставить микрофон в струю выходящего гелия и построить график зависимости частоты звука от уровня гелия (рис. 15.10).

Автор подошел к термосу, в котором оставалось немного жидкого гелия, чтобы продумать идею с микрофоном. И начал решать задачу, как защитить микрофон от холода. Но оказалось, что уже в 20 сантиметрах от выходного отверстия гелий не такой холодный. Он подставил руку под струю газа и понял: микрофон не понадобится – даже рука чувствовала пульсацию гелия.

Он подсчитал: 80 ударов в минуту. Потом сделал замеры в течение одного цикла – от полной колбы с жидким гелием до пустой – и построил график зависимости частоты пульсации газообразного гелия от уровня жидкого гелия (рис.15.11).

Кстати, уровень жидкого гелия пришлось измерять с помощью того самого дорогого уровнемера, который таки внес свою погрешность в график. Но это оказалось не принципиально: нужно знать уровень жидкого гелия только для того, чтобы понимать, когда он закончится, а такую информацию график дает, безусловно. Дело сделано!

Результат:

- Точность измерения нас устраивает, и она постоянна на всех стадиях испарения гелия;
- «Измеритель» не нагревает колбу, а значит, дорогой гелий дополнительно не испаряется;
- Новое устройство ничего не стоит – достаточно иметь на руках часы с секундной стрелкой.

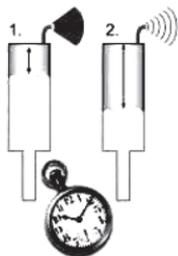


Рис. 15.10. Звук и гелий

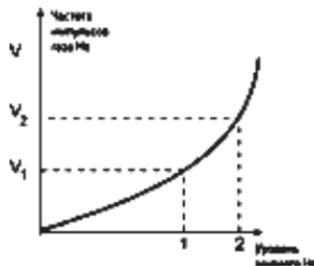


Рис. 15.11. График колебаний газа

Заключение

В настоящее время в соответствии с Государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования во многих вузах, в том числе, готовящих бакалавров и магистров в области лесного образования в основные образовательные программы для направлений подготовки бакалавров 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» и магистров 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» включена дисциплина «Патентно-лицензионная работа». В ее состав в небольшом объеме входят представления о методах решения изобретательских задач.

При этом еще начиная с 40-х-50-х годов прошлого века Г.С. Альтшуллером разрабатывались и реализовывались в инженерном сообществе основные принципы теории изобретательства – теории решения изобретательских задач. Были сформулированы новые понятия, например: техническое противоречие, идеальный конечный результат и т. д., был создан и совершенствовался алгоритм решения изобретательских задач.

Современная инновационная востребованность развития научно-технического творчества и привела к необходимости более глубокого изучения в системе высшего профессионального образования теории и практических подходов – навыков в решении изобретательских задач.

Настоящее учебное пособие составлено на базе значительного объема учебных и научно-технических материалов по изобретательскому творчеству, для облегчения понимания теоретического материала в пособие включено большое количество практических примеров, базирующихся на конкретных авторских свидетельствах и патентах.

На наш взгляд, освоение ознакомительного курса, излагаемого в рамках учебного пособия является необходимым для студентов, обучающихся по естественнонаучным и инженерным специальностям.

Учебное пособие может быть полезно не только студентам лесотехнических специальностей, но и преподавателям, научным работникам, инженерам, аспирантам, занимающимся научно-техническим творчеством.

Надеемся, что освоение данного курса явится для Вас лишь первым шагом на пути в увлекательнейшую область – изобретательство.

Мы будем рады получить замечания и предложения по данному пособию, которые позволят улучшить изложение материала, сделать его более понятным и полезным для всех, кто занимается научно-техническим творчеством.

Весьма возможно, какие-то аспекты были нами упущены, поэтому просим, если это Вас не затруднит, обратить на них наше внимание.

Свои замечания и предложения просим присылать по адресу:
gennadiy.fedotov@gmail.com

Приложение 1-1. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий

Улучшаемый параметр	Ухудшаемый параметр									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Вес подвижного объекта	Вес неподвижного объекта	Длина подвижного объекта	Длина неподвижного объекта	Площадь подвижного объекта	Площадь неподвижного объекта	Объем подвижного объекта	Объем неподвижного объекта	Скорость	Сила
2	Вес подвижного объекта	15, 8, 29, 34	Длина подвижного объекта	10, 1, 29, 35	Площадь подвижного объекта	35, 30, 13, 2	Объем подвижного объекта	29, 2, 40, 28	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37
3	Длина подвижного объекта	8, 15, 29, 34	Длина неподвижного объекта	15, 17, 4	Площадь подвижного объекта	17, 7, 10, 40	Объем подвижного объекта	7, 17, 4, 35	13, 4, 8	17, 10, 4
4	Длина неподвижного объекта	35, 28, 40, 29	Площадь подвижного объекта	14, 15, 18, 4	Площадь неподвижного объекта	17, 4	Объем подвижного объекта	7, 14, 17, 4	29, 30, 4, 34	19, 30, 1, 18, 35, 2, 14
5	Площадь подвижного объекта	30, 2, 14, 18	Площадь неподвижного объекта	26, 7, 9, 39	Площадь подвижного объекта	1, 7, 4, 35	Объем подвижного объекта	1, 7, 4, 17	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37
6	Площадь неподвижного объекта	35, 10, 19, 14	Объем подвижного объекта	35, 8, 2, 14	Объем неподвижного объекта	7, 29, 34	Скорость	7, 29, 34	13, 28, 15, 19	13, 28, 15, 19
7	Объем подвижного объекта	8, 1, 37, 18	Скорость	17, 19, 9, 36	Сила	1, 18, 36, 37	Сила	15, 9, 12, 37	13, 28, 15, 12	2, 36, 18, 37
8	Объем неподвижного объекта	1, 28	Сила	18, 13, 1, 28	Сила	1, 18, 36, 37	Сила	12, 37	15, 12	18, 37

Приложение 1-2. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий

	Ухудшаемый параметр									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Улучшаемый параметр	Вес подвижного объекта	Вес неподвижного объекта	Длина подвижного объекта	Длина неподвижного объекта	Площадь подвижного объекта	Площадь неподвижного объекта	Объем подвижного объекта	Объем неподвижного объекта	Скорость	Сила
	11	Напряжение, давление	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	6, 35, 10, 15, 36, 37	35, 24	6, 35, 36
12	Форма	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10		14, 4, 15, 22	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40
13	Устойчивость состава объекта	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16
14	Прочность	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14
15	Продолжительность действия подвижного объекта	19, 5, 34, 31		2, 19, 9		3, 17, 19		10, 2, 19, 30	3, 35, 5	19, 2, 16
16	Продолжительность действия неподвижного объекта		6, 27, 19, 16		1, 40, 35				35, 34, 38	
17	Температура	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21
18	Освещенность	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16	19, 32, 26	19, 32, 26		2, 13, 10	10, 13, 19	26, 19, 6
19	Энергия, расходуемая подвижным объектом	12, 18, 28, 31		12, 28		15, 19, 25		35, 13, 18	8, 35,	16, 26, 21, 2
20	Энергия, расходуемая неподвижным объектом		19, 9, 6, 27							36, 37

Приложение 1-3. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий

	Улучшаемый параметр	Ухудшаемый параметр									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Улучшаемый параметр	Вес подвижного объекта	Вес неподвижного объекта	Длина подвижного объекта	Длина неподвижного объекта	Площадь подвижного объекта	Площадь неподвижного объекта	Объем подвижного объекта	Объем неподвижного объекта	Скорость	Сила
21	Мощность	8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37		19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 25	15, 35, 2	26, 2, 36, 35
22	Потери энергии	15, 6, 19, 28	19, 6, 18, 9	7, 2, 6, 13	6, 38, 7	15, 26, 17, 30	17, 7, 30, 18	7, 18, 23	7	16, 35, 38	36, 38
23	Потери вещества	35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	10, 28, 24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	1, 29, 30, 36	3, 39, 18, 31	10, 13, 28, 38	14, 15, 18, 40
24	Потери информации	10, 24, 35	10, 35, 5	1, 26	26	30, 26	30, 16		2, 22	26, 32	
25	Потери времени	10, 20, 37, 35	10, 20, 26, 5	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 17, 4	2, 5, 34, 10	35, 16, 32, 18		10, 37, 36, 5
26	Количество вещества	35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18		15, 14, 29	2, 18, 40, 4	15, 20, 29		35, 29, 34, 28	35, 14, 3
27	Надежность	3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	3, 10, 14, 24	2, 35, 24	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3
28	Точность измерения	32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6		28, 13, 32, 24	32, 2
29	Точность изготовления	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	2, 32, 10	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 28, 2	25, 10, 35	10, 28, 32	28, 19, 34, 36
30	Вредные факторы, действующие на объект извне	22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	22, 23, 37, 35	34, 39, 19, 27	21, 22, 35, 28	13, 35, 39, 18

Приложение 1-4. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий

	Ухудшаемый параметр									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Улучшаемый параметр	Вес подвижного объекта	Вес неподвижного объекта	Длина подвижного объекта	Длина неподвижного объекта	Площадь подвижного объекта	Площадь неподвижного объекта	Объем подвижного объекта	Объем неподвижного объекта	Скорость	Сила
31	19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22	17, 2, 18, 39	17, 2, 18, 39	22, 1, 40	17, 2, 40	30, 18, 35, 4	35, 28, 3, 23	35, 28, 1, 40
32	28, 29, 15, 16	1, 27, 36, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 27	13, 1, 26, 12	16, 40	13, 29, 1, 40	35	35, 13, 8, 1	35, 12
33	25, 2, 13, 15	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12	1, 17, 13, 16	1, 17, 13, 16	18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 39, 31	18, 13, 34	28, 13, 35
34	2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 13, 32	16, 25	25, 2, 35, 11	1	34, 9	1, 11, 10
35	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29		35, 10, 14	15, 17, 20
36	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	1, 16	34, 10, 28	26, 16
37	27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 26, 31	3, 4, 16, 35	36, 28, 40, 19
38	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28	23	17, 14, 13		35, 13, 16		28, 10	2, 35
39	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 34, 10	35, 37, 10, 2		28, 15, 10, 36

Приложение 1-5. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий

	Ухудшаемый параметр									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Улучшаемый параметр	Напряжение, двление	Форма	Устойчивость состава объекта	Прочность	Продолжительность действия подвижного объекта	Продолжительность действия неподвижного объекта	Температура	Освещенность	Энергия, расходуемая подвижным объектом	Энергия, расходуемая неподвижным объектом
1	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35		6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31	
2	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40	28, 2, 10, 27		2, 27, 19, 6	28, 19, 32, 22	19, 32, 35		18, 19, 28, 1
3	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19		10, 15, 19	32	8, 35, 24	
4	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35	15, 14, 28, 26		1, 40, 35	3, 35, 38, 18	3, 25		
5	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	6, 3		2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32	
6	10, 15, 36, 37		2, 38	40		2, 10, 19, 30	35, 39, 38			
7	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	6, 35, 4		34, 39, 10, 18	2, 13, 10	35	
8	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15		35, 34, 38	35, 6, 4			
9	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	28, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5		28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38	
10	18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	35, 10, 14, 27	19, 2		35, 10, 21		19, 17, 10	1, 16, 36, 37

Приложение 1-6. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий

Улучшаемый параметр	Ухудшаемый параметр									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
11	Напряжение, давление	Форма	Устойчивость состава объекта	Прочность	Продолжительность действия подвижного объекта	Продолжительность действия неподвижного объекта	Температура	Освещенность	Энергия, расходуемая подвижным объектом	Энергия, расходуемая неподвижным объектом
12	Форма		33, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25		22, 14, 19, 32	13, 15, 32	2, 6, 34, 14	
13	Устойчивость состава объекта	22, 1, 18, 4		17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23	35, 1, 32	32, 3, 27, 15	13, 19	27, 4, 29, 18
14	Прочность	10, 3, 18, 40	13, 17, 35	27, 3, 10			19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18	35
15	Продолжительность действия подвижного объекта	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	27, 3, 10			19, 18, 36, 40			
16	Продолжительность действия неподвижного объекта		39, 3, 35, 23							
17	Температура	14, 22, 19, 32	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40		32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17	
18	Освещенность	32, 30		35, 19						32, 35, 1, 15
19	Энергия, расходуемая подвижным объектом	12, 2, 29	19, 13, 17, 24	5, 19, 9, 35	28, 35, 6, 18		19, 24, 3, 14	2, 15, 19		
20	Энергия, расходуемая неподвижным объектом		27, 4, 29, 18	35				19, 2, 35, 32		

Приложение 1-7. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий

Улучшаемый параметр	Ухудшаемый параметр									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Напряжение, двление	Форма	Устойчивость состава объекта	Прочность	Продолжительность действия объекта	Продолжительность действия объекта	Температура	Освещенность	Энергия, рас- том	Энергия, рас- ходимая не- подвижным объектом
21	Мощность 22, 10, 35	29, 14, 2, 40	35, 32, 15, 31	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37	
22	Потери энергии		14, 2, 39, 6	26			19, 38, 7	1, 13, 32, 15		
23	Потери вещества 3, 36, 37, 10	29, 35, 3, 5	2, 14, 30, 40	35, 28, 31, 40	28, 27, 3, 18	27, 16, 18, 38	21, 36, 39, 31	1, 6, 13	35, 18, 24, 5	28, 27, 12, 31
24	Потери информации				10	10		19		
25	Потери времени 37, 36, 4	4, 10, 34, 17	35, 3, 22, 5	29, 3, 28, 18	20, 10, 28, 18	28, 20, 10, 16	35, 29, 21, 18	1, 19, 26, 17	35, 38, 19, 18	1
26	Количество вещества 10, 36, 14, 3	35, 14 17, 40	15, 2, 17, 40	14, 35, 34, 10	3, 35, 10, 40	3, 35, 31	3, 17, 39		34, 29, 16, 18	3, 35, 31
27	Надежность 10, 24, 35, 19	35, 1, 16, 11		11, 28	2, 35, 3, 25	34, 27, 6, 40	3, 35, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23
28	Точность измерения 6, 28, 32	6, 28, 32	32, 35, 13	28, 6, 32	28, 6, 32	10, 26, 24	6, 19, 28, 24	6, 1, 32	3, 6, 32	
29	Точность изготовления 3, 35	32, 30, 40	30, 18	3, 27	3, 27, 40		19, 26	3, 32	32, 2	
30	Вредные факторы, действующие на объект извне 22, 2, 37	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18	18, 35, 37, 1	22, 15, 33, 28	17, 1, 40, 33	22, 33, 35, 2	1, 19, 32, 13	1, 24, 6, 27	10, 2, 22, 37

Приложение 1-8. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий

	Ухудшаемый параметр									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Улучшаемый параметр	Напряжение, двление	Форма	Устойчивость состава объекта	Прочность	Продолжительность действия подвижного объекта	Продолжительность действия неподвижного объекта	Температура	Овещенность	Энергия, расходуемая подвижным объектом	Энергия, расходуемая неподвижным объектом
31	Вредные факторы, генерируемые самим объектом 2, 33, 27, 18	35, 1	35, 40, 27, 39	15, 35, 22, 2	15, 22, 33, 31	21, 39, 16, 22	22, 35, 2, 24	19, 24, 39, 32	2, 35, 6	19, 22, 18
32	Удобство изготовления 35, 19, 1, 37	1, 28, 13, 27	11, 13, 1	1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 16	27, 26, 18	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1	1, 4
33	Удобство эксплуатации 2, 32, 12	15, 34, 29, 28	32, 35, 30	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25	26, 27, 13	13, 17, 1, 24	1, 13, 24	
34	Удобство ремонта 13	1, 13, 2, 4	2, 35	11, 1, 2, 9	11, 29, 28, 27	1	4, 10	15, 1, 13	15, 1, 28, 16	
35	Адаптация, универсальность 35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 14	35, 3, 32, 6	13, 1, 35	2, 16	27, 2, 3, 35	6, 22, 26, 1	29, 35, 29, 13	
36	Сложность устройства 19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 22, 17, 19	2, 13, 28	10, 4, 28, 15		2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28	
37	Сложность контроля и измерения 35, 36, 37, 32	27, 13, 1, 39	11, 22, 39, 30	27, 3, 15, 28	19, 29, 39, 25	25, 34, 6, 35	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38	19, 35, 16
38	Степень автоматизации 13, 35	15, 32, 1, 13	18, 1	25, 13	6, 9		26, 2, 19	8, 32, 19	2, 32, 13	
39	Производительность 10, 37, 14	14, 10, 34, 40	35, 3, 22, 39	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	20, 10, 16, 38	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19	1

Приложение 1-9. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий

	Ухудшаемый параметр									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Улучшаемый параметр	Мощность	Потери энергии	Потери вещества	Потери информации	Потери времени	Качество вещества	Надежность	Точность измерения	Точность изготовления	Вредные факторы, действующие на объект
1	Вес подвижного объекта 12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31	3, 11, 1, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27
2	Вес неподвижного объекта 15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37
3	Длина подвижного объекта 1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	15, 2, 29	29, 35	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24
4	Длина неподвижного объекта 12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26	30, 29, 14		15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18
5	Площадь подвижного объекта 19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30, 6, 13	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1
6	Площадь неподвижного объекта 17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35
7	Объем подвижного объекта 35, 6, 13, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	2, 6, 34, 10	29, 30, 7	14, 1, 40, 11	25, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35
8	Объем неподвижного объекта 30, 6		10, 39, 35, 34		35, 16, 32, 18	35, 3	2, 35, 16		35, 10, 25	34, 39, 19, 27
9	Скорость 19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26		10, 19, 29, 38	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23
10	Сила 19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5		10, 37, 36	14, 29, 18, 36	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18

Приложение 1-10. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий

	Ухудшаемый параметр									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Улучшаемый параметр	Мощность	Потери энергии	Потери вещества	Потери информации	Потери времени	Количество вещества	Надежность	Точность измерения	Точность изготовления	Вредные факторы, действующие на объект
		2, 3, 6, 14, 25	10, 36, 3, 37	37, 36, 4	10, 14, 36	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37	
	4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5	14, 10, 34, 17	14, 10, 34, 17	36, 22	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35
	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40	35, 27	15, 32, 35			13	18	35, 24, 30, 18
	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40	29, 3, 28, 10	29, 10, 27		11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1
	19, 10, 35, 38		28, 27, 3, 18	20, 10, 28, 18	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28
	16		27, 16, 18, 38	10	28, 20, 10, 16	3, 35, 31	34, 27, 6, 40	10, 26, 24		17, 1, 40, 33
	2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31		35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2
	32	13, 16, 1, 6	13, 1	1, 6	19, 1, 26, 17	1, 19		11, 15, 32	3, 32	15, 19
	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5		35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18	19, 21, 11, 27	3, 1, 32		1, 35, 6, 27
	Энергия, расходуемая подвижным объектом		28, 27, 18, 31			3, 35, 31	10, 36, 23			10, 2, 22, 37
	Энергия, расходуемая неподвижным объектом									

Приложение 1-11. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий

	Ухудшаемый параметр									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Улучшаемый параметр	Мощность	Потери энергии	Потери вещества	Потери информации	Потери времени	Количество вещества	Надежность	Точность измерения	Точность изготовления	Вредные факторы, действующие на объект извне
21	Мощность	10, 35, 38	28, 27, 18, 38	10, 19,	35, 20, 10, 6	4, 34, 19	19, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	19, 22, 31, 2
22	Потери энергии	3, 38	35, 27, 2, 37	19, 10	10, 18, 32, 7	7, 18, 25	11, 10, 35	32		21, 22, 35, 2
23	Потери вещества	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31		15, 18, 35, 10	6, 3, 10, 24	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 40
24	Потери информации	10, 19	19, 10		24, 26, 28, 32	24, 28, 35	10, 28, 23			22, 10, 1
25	Потери времени	35, 20, 10, 6	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 32		35, 38, 18, 16	10, 30, 4	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34
26	Количество вещества	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35		18, 3, 28, 40	3, 2, 28	33, 30	35, 33, 29, 31
27	Надежность	21, 11, 26, 31	10, 11, 26, 31	10, 35, 29, 39	10, 28	21, 28, 40, 3		32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40
28	Точность измерения	3, 6, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28	24, 34, 28, 32	2, 6, 32	5, 11, 1, 23			28, 24, 22, 26
29	Точность изготовления	32, 2	13, 32, 2	35, 31, 10, 24	32, 26, 28, 18	32, 30	11, 32, 1			26, 28, 10, 36
30	Вредные факторы, действующие на объект извне	19, 22, 31, 2	21, 22, 35, 2	33, 22, 19, 40	22, 10, 2	35, 33, 29, 31	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18	

Приложение 1-12. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий

	Ухудшаемый параметр									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Улучшаемый параметр	Мощность	Потери энергии	Потери вещества	Потери информации	Потери времени	Качество вещества	Надежность	Точность измерения	Точность изготовления	Средние факторы на объекте извне
31	Вредные факторы, генерируемые самим объектом	2, 35, 18	21, 35, 2, 22	10, 1, 34	10, 21, 29	1, 22	3, 24, 39, 1	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26
32	Удобство изготовления	27, 1, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24	1, 35, 12, 18		24, 2
33	Удобство эксплуатации	35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22	4, 28, 10, 34	12, 35	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23
34	Удобство ремонта	15, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27		32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10
35	Адаптация, универсальность	19, 1, 29	18, 15, 1	15, 10, 2, 13		35, 28	3, 35, 15	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10	35, 11, 32, 31
36	Сложность устройства	20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 2	35, 10, 28, 29		6, 29	13, 3, 27, 10	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	26, 24, 32
37	Сложность контроля и измерения	19, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28	22, 19, 29, 28
38	Степень автоматизации	28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33	24, 28, 35, 30	35, 13	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23
39	Производительность	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23		35, 38	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	18, 10, 32, 1

Приложение 1-13. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий

	Ухудшаемый параметр									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
Улучшаемый параметр	Бредные факторы, генераторы, самими объектом	Удобство изготовления	Удобство эксплуатации	Удобство ремонта	Адаптация, универсальность	Сложность устройства	Сложность и контроль измерения	Степень автоматизации	Прозводительность	
	1	Вес подвижного объекта	27, 28, 1, 36	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
	2	Вес неподвижного объекта	28, 1, 9	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35
	3	Длина подвижного объекта	1, 29, 17	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29
	4	Длина неподвижного объекта	15, 17, 27	2, 25	2, 25	3	1, 26	26		30, 14, 7, 26
	5	Площадь подвижного объекта	13, 1, 26, 24	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2
	6	Площадь неподвижного объекта	22, 1, 40	40, 16	16, 4	16	1, 8, 36	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7
	7	Объем подвижного объекта	17, 2, 40, 1	29, 1, 40	15, 13, 30, 12	10	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34
	8	Объем неподвижного объекта	30, 18, 35, 4	35		1	1, 31	2, 17, 26		35, 37, 10, 2
	9	Скорость	2, 24, 35, 21	35, 13, 8, 1	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	10, 18	
10	Сила	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	32, 8, 35, 37	

Приложение 1-14. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий

	Улучшаемый параметр	Ухудшаемый параметр									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	
11	Напряжение, давление	Вредные факторы, генераторы, шумные объекты	Удобство изготовления	Удобство эксплуатации	Удобство ремонта	Адаптация, универсальность	Сложность устройства	Сложность и контроль измерения	Степень автоматизации	Производительность	
12	Форма	35, 1	1, 32, 17, 28	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10	
13	Устойчивость состава объекта	35, 40, 27, 39	35, 19	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3	
14	Прочность	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	32, 40, 28, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 28	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14	
15	Продолжительность действия подвижного объекта	21, 39, 16, 22	27, 1, 4	12, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19	
16	Продолжительность действия неподвижного объекта	22	35, 10	1	1	2		25, 34, 6, 35	1	20, 10, 16, 38	
17	Температура	22, 35, 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27	2, 17, 16	3, 27, 35, 31	26, 2, 19, 16	15, 28, 35	
18	Освещенность	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16	
19	Энергия, расходуемая подвижным объектом	2, 35, 6	28, 26, 30	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	2, 29, 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28, 35	
20	Энергия, расходуемая неподвижным объектом	19, 22, 18	1, 4					19, 35, 16, 25		1, 6	

Приложение 1-16. Таблица применения типовых приемов устранения технических противоречий

Улучшаемый параметр	Ухудшаемый параметр										
	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
Вредные факторы, генерируемые самим объектом	Вредные факторы, генерируемые самим объектом	Удобство изготовления	Удобство эксплуатации	Удобство ремонта	Адаптация, универсальность	Сложность устройства	Сложность контроля и измерения	Степень автоматизации	Производительность	Производимость	
31						19, 1, 31	2, 21, 27, 1	2	22, 35, 18, 39		
32			2, 5, 13, 16	35, 1, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28		
33		2, 5, 12		12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 26, 12, 17		1, 34, 12, 3	15, 1, 28		
34		1, 35, 11, 10	1, 12, 26, 15		7, 1, 4, 16	35, 1, 13, 11		34, 35, 7, 13	1, 32, 10		
35		1, 13, 31	15, 34, 1, 16	1, 16, 7, 4		15, 29, 37, 28	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37		
36	19, 1	27, 26, 1, 13	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37		15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28		
37	2, 21	5, 28, 11, 29	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10, 37, 28		34, 21	35, 18		
38	2	1, 26, 13	1, 12, 34, 3	1, 35, 13	27, 4, 1, 35	15, 24, 10	34, 27, 25		5, 12, 35, 26		
39	35, 22, 18, 39	35, 28, 2, 24	1, 28, 7, 19	1, 32, 10, 25	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26			

Приложение 2. Указатель применения физических эффектов и явлений при решении изобретательских задач

Требуемое действие, свойство	Физический эффект, явление
Изменение температуры	Тепловое расширение и вызванное им изменение собственной частоты колебаний. Фазовые переходы. Изменение магнитных, электрических и оптических свойств. Пиро- и термоэлектрические эффекты. Термострикция. Термокапиллярный эффект. Жидкие кристаллы.
Получение холода (вывод тепловой энергии из системы)	Фазовые переходы. Сорбция. Механокалорический эффект. Магнитокалорический эффект. Эффект Джоуля-Томсона. Излучение. Термоэлектрические и термомагнитные явления. Диффузия.
Получение тепла (ввод тепловой энергии в систему)	Трение. Сорбция. Механокалорический эффект. Скачок уплотнения. Тепловое действие токов и полей. Термоэлектрические и термомагнитные явления. Разряды в газах. Излучение. Диффузия. Ультразвуковой нагрев.
Стабилизация температуры	Фазовые переходы.
Индикация положения и перемещения объекта	Реверберация. Ультразвук. Эффект Доплера-Физо. Интерференция. Голография. Пьезоэлектрический эффект. Оптические методы индикации. Механооптические явления. Поляризация. ЯМР. Магнитная индукция. Радиоактивные и другие метки.
Управление перемещением объектов	Гравитация. Тепловое расширение. Центробежные силы. Законы Архимеда и Бернулли. Подъемная сила. Резонанс. Звуковое давление. Действие электрических и магнитных полей. Световое давление.
Управление движением жидкости, газа	Центробежные силы. Поверхностные явления, капиллярность. Осмос. Течение жидкости и газа. Эффект Томса. Эффект Коанда. Волновое движение. Электродинамические явления. Воздействие электрических и магнитных полей с ферромагнитными добавками. Световое давление. Ионизация.
Управление потоками аэрозолей, взвесей	Центробежные силы. Силы инерции и гравитации. Действие ультразвука. Воздействие электрических и магнитных полей. Световое давление. Фото- и термофорез, конвекция.

Получение смесей. Образование растворов	Диффузия. Акустическая кавитация. Колебания, ультразвук. Электрофорез.
Разделение смесей	Гравитация. Центробежные силы. Капиллярный полупроводник. Фазовые переходы. Сорбция. Диффузия. Осмос. Ультразвук. Стоячие волны. Резонанс. Трибоэлектричество. Электроосмос и электрофорез.
Стабилизация положения объекта	Гироскопический эффект. Стабилизация в электрических и магнитных полях. Вязкоэлектрический эффект. Тепловое расширение.
Силовое воздействие. Регулирование сил. Создание больших давлений	Силы инерции. Гравитация. Тепловое расширение. Фазовые переходы. Фотоадсорбционный эффект. Гидростатика и гидродинамика. Осмос. Воздействие электрических и других полей. Пьезоэффект и магнитострикция. Световое и звуковое давление. Упругие деформации.
Разрушение объекта	Силы инерции. Эффект Баушингера. Кавитация. Гидравлические удары. Ультразвук. Резонанс. Пробой диэлектриков. Лазеры.
Аккумулирование механической и тепловой энергии	Инерция. Фазовые переходы. Деформации. Пьезоэффект. Радиотермолюминесценция. Потенциальная энергия в поле гравитации.
Передача энергии	Эффект Александра. Тепломассообмен. Ультразвук. Волновое движение. Взаимная индукция. Электромеханические эффекты. Взаимодействие электронов с веществом. Излучение. Лазеры. Сверхпроводимость. Световоды. Тепловые трубы. Гидравлические удары.
Измерение размеров объекта	Зависимость частоты собственных колебаний от размеров. Электропроводность. Магнитошумовая размерометрия. Магнитная индукция. Суперпарамагнетизм. Оптические и акустические методы. Разряды. Упругое рассеяние электронов.
Изменение размеров и формы объекта	Деформация. Тепловое расширение. Фазовые переходы. Электро- и магнитомеханические эффекты. Нейтронное распухание.
Контроль состояния и свойств поверхности	Трение. Поверхностные явления. Оптические методы. Электрические методы.
Изменение поверхностных свойств	Управление трением. Фазовые переходы. Поверхностные явления. Сорбция. Диффузия. Эффект Баушингера. Эффект Томса. Ультразвук. Поверхностный эффект. Разряды. Облучение.

Контроль состояния и свойств в объеме	Инерция. Закон Архимеда. Сводные колебания. Дефектоскопия. Электромагнитные методы. Оптические методы.
Изменение объемных свойств	Фазовые переходы. Электрические и магнитные поля. Ультразвук. Ионизация. Облучение. Изменение оптических свойств.
Создание и стабилизация заданной структуры	Волновые явления. Муаровый эффект. Фазовые переходы. Кавитация.
Индикация электрических и магнитных полей	Движение зарядов. Изменение параметров веществ.
Индикация излучения	Нагрев вещества излучением. Фотоэлектрические и фотохимические явления. Люминесценция. Ионизация. Оптико-акустический эффект. Явления микромира.
Генерация электромагнитного излучения	Эффект Джозефсона. Люминесценция. Электрические методы. Другие методы.
Управление электромагнитными полями	Электростатическая индукция. Экранирование. Суперпроводимость. Электромагнитная индукция. Электрокалорический эффект. Пьезомагнетики и пьезоэлектрики. Магнитоэлектрики. Контактные, термоэлектрические и эмиссионные явления. Гальвано и термомагнитные явления. Электрокинетические явления. Фотоэлектрические явления.
Управление светом	Отражение и преломление света. Влияние анизотропии. Нелинейные эффекты.
Инициирование и интенсификация химических превращений	Скачок уплотнения. Кавитация. Ультразвук и волновое движение. Разряды. Излучения.

Приложение 3. Указатель применения химических эффектов и явлений при решении изобретательских задач

Требуемое действие, свойство	Химический эффект, явление, типы реакций, вещества
Измерение температуры	Термохромные реакции. Сдвиг химического равновесия при изменении температуры. Хемиллюминесценция.
Получение холода (вывод тепловой энергии из системы)	Разложение газогидратов. С помощью гидридов. Эндотермические реакции. При растворении. Разложение газов.
Получение тепла (ввод тепловой энергии в систему)	Горение. Использование термитных составов. Сжигание газовых гидратов. Сжигание водорода. С помощью гидридов. Энергоемкие вещества. Экзотермические реакции. СВС. С использованием сильных окислителей. При разложении озона.
Стабилизация температуры	Использование гидридов металлов. Применение тепловой изоляции из вспененных полимеров.
Изменение массы	Транспортные реакции. Термохимический метод. Перевод в химически связанный вид. Перевод в гидратное состояние. Перевод в гидридное состояние. В экзотермических реакциях.
Изменение электрических свойств	Гидрирование. Восстановление окисей. Растворение солей. При СВС. Нейтрализация электрических зарядов. При смещении химического равновесия. Электризация окислением. Газов при радиоактивном облучении. Электрохромов. Гидрофильный слой. Комплексоны.
Изменение оптических свойств	Восстановление окисей. Цвета. Генерация света. Изменение светопропускания. В мономолекулярных слоях.
Изменение магнитных свойств	Гидрирование. При СВС. Окислителей. В кластерах.
Изменение биологических свойств	Перевод в химически связанный вид. Озонированием. Гидрофильность-гидрофобность. Комплексоны.
Индикация положения и перемещения объекта	Использование меток на основе веществ-красителей. Хемиллюминесценция. Реакции с выделением газов.
Индикация текущей информации о веществе	Водороде. Металлоорганических примесях в газе. Озоне. Хемиллюминесценция в реакциях окисления. Флуоресценция. Гидрофотография. Гидродинамика потоков.
Управление пере-	Реакции с выделением газов. Горение. Взрыв. Примене-

мещением объектов	ние поверхностно-активных веществ. Электролиз.
Управление движением жидкости, газа	Использование полупроницаемых мембран. Транспортные реакции. Реакции с выделением газа. Взрыв.
Управление потоками аэрозолей, взвесей	Распыление веществ, химически взаимодействующих с частицами аэрозоли. Использование коагулянтов.
Перенос в пространстве	Транспортные реакции. Термохимический метод. В гидратном состоянии. В сжатых газах. В гидридах. В виде части будущего соединения. В адсорбентах. В виде взрывчатых смесей. Молекулярная самосборка. Комплексоны. Жидкие мембраны.
Транспорт одного вещества сквозь другое	Транспортные реакции. Термохимический метод. В химически связанном виде. В сжатых газах. В гидридах. Водород сквозь металлы. В термохимических реакциях. С использованием фазового перехода. При смещении химического равновесия. В адсорбированном виде. Полупроницаемые мембраны. Комплексоны. Жидкие мембраны.
Получение смесей. Образование растворов. Превращение двух и более веществ в одно	Смеси из химически не взаимодействующих веществ. Синергетический эффект. 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.
Соединение разнородных веществ (уплотнение, закупорка)	С помощью гидратов. С помощью гидридов. Сваркой. Плавление-затвердевание. Молекулярная самосборка.
Разделение вещества	Электролиз. Перевод одного из компонентов в другое состояние (в том числе фазовое). 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.
Стабилизация положения объекта	Реакции полимеризации (использование клеев, жидкого стекла, самотвердеющих пластмасс). Использование гелей. Применение поверхностно-активных веществ. Рас-

	творение связи.
Силовое воздействие. Регулирование сил. Создание больших и малых давлений	Взрыв. Разложение газогидратов. Разложение гидридов. Разупрочнение металлов при наводораживании. Разбухание металлов при наводораживании. При разложении жидкого озона. Реакции с выделением газа. Реакции полимеризации.
Энергетические воздействия на вещество	Коронный разряд. Радиоактивное излучение. Кавитация. УФ-свет. Электрическое поле. Электрический ток. Электромагнитное поле. ИК-свет. СВЧ-разряд. Видимый свет. Тепловая энергия.
Изменение трения	Восстановление металла из соединения. Электролиз (с выделением газов). Использование поверхностно-активных веществ и полимерных покрытий. Гидрирование.
Получение новых веществ (синтез)	Транспортные реакции. Термохимический метод. Химическое связывание газов. Газовые гидраты. Гидриды. Восстановление из окисей. Экзотермические реакции. Термохимические реакции. Соединение взаимоактивных веществ. При смещении химического равновесия. Озонирование. Использование окислителей, сверхокислителей, озонидов. Молекулярная самосборка. Комплексоны.
Разрушение объекта	Растворение. Реакции окисления – восстановления. Горение. Взрыв. Фото- и электрохимические реакции. Транспортные реакции. Разложение вещества на компоненты. Гидрирование. Смещение химического равновесия в смесях.
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 взаимоактивных веществ. Окисление. Взрыв. Комплексоны.
Аккумулирование механической, тепловой и электрической энергии	В химических реакциях. При фазовых переходах. Растворение. Разложение вещества на компоненты (для хранения). Электрохимические реакции. Хемомеханический эффект.
Аккумулирование холода	В гидридах.
Аккумулирование световой энергии	Фотохромизм.
Передача энергии	Экзо- и эндотермические реакции. Растворение. Хими-

	люминесценция. Транспортные реакции. В гидридных аккумуляторах. Гидриды. Электрохимические реакции. Преобразование энергии из одного вида в другой, более «удобный» для передачи.
Транспорт (сток) статического электричества	Металлизация тканей. Обработка озоном. Гидрофильное покрытие.
Установление взаимодействия между подвижными и неподвижными объектами	Перемешивание. Транспортные реакции. Смещение химического равновесия. Гидрирование. Молекулярная самосборка. Хемилюминесценция. Электролиз. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.
Измерение размеров объекта	По скорости и времени его химического взаимодействия с окружающей средой.
Изменение размеров и формы объекта	Транспортные реакции. Термохимическая обработка. Газовые гидраты. Сжатые газы. Гидриды. Плавление-затвердевание. Электролиз. Использование эластичных и пластичных веществ. Перевод в химически связанный вид. В экзотермических реакциях. В термохимических реакциях. Реакции окисления – восстановления. Горение. Растворение. При взрыве.
Контроль состояния и свойств поверхности	Радикало-рекомбинационная люминесценция. Использование гидрофильных и гидрофобных веществ. Реакции окисления – восстановления. Использование фото-, электро-, термохромов.
Изменение поверхностных свойств	Транспортные реакции. В гидратном состоянии. С помощью гидридов. Окисление-восстановление. Соединением взаимоактивных веществ. Обменные реакции. Фотохромов. Электрохромов. Молекулярная самосборка. Применение поверхностно-активных веществ. Гидрофильность-гидрофобность. Жидкие мембраны. Электролиз. Травление. Использование лаков.
Контроль состояния и свойств в объеме	Реакции с применением цветореагирующих веществ или веществ-индикаторов. Химические реакции с изменением цвета. Образование гелей.
Изменение концентрации	Химические реакции, приводящие к изменению состава вещества, из которого изготовлен объект (окислительные, восстановительные реакции, реакции обмена). Горение. Транспортные реакции. Перевод в химически связанный вид и выделение. Растворение. Разбавление раствора. Перевод в гидратное состояние. В сжатых газах. В гидридах. Смещение химического равновесия. Адсорб-

	ция-десорбция. Полупроницаемые мембраны. Комплексоны. Жидкие мембраны. Использование гелей.
Изменение удельного веса	Перевод в химически связанный вид. Перевод в гидратное состояние. Гидриды.
Создание заданной структуры. Стабилизация структуры объекта	Электрохимические реакции. Транспортные реакции. Газовые гидраты. Гидриды. Молекулярная самосборка. Комплексоны.
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.
Сборка вещества из атомов	Транспортные реакции. Выделение из химически связанного вида. Выделение из сжатых газов. Из гидридов. Восстановление из окисей. СВС. Соединение взаимоактивных веществ. Молекулярная самосборка. Полупроницаемые мембраны. Переход молекула-агрегат. Комплексоны. Жидкие мембраны.
Получение веществ с хорошо организованной структурой, получение чистых веществ)	Транспортные реакции. В химически связанном виде. Выделение из сжатых газов. Из гидридов. СВС. Молекулярная самосборка. Комплексоны. Жидкие мембраны.
Индикация электрических полей	Электролиз. Электрохимические (в том числе – электрохромные) реакции.
Индикация информации об энергии	Тепловой при фазовом переходе. Тепловой в термохромах. Коронного разряда по образованию озона. Радиоактивного излучения по образованию озона. Радиоактивного излучения в радиохромах. Видимого излучения в фотохромах. УФ-излучения в фотохромах.
Генерация электромагнитного излучения	Реакция горения. Хемилюминесценция. Химические реакции в газах – активной среде лазеров. Люминесценция. Биолюминесценция.
Управление электромагнитными полями	Растворение с образованием электролита. Выделение металлов из окислов и солей. Электролиз.
Управление потоками света. Модуляции света	Фотохромизм. Электрохимические реакции. Реакции обратимого электроосаждения. Периодические реакции. Реакции горения.
Инициирование и интенсификация	Катализ. Использование более сильных окислителей, восстановителей. Возбуждение молекул. Разделение

химических превращений	продуктов реакции. Использование омрагниченной воды.
Анализ состава тел	Реакции окисления, восстановления. Использование веществ-индикаторов.
Обезвоживание	Перевод в гидратное состояние. Гидрирование. Использование молекулярных мембран.
Изменение фазового состояния	Транспортные реакции. Термохимическая обработка. Химическое связывание газов. Реакции с выделением газов. Газовые гидраты. Сжатые газы. Гидриды. Плавление-затвердевание. Растворение солей. Выделение из растворов. Адсорбция-десорбция. Фотохромов. Разложение. Использование гелей. Сжигание.
Замедление и предотвращение химических превращений	Ингибиторы. Использование инертных газов. Использование веществ-протекторов. Изменение поверхностных свойств.
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. При СВС. Смещение химического равновесия. Озонирование. В фотохромах. Гидрофильность-гидрофобность. Перевод в микросостояние. Комплексоны. Жидкие мембраны.
Обезвреживание (деструкция)	Перевод в химически связанный вид. Перевод в гидратное состояние. В сжатых газах. Гидрирование. Экзотермические реакции. Термохимические реакции. Растворение. Озонирование. Комплексоны. Жидкие мембраны.
Стабилизация (временное уменьшение активности)	Химическое связывание газов. Перевод в гидратное состояние. В сжатых газах. В гидридах. Плавление-затвердевание. В адсорбентах. Комплексоны.
Предохранение одного вещества от проникновения другого	Путем химического связывания одного из них. Защита гидратами. Растворением в сжатых газах. Защита гидридами. Сжиганием. Окислением. От окислителей. Гидрофильность-гидрофобность. Полупроницаемые мембраны. Жидкие мембраны.
Организация замкнутого цикла по веществу (поглощение - выделение)	Транспортные реакции. Химическое связывание-выделение газов. Растворение в сжатых газах. Гидриды. Адсорбция-десорбция. С помощью озонидов. В электрохромах. Комплексоны. Жидкие мембраны.

Приложение 4. Указатель применения геометрических эффектов при решении изобретательских задач

Требуемое действие, свойство	Геометрический эффект
Уменьшение или увеличение объема тела при неизменной массе	Плотная упаковка элементов. Гофры. Однолопастный гиперболоид
Уменьшение или увеличение площади или длины тела при той же массе	Многоэтажная компоновка. Гофры. Использовать фигуры с переменным сечением. Лента Мебиуса. Использовать соседние площади
Преобразование одного вида движения в другой	Треугольник Рело. Конусообразная трамбовка. Кривошипно-шатунная передача
Концентрация потока энергии, частиц	Параболоид, эллипс, циклоида
Интенсификация процесса	Переход от обработки по линии к обработке по поверхности. Лента Мебиуса. Эксцентриситет. Гофры. Винт. Щетки
Снижение потерь энергии или вещества	Гофры. Изменение сечения рабочих поверхностей. Лента Мебиуса
Повышение точности обработки	Специальный подбор формы или траектории движения обрабатывающего инструмента. Щетки
Повышение управляемости	Щетки. Гиперболоид. Спираль. Треугольник. Использование объектов меняющейся формы. Перейти от поступательного движения к вращательному. Несоосный винтовой механизм
Снижение управляемости	Эксцентриситет. Замена круглых объектов на многоугольные
Повышение срока службы, надежности	Лента Мебиуса. Изменение площади контакта. Специальный выбор формы
Снижение затрат	Принцип подобия. Конформные отображения. Гиперболоид. Использование комбинации простых геометрических форм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения. М.: Московский рабочий, 1973. 296 с.
2. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. М.: Советское радио, 1979. 176 с.
3. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Новосибирск: Наука, 1986. 209 с.
4. Альтшуллер Г.С. Маленькие необъятные миры. Стандарты на решение изобретательских задач. В кн. Нить в Лабиринте. Петрозаводск: Карелия, 1988. С. 165-230.
5. Денисов С., Ефимов В., Зубарев В., Кустов В. Указатель физических эффектов и явлений для изобретателей и рационализаторов. Обнинск, 1977. 214 с.
6. Лисичкин Г.В., Бетанели В.И. Химики изобретают. М.: Просвещение, 1990. 112 с.
7. Михайлов В.А. Сборник химических задач по ТРИЗ. Чебоксары, ЧувГУ, 2004. 54 с.
8. Орлов М. Основы классической ТРИЗ. Практическое руководство для изобретательного мышления. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. 432 с.
9. Петров В. Базовый курс теории решения изобретательских задач. Учебное пособие. Тель-Авив, 2002. 438 с.
10. Подкатилин А.В. Не бросайтесь в проблему деньгами // Журнал «ТРИЗ-профи: Эффективные решения». 2005, №1, С. 10-17.
11. Саламатов Ю.П. Подвиги на молекулярном уровне. Химия помогает решать трудные изобретательские задачи. В кн. Нить в Лабиринте. Петрозаводск: Карелия, 1988. С. 95-163.
12. Саламатов Ю.П. Как стать изобретателем. Книга для учителя. М.: Просвещение, 1990. 240 с.
13. Фаер С.А. История двух задач // Журнал «ТРИЗ-профи: Эффективные решения». 2005, №1, С. 18-20.
14. Фильковский Л. Жизнь Генриха Альтшуллера // Журнал «ТРИЗ-профи: Эффективные решения». 2005, №1, С. 38-48.
15. Федотов Г.Н., Шалаев В.С. Изобретательские задачи с решениями по АРИЗ-71: учеб. пособие. М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2015. – 166 с.
16. Федотов Г.Н., Шалаев В.С. Вводно-ознакомительный курс лекций по теории решения изобретательских задач: учеб. пособие. М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2014. – 595 с.
17. Материалы с сайтов: <http://www.altshuller.ru>; <http://www.triz-profi.com>; <http://www.trizland.ru>; <http://www1.fips.ru/wps/portal>

*Геннадий Николаевич ФЕДОТОВ,
Валентин Сергеевич ШАЛАЕВ*

ВВОДНО-ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ КУРС ЛЕКЦИЙ ПО КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

Учебное пособие

Зав. редакцией инженерно-технической
литературы *Т. Ф. Гаврильева*
Выпускающие *Н. А. Крылова, Е. П. Королькова*

ЛР № 065466 от 21.10.97
Гигиенический сертификат 78.01.07.953.П.007216.04.10
от 21.04.2010 г., выдан ЦГСЭН в СПб

Издательство «ЛАНЬ»
lan@lanbook.ru; www.lanbook.com
196105, Санкт-Петербург, пр. Ю. Гагарина, д. 1, лит. А.
Тел./факс: (812) 336-25-09, 412-92-72.
Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

Подписано в печать 24.02.16.
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 84×108^{1/32}.
Печать офсетная. Усл. п. л. 18,48. Тираж 100 экз.

Заказ № 035-16.

Отпечатано в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета
в ПАО «Т8 Издательские Технологии».
109316, г. Москва, Волгоградский пр., д. 42, к. 5.