

ПОИСК НОВЫХ ИДЕЙ:
от озарения к технологии



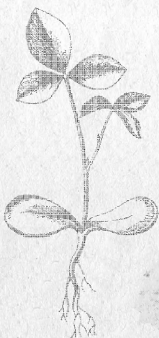
ИЗДАНИЕ
№ 8

ПОИСК НОВЫХ ИДЕЙ

Г.С.Альтшуллер, Б.Л.Злотин, А.В.Зусман, В.И.Филатов

ПОИСК НОВЫХ ИДЕЙ: ПОДСКАЗКИ К ТЕХНОЛОГИИ

(Теория и практика
решения
изобретательских
задач)



Кишинев
Карта Молдовеняскэ
1989

ББК 30У
П 44

Рецензент — директор Межотраслевого научно-технического центра
«Прогресс», лауреат премии ЛКСММ в области науки и техники
В. Н. Просяник

Редактор *В. Фрунзе*

2002000000—083
А—86—89
М751(10)—89
ISBN 5—362—00147—7

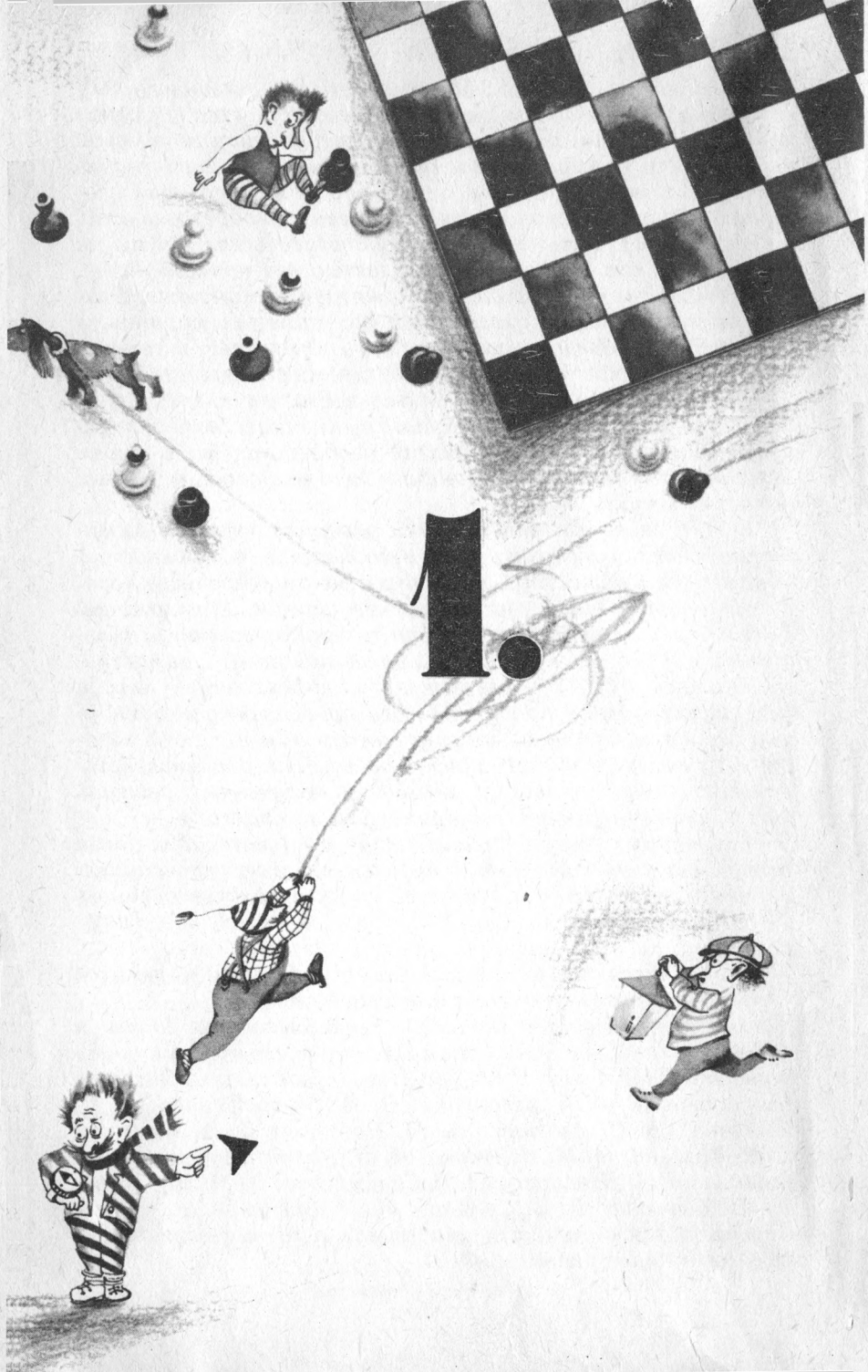
© Г. С. Альтшуллер, Б. Л. Злотин, А. В. Зусман, В. И. Филатов,
© Оформление. М. Андрухина,

Проблема повышения эффективности общественного производства — важнейшая задача нашего общества, решение которой возможно лишь при условии активизации творческой деятельности каждого из нас. В настоящей книге рассказывается, как можно подойти к этой проблеме с позиций созданной в нашей стране теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Речь пойдет об изобретательстве, но мы не ограничиваемся традиционной областью его приложения — техникой, а также юридическим понятием изобретения. Этимологический словарь утверждает, что термин «изобретение» происходит от древнерусского слова «обретение», и толкует его как создание чего-то нового, прежде неизвестного, в любой области человеческой деятельности: в технике, науке, искусстве, медицине, организации труда, общества и т. п. Из этого общечеловеческого понятия изобретения мы и будем исходить, тем более что принципы поиска нового в разных областях весьма близки.

В этой книге сделаны попытки раскрыть основное содержание ТРИЗ, рассказать о ее сегодняшних возможностях, показать ее перспективы развития и место в процессе перестройки нашего общества. Помимо теоретических положений ТРИЗ большое внимание уделено ее практическому использованию, в том числе и в рамках функционально-стоимостного анализа (ФСА) — современного эффективного метода совершенствования продукции. Все приведенные рекомендации основаны на большом практическом опыте работы авторов и их коллег в области применения ТРИЗ, обучения методологии изобретательства, внедрения полученных решений и т. п., проиллюстрированы примерами из практики.

Благодаря охвату большого количества материала книга может служить пособием для специалистов, проходящих обучение по ТРИЗ, а также для тех, кто захочет овладеть ТРИЗ самостоятельно. Она будет полезна всем, кто разрабатывает или совершенствует новую технику, встречается в своей деятельности с творческими задачами, стремится к увеличению доли творчества в своей работе.

Авторы благодарят коллег, специалистов по ТРИЗ и ФСА, чьи советы и конкретная помощь сделали возможным появление этой книги: В. М. Герасимова, совместно с которым был проведен ФСА мясорубки; В. В. Митрофанова, С. С. Литвина, Э. С. Злотину, В. М. Петрова, Л. А. Каплана, З. Е. Ройзена, И. М. Верткина, И. Л. Викентьева, В. С. Ладюшкина, Г. И. Иванова, Ю. П. Саламатова, В. М. Цурикова, Ю. В. Бычкова, В. В. Сычева, М. И. Бреннера и многих других, а также тех, кто участвовал в проведении описываемых в книге работ по ФСА.



От озарения к технологии

Как человек придумывает новое? Откуда берутся идеи изобретений, рационализаторских предложений? Почему порой очень нужная и, казалось бы, очевидная идея опаздывает на десятилетия, а другие появляются за столетия до их возможной реализации? Подобные вопросы волнуют в наше время многих. И нет недостатка в ответах — в работах психологов, в воспоминаниях ученых и изобретателей описывается примерно одно и то же: человек сталкивается со сложной проблемой, постоянно мысленно ищет решение, перебирая варианты, пробует, ошибается и наконец находит. Это и есть метод перебора вариантов или, как его чаще называют, метод проб и ошибок — древнейший способ поиска нового.

Методом проб и ошибок создавались первые кремнёвые ножи и луки, пушки и ветряные мельницы, здания и корабли. Поразительно совершенны ладьи русских поморов, китайские джонки и катамараны полинезийцев. Каждая их линия, каждая мельчайшая деталь имеет наилучшую из возможных форм. Однако раскопки показали, что еще 500 лет назад эти суда были несравненно хуже. Повторяя из столетия в столетие как-будто одни и те же очертания, строители тем не менее все время вносили какие-то изменения. Те, которые оказывались неудачными или чаще приводили к гибели кораблей, забывались, удачные — закреплялись. Это был долгий путь, подобный эволюции живой природы, требовавший больших жертв, гибели множества неудачных конструкций.

Но развитие техники ускорялось, и метод проб и ошибок становился все менее пригодным. Невозможно строить тысячи образцов, чтобы отобрать наилучшую конструкцию паровой машины или быстроходного крейсера. И тогда на помощь пришла наука — изучение и использование законов природы. Она позволила искать наилучший вариант при помощи расчетов, целенаправленных исследований.

Сегодня никому и в голову не придет строить новые машины на глазок, в расчете на то, что удастся угадать. И только в области поиска принципиально новых решений и идей, в области творчества, изобретательства все еще царит старый способ. Никакие ограничения при этом не признаются: можно проверять любые варианты. Практически, конечно, перебор начинают с привычных, традиционных вариантов, потом переходят к чему-то более «дикому». Когда рассмо-

трены сотни или тысячи вариантов, а решения нет, в ход идут случайные подсказки: например, взгляд случайно упал на чайник — нельзя ли использовать пар, кипяток...

Эффективность перебора зависит от сложности задачи, ее можно охарактеризовать количеством проб, которые необходимо сделать для получения гарантированного результата — решения задачи. История изобретательства показывает, что это количество может колебаться в очень широких пределах — от десятка проб для самых простых задач до сотен тысяч для сложных. Метод проб и ошибок достаточно эффективен, когда речь идет о необходимости перебрать десять-двадцать вариантов, а при решении более сложных задач приводит к большим потерям сил и времени.

Метод проб и ошибок не только неэффективен при решении сложных задач, но и затрудняет их постановку, так как обычно задача ставится в случайной, неточной формулировке, зачастую без необходимой информации, зато с избытком ненужной. Метод проб и ошибок не позволяет своевременно увидеть действительно важные проблемы и тем самым отодвигает их решение на десятилетия, а иногда и на столетия. Так менисковый телескоп, по признанию его изобретателя Д. Д. Максудова, мог быть создан еще во времена Декарта и Ньютона. Была потребность и была возможность создания такого телескопа. Задачу просто не увидели, до попыток ее решения дело дошло только в середине XX века. Флеминг, создатель пенициллина, утверждал, что его изобретение могло быть сделано лет на 20 раньше и спасло бы 20 миллионов жизней.

Неэффективность метода проб и ошибок для решения сложных задач долгое время компенсировали за счет увеличения числа людей, работающих над той или иной проблемой. Но к середине XX века стало очевидно, что даже самое полное использование людских ресурсов не может обеспечить необходимых темпов производства изобретений. Появилась общественная потребность в простых и доступных каждому методах поиска нового. Как мы знаем, спрос рождает предложение. Сегодня известно свыше полусотни различных методов поиска нового [1, 3]. Далеко не все они одинаково полезны. Среди них есть и непроверенные, надуманные, искусственно формализованные, не дающие никакого практического выхода. Ряд методов имеет ограниченное применение: в определенных условиях, для определенного типа задач.

Даже при решении одинаковых задач разные люди по-разному пробуют, по-своему ошибаются... Но есть и общие черты, свойственные всем. Поиск решений можно изобразить графически (рис. 1, а): человек находится в исходной

точке «задача», ему нужно прийти в точку «решение», но он не знает, где эта точка; он выбирает произвольное направление, делает одну попытку, вторую, третью, убедившись, что решения нет, меняет «курс» и делает новые попытки. Большинство из них сосредоточено в одном приблизительно направлении, привычном для решающего (чаще всего общепринятом, общеизвестном), которое получило название «вектор психологической инерции». А изобретательская задача потому и трудна, что ее решение — в новом, неожиданном направлении. Исходя из модели процесса поиска как серии более или менее случайных, осознанных или неосознанных последовательных проб, можно выделить две различные воз-

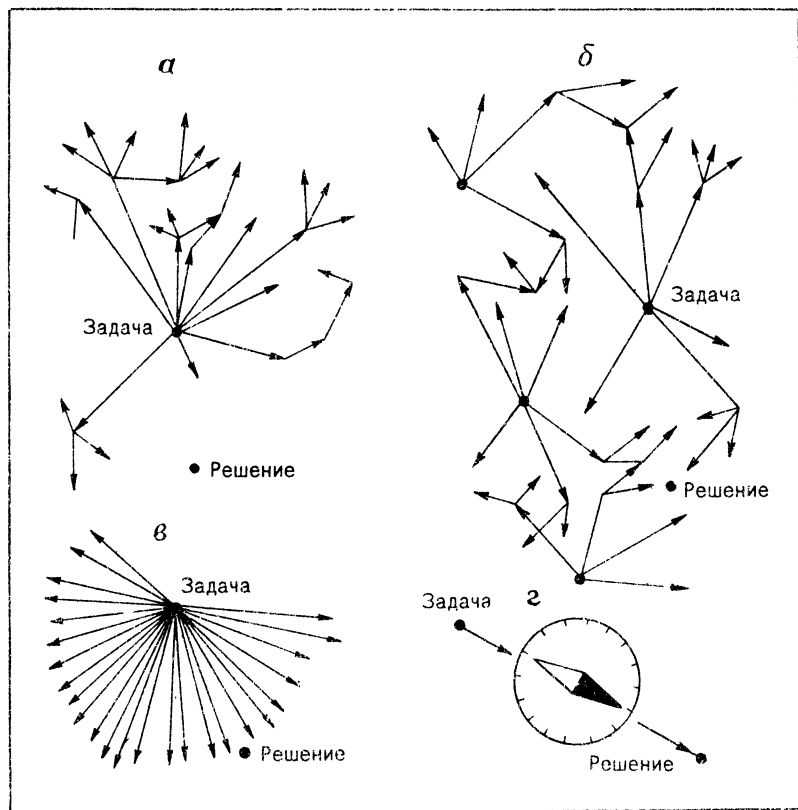


Рис. 1. Последовательность поиска новых решений при использовании различных методов поиска:

a — перебор вариантов методом проб и ошибок; *б* — увеличение хаотичности перебора вариантов (мозговой штурм, метод фокальных объектов, синектика и т. п.); *в* — систематизация перебора вариантов (морфологический анализ, контрольные вопросы, функциональный анализ и т. п.); *г* — направленный поиск решений (ТРИЗ)

возможности повышения его эффективности: увеличение хаотичности поиска и систематизация перебора вариантов.

К первой группе относятся специальные психологические методы, позволяющие избежать инерционной направленности поиска, вводящие элементы случайности, непредусмотренности, активизирующие ассоциативные способности человека, увеличивающие число проб (рис. 1,б). Это так называемые методы психологической активизации творчества. Наиболее известным из них, получившим широкое распространение во всем мире, является созданный А. Осборном (США) в конце тридцатых годов **мозговой штурм**, который часто называют мозговой атакой, или брейнстормингом (англ.) [1,3]. Известен ряд модификаций этого метода: групповое решение задач, конференция идей, массовая мозговая атака и т. д.

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

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

30—40 лет назад с мозговой атакой связывали большие надежды. И сегодня во многих публикациях можно прочитать, что овладеть техникой мозгового штурма просто, а результаты он дает очень высокие. В действительности это далеко не так. Именно кажущаяся простота, отсутствие подробных рекомендаций по технике ведения штурма и вызывают трудности. Мозговой штурм оказывается эффективным тогда, когда ведущий группы имеет большой опыт решения задач, владеет техникой общения и проведения коллектив-

ной работы, обладает личным обаянием, остроумием и многими другими качествами. Но и в этом случае с помощью мозгового штурма успешно решаются относительно несложные задачи. Чем задача сложнее, тем меньше вероятность ее решения из-за отсутствия в процессе работы критического анализа высказываемых идей и соответственно их развития. Тем не менее мозговой штурм помогает организовать коллективную работу, уменьшает психологическую инерцию членов группы.

Более эффективен **метод синектики**, разработанный У. Гордоном (США) в пятидесятые годы [1,3]. Синектика основана на мозговой атаке, которую ведут профессионалы, имеющие значительный опыт такой работы. При этом используют приемы, основанные на различных видах аналогии. При синекторной атаке допустима конструктивная критика.

Обучение синектике, согласно утверждениям специалистов, возможно только на практике, путем участия в работе уже подготовленных групп синекторов, прослушивания пленок заседаний синекторских групп. Такое обучение ведется фирмой «Синектикс инкорпорейтед» в США. Большинство синекторов прекращает свою деятельность через несколько лет работы, возможно потому, что она оказывает разрушающее влияние на их нервную систему [1]. По этим причинам можно считать бесперспективными и ненужными попытки внедрения синектики в нашей стране.

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

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

Данный метод применяется следующим образом:
выбирается совершенствуемый объект;
формируется цель его совершенствования;
выбираются из книг, каталогов, журналов несколько случайных объектов, записываются их признаки;
эти признаки переносятся на совершенствуемый объект.
Как правило, получаются интересные сочетания, из которых иногда рождаются новые идеи.

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

Ко второй группе относятся методы, позволяющие систематизировать перебор вариантов, увеличить их число, исключить свойственные ненаправленному поиску повторы, постоянный возврат к одним и тем же идеям (рис. 1, в). К методам систематизации перебора относятся в первую очередь **морфологический анализ** и его различные модификации, а также многочисленные списки контрольных вопросов.

Морфологический анализ создан швейцарским астрофизиком Ф. Цвикки, который применил этот подход в 30-е годы к решению астрофизических проблем и предсказал благодаря этому существование нейтронных звезд [1,3]. Сущность морфологического анализа заключается в стремлении систематически охватить все (или хотя бы главнейшие) варианты структуры совершенствуемого объекта, исключив влияние случайности. Метод включает следующие шаги:

выбирается объект;
составляется список основных характеристик или частей объекта;

для каждой характеристики или части перечисляются ее возможные исполнения;

выбираются наиболее интересные сочетания возможных исполнений всех частей объекта.

Анализ удобно вести с помощью многомерной таблицы, получившей название морфологического ящика, в которой выбранные характеристики или части объекта играют роль основных осей [1, 3, 8].

Наиболее существенным недостатком этого метода является чрезвычайно большое количество возможных комбинаций. Например, если в морфологическом ящике имеется 10 основных осей и по каждой из них возможно 10 вариантов исполнения (достаточно скромные требования), то число возможных комбинаций составит 10^{10} . Правил отбора нет, поэтому приходится действовать наугад. Между тем «силь-

ное» сочетание может «прятаться» среди миллионов слабых и вообще бессмысленных. Это резко снижает эффективность метода, но в тех случаях, когда система несложная и количество комбинаций невелико, он вполне применим, в особенности когда решение уже имеется, но нужно его развернуть, рассмотреть возможные варианты реализации.

Повысить эффективность поиска можно, заранее сформулировав наводящие вопросы (**метод контрольных вопросов**). Составлять списки таких вопросов пытались неоднократно. Среди них есть более-менее удачные, в том числе списки А. Осборна и Т. Эйлоарта [3].

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

Все упомянутые методы были созданы изобретателями-практиками. Между тем изучением изобретательства занимались и ученые. На протяжении целого столетия, с тех пор как началось сравнительно регулярное изучение творчества, внимание исследователей было сосредоточено на психологии изобретательства. Считалось (да и по сей день считается), что главное — это мыслительные процессы, происходящие в мозгу изобретателя. Исследуя их, надеялись понять, как появляются новые идеи. В лучшем случае допускалось, что, раскрыв «секреты» изобретательства, можно в какой-то мере повысить эффективность творчества. Но успеха на этом пути не было достигнуто. Нужен был другой подход.

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

Патентный фонд содержит описания миллионов изобретений. Каждое описание является документом, относящимся к эволюции техносферы. Изучение этих документов показывает, что жизнеспособными оказываются только такие изобретения, которые изменяют исходную систему в направлении, предписываемом законами развития технических систем. Знание закономерностей дает возможность резко сузить зону поиска, заменить угадывание научным подходом. Практи-

чески единственной в настоящее время методологией поиска новых решений, основанной на этом подходе, дающей стабильные положительные результаты при решении самых разных задач, доступной для массового изучения и использования в производственных условиях и не влияющей вредно на психику человека, является теория решения изобретательских задач.

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

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

Основными механизмами совершенствования и синтеза новых технических систем в ТРИЗ служат алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) и система стандартов на решение изобретательских задач. ТРИЗ располагает собственным методом анализа и записи преобразований систем — вепольным анализом. Особое значение в ТРИЗ имеет упорядоченный и постоянно пополняемый информационный фонд: указатели применения физических, химических и геометрических эффектов, банк типовых приемов устранения технических и физических противоречий.

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

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

Теоретические основы ТРИЗ

Изобретательские задачи. Уровни изобретений

Основная функция инженера — решение технических задач: проектирование электропривода насосной установки, расчет теплового режима трансформатора и т. п. Предполагается, что квалифицированный инженер знает, где взять сведения, необходимые для решения той или иной задачи, и как эти сведения использовать. Решение технических задач способствует количественному изменению техники. Для качественного изменения техники необходимо решение изобретательских задач, то есть таких задач, средства решения которых еще не зафиксированы в технической литературе, не воплощены в известных квалифицированному инженеру правилах, приемах, рекомендациях и т. д.

Задача 1. *При испытании новой конструкции парашюта применяют небольшой макет, устанавливая его в прозрачной трубе, по которой идет поток воды. Главное при таких испытаниях — киносъемка движения вихрей воды за всеми частями модели (купол, стропы). Как сделать эти вихри видимыми? Попробовали покрывать макет растворимой краской, но краска быстро смывается, и приходится часто прерывать испытания. Как быть?*

Данная техническая задача не поддается решению обычными способами, необходимо изобретение. Отметим две важные особенности:

1. **Неопределенность исходной формулировки**, позволяющая перейти к решению следующих задач:

нужна более эффективная краска для покрытия макета;

нужен новый способ покрытия макета имеющейся краской;

надо отказаться от применения краски и перестроить киносъемочную аппаратуру так, чтобы она фиксировала движение неокрашенной воды;

необходимо предложить неоптический способ исследования.

Исходную неопределенную формулировку проблемы принято называть **изобретательской ситуацией**. Изобретательская ситуация — это описание технической системы с ука-

занием на тот или иной недостаток: нет такого-то нужного свойства или, наоборот имеется такое-то ненужное (вредное) свойство. Многие трудности, возникающие при решении изобретательских задач, обусловлены попытками сразу осилить ситуацию — без обоснованного перехода от «вороха» задач к одной конкретной.

2. Возникновение противоречий при использовании обычных средств решения. Технические системы представляют собой целостные «организмы». Поэтому важнейшая особенность всякой изобретательской задачи состоит в том, что попытки улучшения одной части (функции, свойства) системы путем использования известных техники средств обычно приводят к недопустимому ухудшению других частей (функций, свойств) системы — возникает **противоречие**.

Пример. Вскоре после изобретения электроэрозионной обработки металлов началось производство электроэрозионных станков. Выяснилось, однако, что эти станки имеют существенный недостаток: электрический разряд воздействует и на изделие, и на инструмент. Повышалась трудоемкость обработки, приходилось часто менять изношенный инструмент. Возникла изобретательная ситуация. Эту ситуацию вначале пытались свести к задаче быстрого восстановления изношенных инструментов (их выполняли из мягкой меди или латуни). Между тем росли требования к качеству обработки, а эрозия инструмента, даже на начальном этапе, мешала получить требуемую точность. Была поставлена другая задача — не допустить износа инструмента. Инженеры предложили пойти обычным путем: ввести в схему электроискрового контура станка дополнительное сопротивление и тем самым растянуть время разряда импульса тока. Это позволило уменьшить износ инструмента, но катастрофически упала производительность обработки. Выигрыш в одном привел к проигрышу в другом.

В зависимости от степени сложности изобретательских задач можно выделить 5 уровней изобретений:

Первый уровень — мальчайшие изобретения, не связанные с устранением противоречий. Задача и средства ее решения лежат в пределах одной профессии, поэтому она под силу каждому специалисту. Число вариантов, которое необходимо рассмотреть для решения, невелико — обычно не более десяти.

Пример. Ковш одноковшового экскаватора со сплошной полукруглой режущей кромкой. Для обеспечения быстрой и удобной замены последняя выполнена из отдельных съемных секций, прикрепленных к передней стенке ковша.

Большую деталь трудно менять, поэтому предложен набор небольших деталей, каждую из которых легко заменить.

Второй уровень — мелкие изобретения, полученные в результате устранения противоречия способами, известными в данной отрасли (например, машиностроительная задача решается способами, уже известными в машиностроении, но применительно к другим техническим системам). При этом

меняется (частично) только один элемент системы. Для получения изобретения второго уровня обычно приходится рассмотреть несколько десятков вариантов решения.

Пример. Способ очистки газовой среды отсека корабля от вредных примесей путем введения вытесняющего агента. С целью повышения эффективности очистки, сокращения ее продолжительности и уменьшения расхода сжатого воздуха в качестве вытесняющего агента применяют пену.

Для очистки газовой среды отсека корабля приходилось многократно прокачивать воздух. И чем выше были требования к очистке, тем больше времени тратилось на ее проведение. Противоречие устранено введением вытесняющего вещества.

Третий уровень — средние изобретения. Противоречие преодолевается способами, известными в пределах одной науки («механическая» задача решается «механически», «химическая» — «химически» и т. д.). Полностью меняется один из элементов системы. Количество возможных вариантов измеряется сотнями.

Пример. Контроль внутренней полости чашеобразного изделия с помощью шаблонов. Чем больше сечений надо проверить, тем выше трудоемкость контроля. Было предложено использовать «жидкий» шаблон: в изделие заливают немного воды, фотографируют сечение, добавляют воду, снова фотографируют и т. д.

Такое применение жидкости не типично для измерений в машиностроении.

Четвертый уровень — крупные изобретения. Синтезируется новая техническая система. Поскольку она не содержит противоречий, иногда создается впечатление, что изобретение сделано без их преодоления. На самом же деле противоречия были, но они относились к прототипу — старой технической системе. В задачах четвертого уровня противоречия устраняются средствами, подчас далеко выходящими за пределы науки, к которой относится задача (например, «механическая» задача решается «химически»). Число вариантов — тысячи и даже десятки тысяч.

Пример. В процессе изготовления листового стекла раскаленная стеклянная лента поступает на роликовый транспортер. Чем меньше диаметр роликов, тем ровнее поверхность стекла. Однако с уменьшением диаметра роликов резко усложняется изготовление и эксплуатация конвейера. Приходится мириться с тем, что поверхность стекла получается волнистой, а потом полировать стеклянные листы. Было предложено вместо конвейера использовать ванну с расплавленным оловом. Изготовление такого «конвейера» несложно, транспортировка по нему сопровождается полированием поверхности изделия. Идея жидкого транспортера нашла в дальнейшем применение при решении ряда других задач.

Пятый уровень — крупнейшие изобретения. Синтезируется принципиально новая техническая система. Противоречий нет, поскольку еще нет и самой системы; противоречия

могут появиться лишь в процессе синтеза системы. Число рассмотренных вариантов практически неограниченно: для создания изобретения пятого уровня нужно предварительно сделать новое открытие. Обычно изобретение пятого уровня, несмотря на ценность идеи, само по себе нереализуемо. Для широкого применения необходимо подкрепить это изобретение решением ряда задач низших уровней. В результате создается новая отрасль техники. Примерами могут служить изобретение радио и создание радиотехники, изобретение фотографирования и создание фототехники и т. д.

Следует отметить, что приведенные выше характеристики изобретений носят статистический характер, поэтому определение уровня производится экспертным путем. При этом нередки случаи, когда изобретения характеризуются признаками, соответствующими двум соседним уровням. Для них могут быть введены дробные оценки. Например, к уровню 3,5 может быть отнесено изобретение, ряд характеристик которого соответствует третьему уровню, а другие — четвертому.

Конечно, приступая к решению задачи, изобретатель заранее не знает, сколько вариантов ему придется перебрать, так как одна и та же задача в зависимости от наложенных ограничений может быть решена на разных уровнях. Например, нужно устранить вибрацию электрического генератора. Одно из решений — установка упругих опор (подложили «подушку»). Если этому ничего не мешает, получили решение первого уровня (применение известного метода устранения вибраций). Система изменилась очень мало. Если же установка упругих опор не дает нужного результата либо по каким-то причинам недопустима, возможно решение на втором уровне — создание гидравлической демпферной системы, вероятно, с регулируемой жесткостью, с обратными связями. Решение третьего уровня изменяет исходную систему еще значительно — например, предлагается использовать вибратор, создающий колебания той же частоты и амплитуды, но в противоположной фазе. При наложении колебания взаимно уничтожаются. Решение четвертого уровня приводит к радикальным изменениям. Например, вместо опор используется магнитная подвеска; создается электрический генератор без вращающихся частей (виновников вибрации), то есть электрохимический или магнитогидродинамический. Для решения задачи на пятом уровне нужно сделать соответствующее открытие, например найти новый способ получения электроэнергии...

Может создаться впечатление, что изобретения первого уровня делаются очень легко — разве трудно перебрать де-

сяток-два вариантов? Тем не менее для многих инженеров даже это сложно. Они останавливаются на первом, в крайнем случае, втором—третьем варианте, и начинают его разрабатывать, не получив удовлетворительного решения. Такое явление — результат низкого уровня инженерного образования, его направленности на воспитание исполнителя, а не творца.

Для успешного развития техники необходимы разные изобретения, однако серьезно продвигают ее вперед лишь изобретения третьего и выше уровней. Соотношение количества изобретений разного уровня может характеризовать состояние конкретной отрасли и всей промышленности в целом. Так, анализ процентного соотношения количества изобретений разного уровня в СССР за 1965 и 1969 годы по 14 классам изобретений показал, что решения первого уровня составляли 32%, второго — 45, третьего — 19, четвертого — менее 4, пятого — менее 0,3%, то есть свыше трех четвертей всех зарегистрированных в нашей стране изобретений решали мелкие или мельчайшие задачи [3]. И это далеко не блестящее положение в дальнейшем еще ухудшилось. В 1982 году аналогичный анализ по трем классам изобретений дал соответственно 39, 55 и 6% (крупные и крупнейшие изобретения вообще отсутствовали) [7]. Измельчение изобретений — характерный симптом застоя в промышленности.

Очевидно, что нельзя с одним и тем же оружием охотиться на слона, мышь, бактерию. Точно так же для решения задач на разном уровне необходимы разные инструменты и подходы. Если для получения решений первого уровня вполне достаточно здравого смысла и имеющейся у каждого информации, то для решений более высоких уровней требуются специальные инструменты, созданные в рамках ТРИЗ.

Технические системы. Основные определения

Одной из характерных особенностей науки на современном этапе является широкое использование системного подхода, который ориентирует исследователя на раскрытие целостности объекта, выявление разнообразных связей, как внутренних, так и внешних, сведение в единую картину всех знаний об исследуемом объекте. Системный подход к развitiю техники — один из основных принципов ТРИЗ в приложении к изобретательству — означает умение видеть, воспринимать, представлять как единое целое систему во всей ее сложности, со всеми связями, изменениями, сочетая раз-

ные, но взаимодополняющие друг друга подходы: компонентный, изучающий состав системы (наличие в ней подсистем, ее надсистемы); структурный (взаимное расположение подсистем в пространстве и во времени, связи между ними); функциональный (функциональные системы, взаимодействие ее подсистем); генетический (становление системы, последовательность ее развития, замена одной системы другой).

Модель изобретательского системного видения можно представить как многоэкранную схему мышления – серию экранов, на которых можно наблюдать как саму систему, так и ее над- и подсистемы, а также их историю и будущее (тенденции развития). Природным даром системного мышления обладают немногие (особоодаренные) люди. Однако, как показал опыт обучения ТРИЗ, при соответствующей тренировке овладеть им может каждый. Собственно говоря, большинство инструментов ТРИЗ, о которых пойдет речь дальше, представляют собой элементы этой схемы, ее «развертки».

Дадим несколько определений, необходимых для дальнейшего изложения материала.

Системой будем называть некоторое множество взаимосвязанных элементов, обладающее свойствами, не сводящимися к свойствам отдельных элементов. Так, система «самолет» обладает свойством летать, которым ни один из ее элементов в отдельности не обладает.

Понятие «система» может быть и условным, в зависимости от того, интересуется нас данное системное свойство или нет. Например, осколки потерпевшего аварию самолета не являются системой для случайного прохожего, но являются системой для комиссии, расследующей причины авиакатастрофы.

Системное свойство может быть полезным для человека (то свойство, ради которого система создана) и вредным, побочным, получившимся в результате создания системы наряду с полезным свойством. Очень часто появление вредного системного свойства оказывается неожиданным. Так, при параллельной работе нескольких электрических машин могут возникнуть вредные резонансные явления.

Неожиданное системное свойство может быть и полезным. Как правило, изобретение высокого уровня, в результате которого синтезирована новая система, кроме решения исходной задачи дает дополнительный положительный эффект.

Пример. Обследование сердца производится с помощью катетеров – тонких полиэтиленовых трубочек, которые вводятся через артерию в сердечную мышцу и подают в нее необходимое для рентгеноскопии контрастное вещество. Но было замечено, что иногда после этой процедуры самочув-

ствие больного улучшалось. Выяснилось, что катетер, проходя по сосуду, расширяет его и восстанавливает нарушенный кровоток. Тогда было предложено снабдить катетер надувным баллончиком, который можно раздуть, и тем самым расширить суженный участок сердца. В результате повышается его проходимость, и человек нередко избавляется от тяжелой операции на сердце.

Неожиданное положительное системное свойство получило название **«сверхэффект»**.

Новое системное свойство часто может быть получено без введения специальных элементов, только за счет того, что при объединении в систему исходные элементы «повернуты» нужным свойством «наружу», которое при этом многократно усиливается, а ненужные, вредные свойства при этом уничтожаются, компенсируются.

Пример. При перевозке стекла поверхность листов смазывают тонким слоем масла. В результате они слипаются в единый монолитный блок, обладающий гораздо более высокой прочностью, чем обычное стекло. Бой стекла при этом резко уменьшается.

Элементы, составляющие систему, называются **подсистемами**. Они, в свою очередь, являются системами для своих подсистем и т. д. Каждая система входит в некоторую **надсистему**. Электрическая машина состоит из подсистем: статора, ротора и т. д. Статор имеет свои подсистемы: обмотку, сердечник, выводы... Электрическая машина входит в надсистему «привод», который, в свою очередь, входит в надсистему еще более высокого ранга, например «станок» или «технологическая линия».

Если состав подсистем для конкретной системы достаточно определен, то надсистемы у нее могут быть разные, в зависимости от точки зрения. Та же электрическая машина может являться частью надсистемы «машины переменного тока» или «продукция данного завода» и т. д.

Таким образом, система, ее подсистемы и надсистемы образуют **иерархию** – расположение частей в порядке от низшего к высшему. Возможны и другие структуры, например **ретикулярная** (сетчатая), в которой все подсистемы связаны друг с другом сложными обратными связями, влияют друг на друга, и невозможно выделить однозначно какую-то иерархию.

Техническая система может состоять из элементов, каким-либо образом размещенных и связанных между собой в пространстве (устройств или веществ), либо из элементов, связанных между собой во времени (технологии, операций, процессов, способов). Например, технология изготовления статора электрической машины входит в надсистему «технология изготовления всей машины» включает ряд подсистем: «штамповка железа», «изготовление обмотки», «сборка»,

«прессовка» и т. д. Целью существования систем развернутых в пространстве, является произведение какого-то действия, процесса. Соответственно система, развернутая во времени, создается для производства или обработки веществ, устройств. Таким образом, оба вида систем неразрывно связаны, дополняют друг друга. Между теми и другими существует множество аналогий в развитии, поэтому в дальнейшем они будут рассматриваться параллельно.

Любая техническая система создается для выполнения некоторого комплекса полезных функций, достижения определенных целей. Среди них можно выделить **основные**, для выполнения которых, собственно, и создается система; **второстепенные**, отражающие побочные цели создателей системы; **вспомогательные**, обеспечивающие выполнение основных. Например, основная функция пылесоса – сбор пыли, второстепенные — использование при окраске помещений, в качестве табуретки (некоторые модели) и т. д. Вспомогательные функции — подача электроэнергии, сигнализация уровня запыленности, очищение пылесборника. Основные, второстепенные и вспомогательные функции неразрывно связаны между собой, образуя разветвленную иерархию, некоторое «дерево» функций объекта.

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

Кроме основных функциональных элементов в системе всегда присутствуют и вспомогательные элементы. К ним относятся так называемые системообразующие, которые обеспечивают существование системы как целого (корпуса, крепления, всякого рода шасси, печатные платы, основания и т. д.), а также подсистемы, обеспечивающие нормальную работу системы: защитные, сервисные и некоторые другие.

Понятие **«экологическая ниша системы»** означает место, занимаемое данной системой в техносфере, сумму выполняе-

мых функций и комплекс условий, необходимых для ее создания, существования и развития.

Техническая система называется **полной**, если она имеет все необходимое для выполнения своих функций без участия человека. Подавляющее большинство известных технических систем неполно.

За реализацию полезных функций технической системы необходимо расплачиваться.

Факторы расплаты включают различные затраты на создание, эксплуатацию и утилизацию системы, все, чем общество должно расплатиться за получение данной функции, в том числе и все создаваемые системой вредные функции. Например, в число факторов расплаты за перемещение людей и грузов автомобилями входят не только стоимость материалов и затраты труда на изготовление и эксплуатацию, но и вредное влияние автомобиля на окружающую среду как непосредственно, так и в процессе его производства (например, металлургические процессы); затраты на строительство гаражей; место, занятое гаражами, заводами и ремонтными предприятиями; гибель людей при авариях, связанные с ними психологические потрясения и т. д.

Как уже было отмечено, технические системы развиваются. Развитие – это «процесс перехода из одного состояния в другое, более совершенное, переход от старого качественного состояния к новому качественному состоянию, от простого к сложному, от низшего к высшему» (Ожегов С. И. Словарь русского языка. М.: Русский язык 1987). В ТРИЗ развитие технической системы понимается как процесс **увеличения степени идеальности** (I), которая определяется как отношение суммы выполняемых системой полезных функций (Φ_n) к сумме факторов расплаты (Φ_p):

$$I = \frac{\Sigma \Phi_n}{\Sigma \Phi_p} \rightarrow \infty.$$

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

«Развивающаяся техническая система» – достаточно сложная система, например завод или современный корабль, претерпевающий за время своего существования ряд последовательных модернизаций, либо ряд относительно простых систем, сменяющих друг друга в одной экологической нише и связанных общностью главной функции, отличающихся друг от друга направленным изменением каких-либо пара-

метров. Развивающейся технической системой является, например, множество разных авиадвигателей, последовательно сменяющих друг друга по мере развития самолета с увеличением абсолютной или удельной мощности.

Технические системы развиваются в соответствии с **законами развития технических систем**. Закон – это «необходимое, существенное, устойчивое, повторяющееся отношение между явлениями в природе и обществе» (Советский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1989).

Развитие систем описывается тремя группами законов: всеобщие или универсальные законы, справедливые для любой развивающейся системы независимо от ее природы, – законы диалектики;

законы, общие для достаточно многочисленных групп систем, например для всех развивающихся технических систем; частные законы, характерные только для определенного вида систем, например измерительных или транспортных.

Между общими и частными законами существует диалектическая связь: общие законы действуют через частные, а частные представляют собой конкретные проявления более общих.

Теория решения изобретательских задач изучает и практически использует законы второй и третьей групп. Рассмотрим ряд требований, которые позволяют из бесчисленного множества разных отношений выявить действительно «существенные, устойчивые, повторяющиеся»:

1. Законы развития технических систем должны отражать действительное развитие техники и, следовательно, выявляться и подтверждаться на базе достаточно большого объема патентной и технической информации, глубокого исследования истории развития различных технических систем.

2. Закон развития (отношение, существенное для развития) должен быть выявлен и подтвержден на базе фонда изобретений достаточно высокого уровня (не ниже третьего), так как изобретения низших уровней практически не меняют (или мало меняют) исходную систему и фактически не развивают ее.

3. Законы развития технических систем не должны противоречить законам диалектики, которые являются для первых надсистемой. Возможны внутренние противоречия между выявленными в соответствии с предыдущими требованиями законами (закономерностями). Они могут указывать на наличие еще каких-то, пока неясных закономерностей, регулирующих отношение выявленных законов.

4. Законы развития технических систем, составляющие теоретическое обоснование ТРИЗ, должны быть и **инстру-**

ментальны, то есть помогать находить новые конкретные инструменты решения задач, прогнозирования развития и т. п. и обеспечивать получение на их основе конкретных выводов и рекомендаций.

5. Каждый выявленный закон должен допускать возможность его проверки на практике по материалам патентного фонда и при решении практических задач и проблем.

6. Выявленные законы и закономерности должны иметь **«открытый» вид**, то есть допускать дальнейшее совершенствование по мере развития техники и накопления новых патентных материалов.

Итак, шесть требований: отражение реальности, существенность (опора на изобретения высокого уровня), системность, инструментальность, возможность проверки и открытость.

Первые законы развития технических систем были выявлены К. Марксом (хотя он и не ставил перед собой такой задачи). Изучая влияние техники на развитие экономики и общества, он сделал ряд фундаментальных обобщений. «Простые орудия, накопление орудий, сложные орудия; приведение в действие сложного орудия одним двигателем – руками человека, приведение этих инструментов в действие силами природы; машина; система машин, имеющая один двигатель, – вот ход развития машин» (К. Маркс. Нищета философии. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 4, с. 156).

Истории и закономерностям развития орудий и машин отведено значительное место в работах Ф. Энгельса. Это образцы диалектического анализа развития, выявления скрытых противоречий и их разрешения в результате эффективных изобретательских решений, в том числе в области различных систем оружия и организации армии.

В наше время исследованию закономерностей развития техники уделяется большое внимание. Попытки их выявления предприняты в работах Ю. С. Мелешенко, В. И. Белозерцева, А. И. Половинкина [11]. Однако приведенные там закономерности выявлены, как правило, не на базе анализа массивов патентной информации, а из общих соображений. Отсюда их неинструментальность, порой и несоответствие фактам.

Выявление закономерностей развития техники на базе статистического анализа патентного фонда было начато в рамках работы над ТРИЗ [2]. Первым результатом была общая схема развития технических систем, включающая различные уровни развития в зависимости от структуры – от досистемного этапа до создания системы саморазвиваю-

щихся систем, то есть этапа, которого в настоящее время не достигла ни одна из известных технических систем [3]. В схеме были указаны основные проблемы, трудности, конфликты на разных уровнях и этапах развития, типичные ошибки, допускаемые изобретателем при решении задач, а также правильные, закономерные пути дальнейшего развития.

Первая система законов развития технических систем, удовлетворяющих приведенным выше требованиям, была разработана в начале 70-х годов нашего века и включала три группы, условно названные «статика», «кинематика» и «динамика» [5].

Работа по выявлению, изучению и уточнению законов развития технических систем, отработке техники их применения продолжается.

Этапы развития технических систем

В прошлом веке были установлены некоторые общие закономерности развития различных биологических систем: рост численности колоний бактерий, популяций насекомых, массы развивающегося плода и т. п. в зависимости от времени. Кривые, отражающие этот рост, были похожи в первую очередь тем, что на каждой из них можно было довольно четко выделить три последовательных этапа: медленное нарастание, быстрый лавинообразный рост и стабилизация (иногда убывание) численности (или другой характеристики). В 20-х годах нашего столетия было показано, что аналогичные этапы проходят в своем развитии и различные технические системы. Кривые, построенные в системе координат, где по вертикали откладывали численные значения одной из главных эксплуатационных характеристик системы (например, скорость самолета, мощность электрогенератора и т. п.), а по горизонтали – «возраст» технической системы или затраты на ее развитие, получили название **S-образных** (по внешнему виду кривой, рис. 2, а). В многочисленных публикациях в СССР и за рубежом были приведены S-кривые развития для кораблей, тракторов, авиации, бумагоделательных машин и т. д. [11, 20]. Неоднократно предпринимались попытки математического описания и анализа этих кривых (так называемые кривые Гомпеша, Перла, логистические и т. п.). Однако следует помнить, что такие кривые – определенная идеализация; реальные технические системы, параметры которых использовались при их построении, создавались разными конструкторами, в разных условиях эксплуатировались, поэтому данные о них зачастую неточны.

S-кривые являются скорее удобной иллюстрацией качественного развития технических систем, и их анализ именно в этом плане дает наиболее интересные результаты.

Рассмотрим подробнее этапы развития технической системы.

«Рождение» и «детство» технической системы. Новая техническая система появляется на определенном уровне развития науки и техники, когда выполнены два главных условия: есть потребность в системе и имеются возможности ее реализации. Условия эти выполняются, как правило, одновременно, и обычно одно стимулирует появление другого. Например, осознанная обществом потребность направляет усилия уче-

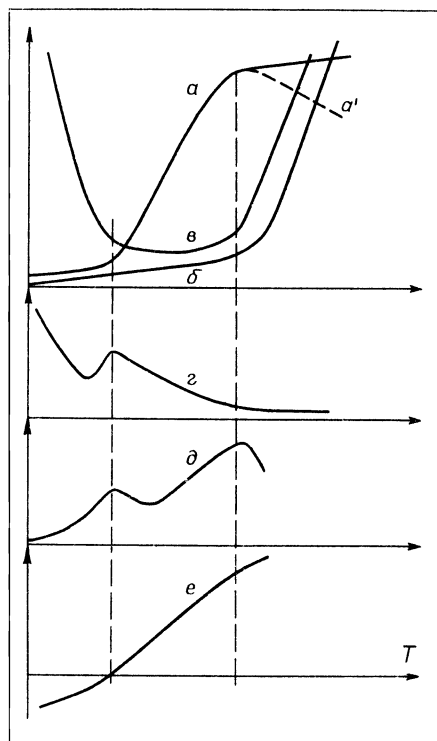


Рис. 2. Кривые развития технических систем:

a — классическая S-образная кривая для исходной системы; *a'* — реальная кривая развития, учитывающая ухудшение системы в период застоя; *б* — S-образная кривая для системы, сменяющей исходную; *в* — кривая изменения факторов расплаты; *г* — кривая изменения уровня изобретений; *д* — кривая изменения количества изобретений; *е* — кривая изменения экономического эффекта

ных и инженеров на ее реализацию, либо уже созданная система открывает новые возможности использования.

Обстоятельства рождения новой технической системы определяются уровнем ее новизны.

Наибольшей новизной обладает *пионерная система*, не имеющая аналогов, созданию которой нередко предшествуют многолетние мечты и чаяния человечества, отраженные в сказках (самолет, телевизор, радио и т. д.), неоднократные неудачные попытки, связанные с тем, что развитие науки и техники еще не достигло требуемого для ее создания уровня.

Принципиально новые системы создаются также для выполнения функций, ранее выполнявшихся человеком (например, механический суппорт, заменивший руки человека, державшего резец), и для замены уже существующей системы (например, полупроводниковый транзистор, пришедший на смену ламповому триоду).

Еще один вид новизны — принципиально новое применение существующих систем, часто дающих начало новой системе. Например, с прошлого века существовали электролизные установки для разложения воды. В тридцатых годах было обнаружено, что в них происходит повышение концентрации тяжелой воды (на основе дейтерия). В результате были созданы специальные электролизные установки для получения тяжелой воды, необходимой атомной промышленности.

Новая система обычно весьма примитивна, обладает массой недостатков, поэтому тут же начинается работа по ее совершенствованию; поиск наилучшей конструктивной реализации. Какое количество крыльев должно быть у самолета? Одна пара, две или девять (была и такая конструкция — девятиплан)? Толкающий или тянущий винт? Сколько двигателей и каких, где их размещать? Из какого материала строить? Происходит и выявление функциональных возможностей новой системы, не предполагаемых ранее. Новые свойства, возможности проявляются во взаимодействии с надсистемами, окружающей средой и т. п. «Живая» машина оказывается намного «богаче» проекта, творчество потребителя добавляется к творчеству создателя системы. Так, самолет возник как реализация мечты человека о полете, но после создания первых летающих машин оказалось, что их можно использовать для наблюдения с воздуха, транспортировки, боевых действий, а также в самых неожиданных случаях, например для лечения больных коклюшем, поднимая их на большую высоту.

Но все эти возможности осознаются обществом не сразу.

Поначалу тот же самолет воспринимался как игрушка, спортивная забава аристократов и чудаков. Скорость самолета в первый период почти не увеличивалась, развитие шло медленно (с 1903 по 1913 год почти на одном уровне).

Эффективность системы на этом этапе чрезвычайно низка, часто отрицательна (рис. 2, е): пользы от системы мало, а затраты большие. Одна из причин – противоречие между новым содержанием и старой формой, в которой оно, как правило, реализуется. Старая форма не позволяет сразу выявить новые возможности, преимущества. Например, малоэффективной казалась электросварка, пока ею пытались заменить обычную кузнечную сварку.

На первом этапе главной движущей силой развития технической системы является личный интерес ее создателей (энтузиазм, тщеславие, спортивный дух, надежда на обогащение и т. п.). Противостоят им мощные силы торможения. Появление новой системы всегда встречает недоверие и активное сопротивление ее внедрению, которое усугубляется в тех случаях, когда новая система не пионерная, а идет на смену старой. В этом случае к обычной психологической инерции общества добавляется еще и сознательное сопротивление специалистов, разработавших старую систему. Важной составляющей сил торможения являются огромные технические трудности, отсутствие средств, высокий уровень расплаты, в том числе и гибель энтузиастов...

Основная работа на первом этапе – снижение факторов расплаты: увеличивается надежность, безаварийность, удобство эксплуатации (рис. 2, в). Когда полезность системы осознается обществом, а уровень расплаты снижается до приемлемого, начинается новый этап в ее развитии. }

Период интенсивного развития технической системы. Основным содержанием этого этапа является быстрое, лавинообразное, напоминающее цепную реакцию, развитие. Так, в 1914 году конструкции самолетов стали более отработанными, существенно снизилось количество аварий. Начавшаяся мировая война повысила уровень допустимости факторов расплаты (риск аварии оказался сравнимым с риском гибели во время боевых действий). Одновременно резко поднялась потребность в самолете, появились новые функции, связанные с его военным применением. Все это вызвало настоящий самолетный бум: открываются многочисленные авиационные конструкторские бюро, выделяются большие средства, идет обучение летчиков. В результате за 4 года (с 1914 по 1918 г.) самолет превратился в мощную, надежную, эффективную боевую машину. Его скорость увеличилась почти вдвое.

Характерной чертой данного этапа развития становится активная экспансия новой системы — она вытесняет из экологических ниш другие, устаревшие, порождает множество модификаций и разновидностей, приспособленных для разных условий и целей. Самолет на этом этапе развития вытеснил аэростаты и дирижабли, во многих случаях заменил дальнобойную артиллерию (а во время второй мировой войны — и противотанковую), начал выполнять транспортные, разведывательные и многие другие функции. Возникла специализация: истребители, бомбардировщики, разведчики, самолеты сухопутные и морские, на колесах и на лыжах, транспортные, связные и т. п.

Главной движущей силой развития на втором этапе становится общественная потребность, которая проявляется в виде определенного рода требований или **претензий к системе** со стороны надсистемы, окружающей среды:

претензии разрушающие, вызывающие необходимость защиты. К ним относятся воздействия внешней среды — коррозия, помехи в работе, воздействия других систем (на самолет, например, — зенитного огня, истребителей противника);

претензии вытесняющие со стороны конкурирующих систем, непосредственно не разрушающих данную, но стремящихся вытеснить ее из экологической ниши. Например, борьба однотипных самолетов за принятие на вооружение, соперничество транспортной авиации с железнодорожным и автомобильным транспортом;

претензии стимулирующие со стороны систем, нуждающихся в развитии данной для своего функционирования. Например, использование для истребителей пуленепробиваемого стекла стимулирует развитие стекольного производства.

Претензии первого вида действуют на систему непосредственно, а второго и третьего — опосредованно, через человека, через экономику. Очень часто из-за взаимного влияния систем друг на друга возникает ускоренное развитие по типу положительной обратной связи — развитие снарядов способствует ускоренному совершенствованию брони, а это, в свою очередь, вызывает ускорение развития снарядов и т. д. Аналогичные положительные обратные связи возникают в развитии конструкции и технологии производства разного вида изделий — новые конструктивные решения требуют развития технологии, а улучшение технологии позволяет реализовать новые конструктивные решения. Такой процесс во многом схож с параллельным развитием (коэволюцией) в биологических системах типа хищник — жертва; на-

пример, увеличение скорости бега зайца приводит к отбору на быстроноготь среди волков, что, в свою очередь, ведет к отбору среди зайцев и т. д.

Силы торможения, характерные для предыдущего этапа, ослабляются, и постепенно исчезают (хотя порой довольно медленно). Появляются новые тормозящие развитие факторы, в первую очередь нехватка обученных людей, нужного оборудования, ресурсов. Возникают и технические трудности: неразрешенность некоторых важных вопросов, отсутствие теоретического обоснования и т. п. В этом случае развитие задерживается, но ненадолго – общество мобилизует силы и средства для преодоления трудностей.

На втором этапе техническая система становится экономически выгодной, и эффект постоянно растет (рис. 2, е). Но к концу этапа, несмотря на все возрастающий вклад сил и средств в развитие системы, рост важнейших ее характеристик замедляется. Обычно это происходит из-за того, что резко, нелинейно начинает увеличиваться та или иная вредная функция, какой-то из факторов расплаты. Например, сопротивление воздуха для самолетов при скоростях от 100 до 300–400 километров в час увеличивается примерно пропорционально приросту скорости. Но по мере приближения к звуковому барьеру это сопротивление начинает возрастать пропорционально уже 3–5-й степени скорости самолета. И из-за этого даже значительное увеличение мощности мотора не приводит к существенному возрастанию скорости. В развитии системы наступает следующий этап.

«Старость» и «смерть» технической системы. Основным содержанием этого этапа является стабилизация параметров системы. Небольшой прирост их еще наблюдается в начале этапа, но в дальнейшем практически сходит на нет, несмотря на то, что вложение сил и средств растет. Резко увеличивается сложность, наукоемкость системы, даже небольшие улучшения параметров требуют, как правило, очень серьезных исследований. Вместе с тем экономичность системы остается еще высокой, потому что даже небольшое усовершенствование, помноженное на массовый выпуск, оказывается эффективным.

Движущими силами развития на этом этапе остается потребность общества. Вместе с тем по ряду систем оно может быть вполне удовлетворено достигнутым уровнем и не нуждаться в улучшении. В этом случае затраты общества резко снижаются, так как они связаны именно с попытками совершенствования. А воспроизводство системы может быть достаточно дешевым, более того, затраты на него будут снижаться за счет повышения общего уровня технологии. К та-

ким системам относятся простые инструменты типа нож, лопата, молоток, сверло и т. д. С 80-х годов прошлого столетия не меняется конструкция револьвера. Необходимо отметить, что отказ общества от направленного совершенствования подобных систем вовсе не означает полное прекращение их развития. Системы улучшаются как бы попутно с другими, за счет появления новых материалов, технологических возможностей, нового оборудования и т. п. В конце концов старая, отжившая система «умирает», заменяется принципиально новой, более прогрессивной, обладающей новыми возможностями для дальнейшего развития (рис. 2, б).

Во многих случаях новая система, способная сменить старую, возникает практически одновременно с ней. Например, первые казнозарядные орудия появились еще в XIV веке, практически одновременно с дульнозарядными, но заменили последние только в конце прошлого века, после появления бездымного пороха. Первый реактивный самолет взлетел еще в 1910 году, эра же реактивной авиации началась после второй мировой войны. С точки зрения интересов общества переход к новой системе целесообразен уже в начале третьего этапа, что позволяет избежать напрасных затрат. Но отмирание старой системы – довольно длительный процесс. Достигая этапа стабилизации, система обладает огромной инерцией, ее совершенствованием занимаются сотни, тысячи людей, которые вовсе не в восторге от перспективы серьезной переквалификации. «Агония» системы затягивается за счет паразитирования ее на других системах, хищнического уничтожения окружающей среды. Вице-президент американской фирмы «Дженерал моторс» писал, что если хотя бы небольшая часть средств, которые сегодня тратятся на совершенствование двигателя внутреннего сгорания, была направлена на развитие аккумуляторов, то мы давно имели бы экономичный электромобиль [29]. Типичным явлением на этом этапе является «гигантизм» – значительное увеличение размеров технических систем (огромные дирижабли перед вытеснением их самолетом; паровозы последних серий; сверхмощные линкоры, оказавшиеся беззащитными против авианосцев, и т. п.). Подобные попытки любыми путями «вытянуть» экономичность старой системы прекращаются, когда факторы расплаты становятся недопустимыми для общества, либо, что встречается чаще, когда наступает физический предел дальнейшему росту параметров, например нет конструктивных материалов, способных выдержать нагрузки и т. п.

На первом этапе развития технической системы по S-кривой рост идеальности идет преимущественно за счет сни-

жения факторов расплаты, на втором – за счет опережающего роста полезных функций. На третьем этапе рост полезных функций практически останавливается при ускоряющемся росте факторов расплаты, в результате чего идеальность системы начинает падать. То есть ее развитие сменяется регрессом.

Следует отметить, что в действительности полного «вымирания» системы, вытесняемой более прогрессивной, как правило, не происходит. Чаще всего, перестав быть основным средством выполнения данной функции и упростившись, система остается в качестве вспомогательного средства, иногда игрушки, спортивного снаряда. Такую роль сегодня играют парусные суда. Иногда система остается и эффективно работает в некоторых обособленных, очень специализированных экологических нишах. Так, «потомки» воздушных шаров – метеорологические зонды используются и сегодня, а немагнитная парусная шхуна «Заря» уже 3 десятилетия бороздит океаны, ведя важнейшие исследования, невозможные на современном судне, на котором слишком много стали.

Развитие технической системы неразрывно связано с изобретениями, при этом на разных этапах меняется их количество и уровень (рис. 2, г, д). Так, рождение технической системы связано с небольшим количеством изобретений высокого уровня, нередко возможных только после появления научных открытий. Затем количество изобретений растет, а их уровень падает (для реализации изобретения высокого уровня всегда требуется создание большого количества изобретений более низких уровней). Но в момент перехода ко второму этапу развития наблюдается некоторый пик в уровне изобретений (часто для перехода к массовому выпуску системы требуются изобретения довольно высокого уровня), который в дальнейшем уже необратимо падает. По количеству же изобретений наблюдаются два пика: один (поменьше) – в момент перехода ко второму этапу; другой (побольше) связан с попытками продлить жизнь одряхлевшей системы на третьем этапе.

Каждая из подсистем, входящих в сложную систему, рассматриваемая по отдельности, в своем развитии также проходит все три этапа. Поэтому S-кривые для сложных систем являются интегральными, состоящими из пучка отдельных S-кривых для каждой из подсистем. Развитие обычно лимитирует самая «слабая» ее подсистема, ресурсы которой исчерпываются первыми. Исчерпавшая свои ресурсы, «загнущаяся» подсистема становится тормозом для своей системы, и дальнейшее развитие возможно только после ее замены.

Пример. В развитии самолета было несколько таких «загибов». Первый – в 20-х годах, когда были исчерпаны возможности развития аэродинамической концепции самолета – стоечного или подкосного биплана с неубирающимися шасси и открытой кабиной для летчика. Новая концепция, появившаяся в 30-х годах (моноплан с убирающимися шасси, закрытой кабиной и винтом регулируемого шага), позволила резко повысить скорость полета, но в 40-х годах достигла нового предела – резкого снижения эффективности воздушного винта при скоростях около 700 км/ч, который был преодолен переходом к реактивной тяге. Следующий предел – скорость звука – был связан с несовершенством конструкции крыла и преодолен в конце 40-х годов переходом к стреловидному крылу.

Могут быть построены S-кривые и для развития систем весьма высокого уровня, например системы транспорта. Эти кривые (рис. 3) суммируют кривые развития отдельных видов транспортных систем и называются огибающими (Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса. М.: Прогресс, 1974).

Определение положения конкретной технической системы на кривой развития – дело непростое. Но с учетом приведенных выше факторов, характеризующих систему (количество изобретений, их уровень и т. п.), а также данных о коллективе ее создателей можно с достаточной степенью точности судить об этапе, на котором находится система. А это, в свою очередь, позволяет определить задачи, стоящие перед разработчиком на разных этапах.

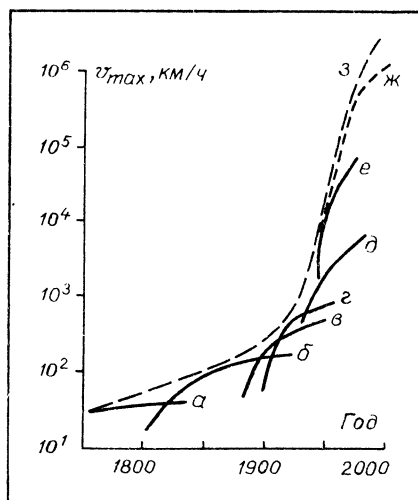


Рис. 3. Огибающая кривая скоростей транспортных средств:
 а – конная тяга, б – железная дорога; в – автомобиль; г – поршневой самолет; д – реактивный самолет; е – ракеты на химическом топливе; ж – ракеты на ядерном топливе; з – огибающая кривая развития скоростей

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

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

На третьем этапе нужно определить физические границы существования системы, выявить и заменить подсистемы, исчерпавшие возможности своего развития; искать альтернативную систему, способную заменить существующую.

Вытеснение человека из технической системы

В процессе развития технической системы происходит поэтапное вытеснение из нее человека, то есть техника постепенно берет на себя ранее выполнявшиеся им функции, тем самым приближаясь к полной (выполняющей свои функции без участия человека) системе.

Вытеснение человека из технической системы фактически означает последовательную передачу машинам физического, монотонного труда и переход человека к все более интеллектуальным видам деятельности, то есть отражает общее прогрессивное развитие общества.

Возможны два пути вытеснения человека из технической системы. Первый — вытеснение человека как индивида, замена его деятельности устройствами, выполняющими те же операции. В подавляющем большинстве случаев это неверный, тупиковый путь. Второй, более эффективный — отказ от «человеческого» принципа работы, технологии, рассчитанной на человеческие возможности и интеллект. Это становится возможным только после выявления, упрощения и «деинтеллектуализации» выполняемых функций.

Пример. Функция ориентирования деталей при штамповке, которую легко выполняет необученный работник, сложна для робота. С другой стороны, машина может использовать «машинные» преимущества — высокую скорость и точность движения, развивать большие усилия, работать в средах, недоступных для человека. Поэтому вытеснение человека из технической системы очень часто связано с переходом к новым принципам действия, новым технологиям. В частности, перспективным в обеспечении гибкости производственных процессов является переход к использованию созданных в нашей стране роторно-конвейерных линий, новых методов обработки вместо не оправдавших в большинстве случаев надежд «умных» роботов и гибких автоматизированных производств (ГАП).

На рис. 4 приведена структура полной (т. е. не требующей участия человека) системы. Она включает три функциональных уровня: исполнительский (1), управления (2) и принятия решений (3). Для выполнения своих функций на каждом уровне имеются рабочие органы (инструменты), преобразователи и источники (энергии или информации).

подавляющее большинство существенных систем неполно. Недостающие части замещает человек, но по мере развития системы все большее количество функций передается машине, полнота ее увеличивается.

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

При вытеснении с **исполнительского уровня**: появление простых инструментов типа дубина, каменный нож (1.1); простых механизмов — преобразователей энергии типа рычаг, лук, блок (1.2); использование вместо мускульной силы различных источников энергии — ветра, воды, паровых машин (1.3); с **уровня управления**: появление устройств управления механизмами — руль корабля, переход от балансирных планеров, в которых управление осуществлялось перемещением тела человека, к использованию воздушных рулей — элеронов (2.1); появление механизмов — преобра-

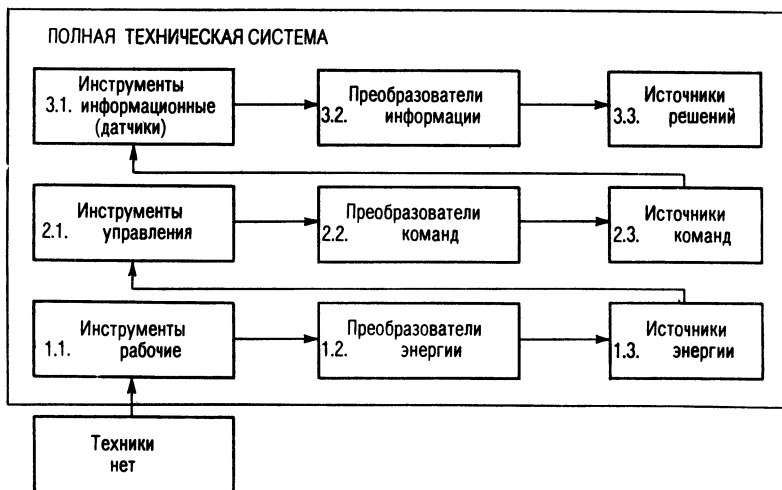


Рис. 4 Последовательность вытеснения человека из технической системы

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

Вытеснение человека быстрее и легче всего происходит на первом уровне и с большим трудом идет на третьем, потому что человек является гораздо более эффективной «информационной машиной», нежели «энергетической».

Понимание закономерностей последовательного вытеснения человека из технической системы позволяет вести работу по ее совершенствованию целенаправленно, избегая типичных ошибок, связанных с забеганием вперед, то есть попытками вытеснения человека с более далеких этапов, не обеспечив вытеснение с предыдущих, например автоматизация управления системы (3,3), в которой основным источником энергии все еще остается человек (1.3).

Неравномерное развитие частей технической системы. Противоречия

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

Противоречие – проявление несоответствия между разными требованиями, предъявляемыми человеком к системе, и ограничениями, налагаемыми на нее законами природы, социальными, юридическими и экономическими законами, уровнем развития науки и техники, конкретными условиями применения и т. п. Например, увеличение крейсерской скорости самолета требует уменьшения площади крыла, а сохранение хороших взлетно-посадочных характеристик – ее увеличения. На начальных этапах развития, когда требования относительно невысоки, а система обладает большими ресурсами, такие противоречия решаются путем компромисса – отыскиваются варианты конструкции, обеспечивающие приемлемые значения обеих конкурирующих

характеристик. Но количественный рост продолжается, происходит накопление и обострение противоречий. Эти противоречия разрешаются (снимаются) в результате качественных скачков – создания принципиально новых технических решений.

В ТРИЗ рассматривается несколько видов противоречий. Ситуация, когда попытки улучшить одну характеристику (часть) системы приводят к ухудшению другой ее характеристики (части) называется **техническим противоречием** (ТП).

Обратимся, например, к задаче 1 (испытание макета парашюта). Мы уже знаем, что это фактически не задача, а ситуация, содержащая множество разных задач. Выберем одну из них – самую простую. Пусть схема съемки остается неизменной. Тогда необходимо решить задачу: как обеспечить длительное «истечение» красящего вещества с макета, обтекаемого водой? Теперь отчетливо видно ТП: для увеличения длительности съемки нужно резко увеличить количество краски, нанесенной на парашют, но это неизбежно приведет к искажению размеров и формы макета. Сделаем следующий шаг. Нет необходимости рассматривать всю систему. Поскольку съемочную часть решено было не изменять, то, следовательно, ее можно мысленно вынести «за скобки». Парашют состоит из нескольких частей, которые должны быть покрыты краской; если мы решим задачу применительно к одной части, то, скорее всего, это решение можно будет применить и к другим таким же частям. Зачем, например, рассматривать все стропы? Достаточно рассмотреть один строп или даже участок стропа. Нет необходимости рассматривать и весь водный поток. Можно ограничиться той его частью, которая непосредственно обтекает выделенный участок. Эта картина – строп (участок стропа) и околостропная вода – представляет собой **модель задачи**, ее минимальную схему. Переход от задачи к ее модели позволяет перейти к **физическому противоречию** (ФП): краски на стропе должно быть бесконечно много и совсем не должно быть.

Физическим противоречием называется ситуация, когда к объекту или его части условиями задачи предъявляются противоположные (несовместимые) требования. Оно строится по схеме: объект (часть объекта) должен обладать **свойством С** и вместе с тем иметь противоположное **свойство анти-С**. В ряде случаев ФП можно записать в виде количественного неравенства для определенного свойства, параметра технической системы:

$$a \leq m \leq b.$$

где m – выбранный параметр; a и v – соответственно минимально и максимально допустимые его значения по требованиям, приведенным в условии задачи.

Так, для приведенного примера с площадью крыла самолета m – площадь крыла; a – минимально допустимое значение площади по условиям посадки; v – максимально допустимое значение площади по требованиям скорости полета.

Если $a \leq v$, задача позволяет компромиссное решение и не является изобретательской. Если же $a > v$, то возможно только изобретательское решение. Для этого нужно превратить прежде постоянную, неизменную величину m в функцию $m(x)$, причем таким образом, чтобы $m(x_1) \geq a$, $m(x_2) \leq v$. В задаче о самолете это соответствует применению крыла с изменяемой геометрией – площадь крыла становится функцией от скорости самолета. Возможны и другие решения, когда фактическая площадь крыла не меняется, но изменяется его эффективная, рабочая площадь за счет использования разных средств управления характером обтекания крыла, пограничным слоем.

В задаче об испытании макета парашюта неравенство принимает вид

$$0 = m = \infty,$$

где m – количество краски на стропе.

ФП обостряет конфликт до предела и, как ни странно, именно благодаря этому облегчает решение. Если краски должно быть бесконечно много и вместе с тем на стропе нельзя иметь никаких ее запасов, остается только одна возможность: краска должна вырабатываться там, где она нужна. Но существует закон сохранения материи. Краску нельзя выработать из ничего. Для ее получения потребуются вещество и энергия. Модель задачи включает только два вещества – небольшой участок стропа и практически неограниченное количество протекающей воды. Ясно, что использовать можно только воду – ее много.

От весьма неопределенной изобретательской ситуации мы перешли к конкретной задаче, а затем и к модели задачи. Резкое приближение к ответу произошло благодаря тому, что модель задачи позволила увидеть физическое противоречие. Задача стала предельно трудной, требующей совмещения диаметрально противоположных свойств, и возник ответ: вода должна сама себя метить. И метки должны вырабатываться самой водой. Здесь только две возможности: пузырьки из водяного пара или пузырьки из входящих в состав воды газов (кислорода или водорода).

В первом случае к макету надо подводить тепловую энергию, во втором – электрическую. Последнее проще и удобнее (пузырьки газа не конденсируются). Итак, поверхность макета надо сделать проводящей, при испытаниях должен идти электролиз.

Теперь количество краски m стало функцией от новой (введенной нами) и прекрасно поддающейся управлению переменной – проходящего через воду электрического тока (x). Если $x=0$, то $m(x)=0$. При $x \neq 0$ идет выделение «краски», и оно продлится столько времени, сколько необходимо, т. е. можно утверждать, что $m(x) \rightarrow \infty$.

Таким образом, для решения задачи нужно четко определить, к какому параметру предъявляются противоположные требования и каким способом можно сделать его функцией, от чего он должен зависеть.

Противоречие, как уже было сказано, является неотъемлемым признаком изобретательской задачи. Ее эффективное решение возможно как на стадии технического, так и на стадии физического противоречия. Исторически первым инструментом ТРИЗ в 60-е годы стал комплекс типовых приемов устранения технических противоречий (приложение 1).

Физическое противоречие отражает закон единства и борьбы противоположностей и включает два вида отношений: отношение борьбы и отношение единства. Отношение борьбы подчеркивается в формулировке ФП: краски должно быть много, чтобы испытания не прерывались, и краски должно быть мало, чтобы не исказить результаты измерений. Отношение единства, в свою очередь, включает единство места (пространства), времени, формы, содержания, структуры, целостности, функционирования, различных свойств – температуры, электропроводности и т. п. Разрешить противоречие – значит найти такую составляющую единства, которая допускает разделение. В нашем случае, например, это единство места: краска должна быть не на стропе, где она искажает форму, а в воде.

Для разрешения физических противоречий в ТРИЗ используются специальные приемы (приложение 3). Наиболее простыми из них являются приемы разрешения ФП во времени и в пространстве.

Примеры. Перекатывать рельс было бы намного легче, если бы он был круглый. Но тогда он не сможет выполнять свою основную функцию ФП: рельс должен быть круглым, чтобы его было легко катать, и не должен быть круглым, чтобы по нему могли идти поезда. Разрешение во времени: на время перекачивания к рельсу присоединяют четыре намагниченных вкладыша, дополняющих профиль рельса до круглого.

При прокатке легированной стали возникает неприятное явление – мелкие частички металла «прилипают» к прокатным валкам, портя их по-

верхность. При прокатке обычных сталей этого не бывает. ФП: сталь должна быть обычной, чтобы не портить валки, и должна быть легированной, чтобы обладать высокими качествами. Разрешение в пространстве: обычным делают только очень тонкий поверхностный слой стали, для чего ее купают в расплаве солей, поглощающих легирующие элементы.

Помимо разрешения противоречия есть и более радикальный путь решения изобретательской задачи – полная замена системы, в которой это противоречие возникло, на новую, в которой подобного противоречия нет.

Пример. При выполнении направленных взрывов сначала сверлят скважину, потом с помощью небольшого заряда создают в земле полость, заполняемую взрывчаткой для основного взрыва. При этом очень важно заранее точно определить объем подготовленной полости, иначе может оказаться, что в нее не поместится расчетный заряд. Для этого в скважину опускают телевизионную систему. Но точность ее недостаточна, а повышение точности требует значительного усложнения системы. Вместо того чтобы идти, как в задаче 1, от сформулированного в описании проблемы ТП к ФП (пытаться совершенствовать телевизионную систему, разрешить противоречие) было предложено после проведения первого взрыва в скважину на веревке опустить ручную гранату «лимонку» и взорвать. Разлетевшиеся осколки застрянут в стенках полости. Теперь ее размер можно определить простым прибором типа миноискатель непосредственно с поверхности – осколки «покажут» очертания полости.

В данном решении исчезло противоречие, связанное с телевизионным способом определения размеров, хотя в дальнейшем появятся, конечно, другие противоречия, связанные уже с новым способом.

Противоречия в задачах встречаются самые разные. Но существуют и вечные противоречия, повторяющиеся на каждом уровне развития системы. Например, еще при строительстве древних крепостей стены нужно было строить толстыми, чтобы они были прочными, и тонкими, чтобы быстрее строить. Это же противоречие существует и сегодня при проектировании любых сооружений.

Есть противоречия универсальные, характерные для самых разных систем. Например, противоречие «объект должен быть тяжелым, чтобы эффективно работать, и легким, чтобы его было легко перевозить», относится и к инструменту, и к снаряду, и к станку... Противоречия, относящиеся к одной технической системе, обычно образуют некоторую совокупность – они взаимосвязаны, вытекают одно из другого, составляют собственную иерархию. Для самолета, например, известно техническое противоречие между скоростью и дальностью полета. Для двигателя самолета это противоречие становится физическим: тяга должна быть большой, чтобы скорость была большая, и малой, чтобы уменьшился расход топлива, и следовательно, увеличилась дальность

полета. Перейдя к механизму подачи топлива, можно сформулировать ФП: подача топлива должна быть большая, чтобы обеспечить большую тягу, и малая, чтобы экономить топливо. Можно сформулировать противоречия и для других частей самолета: крыло должно быть тонким, чтобы оказывать меньшее аэродинамическое сопротивление, и толстым, чтобы разместить там топливные баки, механизмы; корпус должен иметь сложную форму, чтобы обеспечить наилучшую аэродинамику, и простую, чтобы снизить трудоемкость изготовления; на носу самолета должно быть остекление, чтобы обеспечить наблюдение за землей при посадке и взлете, и не должно быть остекления, чтобы разместить там антенну радиолокатора...

Этой взаимосвязью, взаимообусловленностью противоречий объясняется возникновение сверхэффекта, который нередко оказывается важнее, чем решение исходной изобретательской задачи.

Учитывая сложность системы противоречий, очень важно найти среди них главное, центральное, ограничивающее развитие системы и устранить или разрешить его (как в известных головоломках, где достаточно найти и вынуть одну деталь — ключ, чтобы головоломка распалась на части). Часто противоречия вообще не видны, а на поверхности лежит только тот или иной недостаток, одна сторона противоречия, как это было в задаче 1. Для выявления комплекса противоречий, определения ключевого и его разрешения или устранения предназначен алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ).

Противоречие ограничивает возможность развития системы, требует качественно нового решения. Но нередко бывает и так, что противоречия как будто бы нет, а есть непреодолимый предел. Например, существенно повысить скорость движения судов невозможно, потому что сопротивление воды при этом возрастает пропорционально 5–6-й степени скорости, и для его преодоления необходимо очень сильно увеличивать мощность двигателя. Когда же этот предел представили в виде противоречия — судно должно быть в воде, чтобы оставаться кораблем (а не другим видом транспорта), и не должно быть в воде, чтобы не испытывать большого сопротивления, — преодолеть его удалось переходом к судну на подводных крыльях, корпус которого на больших скоростях поднимается над водой, и сопротивления фактически нет.

Непреодолимые пределы возникают чаще всего от нашего одностороннего подхода к системе, и пока такой предел стоит перед человеком, задача действительно неразрешима. По-

этому нужно в первую очередь осознать предел как одну из сторон противоречия, найти его вторую сторону, сформулировать его и найти прием разрешения.

Увеличение степени идеальности технических систем

Как уже было отмечено, развитие технических систем есть процесс повышения их степени идеальности. Из приведенной формулы (см. с. 21) следует, что повышение идеальности технической системы возможно как при опережающем росте числителя (увеличение количества и качества выполняемых полезных функций), так и при опережающем уменьшении знаменателя (снижение затрат, уменьшение числа вредных функций). Особенно интенсивно идет повышение идеальности при одновременном росте числителя и снижении знаменателя.

Повышение идеальности технических систем часто проявляется в росте относительных параметров (характеристик), то есть отношения полезных характеристик (мощности, усиления, производительности, точности, надежности и других) к вредным (потери, помехи, количество брака и т. д.) или к конструктивным (вес, размеры, трудоемкость изготовления и т. д.).

Пример. Турбогенератор мощностью 100 тысяч киловатт, построенный в начале 50-х годов, весит около 200 тонн, а его «младший брат» постройки середины 70-х при мощности 500 тысяч киловатт – около 400 тонн. То есть мощность, приходящаяся на тонну, возросла в 2,4 раза.

В информационно-вычислительной технике лимитирующим фактором является тепловыделение в логических элементах. Поэтому главный относительный параметр развития – отношение количества перерабатываемой информации к энергетическим затратам на этот процесс – бит/ватт. В процессе развития элементов ЭВМ от электронных ламп до современных интегральных схем это отношение выросло в миллионы раз.

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

Повышение идеальности в рамках существующей конструктивной концепции связано с количественными изменениями в системе и реализуется как с помощью компромиссных решений, так и путем решения изобретательских задач низших (1-й и 2-й) уровней, замены некоторых под-

систем на другие, известные. При этом можно выделить следующие тенденции:

«Дотягивание», то есть улучшение выполнения полезных функций за счет оптимизации, разного рода мелких усовершенствований.

Пример. Применение улучшенных материалов, введение дополнительных регулировок, подбор оптимальных размеров, передаточных соотношений и т. п.

«Выжимание», то есть снижение факторов расплаты за счет оптимизации, разного рода мелких усовершенствований.

Пример. Применение более дешевых материалов, стандартизированных элементов, исключение избыточных запасов прочности, повышение технологичности и т. п.

Коррекция, то есть снижение факторов расплаты путем полной или частичной компенсации вредных функций системы, исправления ее недостатков.

Пример. Применение антифрикционных и виброгасящих прокладок, гибких муфт, компенсирующих несоосность валов, «плавающих» установочных элементов и т. п.

Универсализация, то есть увеличение количества выполняемых системой полезных функций. Чаще всего на данную систему переносятся функции других систем, входящих в одну надсистему с ней.

Пример. Корпус магнитолы «Рига-110» сохранил размеры выпускавшегося десять лет назад радиоприемника «Рига-103». Но теперь он включает, помимо собственно приемника, еще и встроенный магнитофон, то есть увеличилось количество выполняемых функций.

Специализация, то есть резкое повышение качества выполнения одних полезных функций при отказе от других.

Пример. Создание гаммы специализированных автомобилей: машины для уборки мусора, полива улиц, снегоуборочные, пожарные и т. д.

Повышение единичной мощности транспортного, обрабатывающего, добывающего, энергетического оборудования.

Пример. Как уже было отмечено, мощность турбогенераторов примерно за 20 лет возросла со 100 до 500 тысяч киловатт. Несмотря на то что этот рост сопровождался увеличением факторов расплаты (вес, стоимость и т. д.), до последнего времени он был оправдан, так как относительные характеристики все же росли. В настоящее время мощности достигли уровня миллиона киловатт, но дальнейший рост не предвидится, очевидно, в связи с тем, что факторы расплаты (потери в народном хозяйстве при аварийной остановке генератора) достигли недопустимых величин.

Для поиска технических решений, обеспечивающих повышение идеальности в рамках существующей конструктивной концепции, могут быть использованы достаточно простые ме-

тоды – **функциональный подход и поэлементный экономический анализ.**

Функциональный подход был предложен сотрудником фирмы «Дженерал электрик» (США) Л. Майлзом в конце 40-х годов [1]. Его метод заключается в том, что при совершенствовании или создании той или иной технической системы или ее подсистемы сначала формулируют комплекс выполняемых функций, затем ищут альтернативные возможности их реализации, оценивают стоимость их выполнения, после чего выбирают наиболее экономичный вариант. Кроме этого, полезно при анализе функций выделять среди них основные, вспомогательные и второстепенные, а также вредные и искать пути улучшения выполнения полезных, уменьшения стоимости полезных и вспомогательных и избавления от вредных.

Поэлементный экономический анализ предложен в начале 50-х годов инженером Пермского телефонного завода Ю. М. Соболевым, который рекомендует разделять элементы конструкции на основные и вспомогательные [18]. Соболев утверждает, что главное внимание конструктора всегда привлечено к основным элементам конструкции, в результате чего вариант выполнения вспомогательных элементов выбирается полуслучайно, без экономической проработки. Отсюда вывод: всегда имеется возможность удешевления производства за счет выбора наиболее экономичного варианта выполнения вспомогательных элементов.

Оба метода позволяют при заданных полезных функциях снижать затраты – один из факторов расплаты.

Повышение идеальности при радикальном изменении конструктивной концепции, принципа действия системы связано с качественными скачками в развитии и реализуется путем разрешения или снятия накопившихся в процессе количественных изменений противоречий. Этот процесс регулируется законами развития технических систем, приведенными ниже.

Практика показала, что зачастую высокоэффективные решения, связанные с качественным изменением системы, сильно повышающие степень идеальности, очень долго не внедряются. В то же время другие решения, пусть и не дающие такого эффекта, внедряются куда быстрее. Чаше всего это связано с наличием необходимых ресурсов – веществ, энергии, оборудования и т. п. Для данного конкретного предприятия решения, учитывающие наличие имеющихся ресурсов и местных ограничений, позволяющие минимизировать факторы расплаты, предпочтительнее. То есть их **частная, локальная идеальность** выше. Как правило, решая практические задачи совершенствования конкретных

технических систем, приходится ориентироваться не на общую, а на локальную идеальность. Использование ресурсов технических систем является одним из важных механизмов повышения идеальности как общей, так и частной.

Во многих случаях необходимые для решения задачи ресурсы имеются в системе в годном для применения виде – **готовые ресурсы**. Нужно только догадаться, как их использовать. Но нередко ситуации, когда имеющиеся ресурсы могут быть использованы только после определенной подготовки: накопления, видоизменения и т. п. Такие ресурсы называются **производными**. Нередко в качестве ресурсов, позволяющих совершенствовать техническую систему, решить изобретательскую задачу, используются также физические и химические свойства имеющихся веществ – способность претерпевать фазовые переходы, менять свои свойства, вступать в химические реакции и т. п.

Рассмотрим ресурсы, наиболее часто используемые при совершенствовании технических систем.

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

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

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

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

Примеры. Для защиты труб от разрушения серосодержащими отходами нефтеперерабатывающего производства через трубы предварительно прокачивают нефть, а потом продувкой горячего воздуха окисляют оставшуюся на внутренней поверхности нефтяную пленку до лакообразного состояния.

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

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

Примеры. В опрыскивателе для деревьев давление жидкости создается под действием шагов работающего благодаря закрепленному на его сапoge насосу.

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

Оттаивание вечной мерзлоты производят с помощью тепла воды, добытой из глубокой (за пределами вечной мерзлоты) скважины.

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

Примеры. В магнитогидродинамическом насосе для перекачивания жидких металлов магнитное поле создается электромагнитом, получающим энергию от термодвигателя, использующих тепло расплавленного металла.

Свет электрической дуги, отраженный зеркалом, прикрепленным к маске сварщика, освещает место сварки.

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

Примеры. При включении и выключении линий электропередачи возникают мощные электромагнитные импульсы. Их используют для глубинного зондирования Земли при поиске полезных ископаемых.

По биению пульса тибетская медицина диагностирует до 200 болезней.

Известен способ определения марки стали и параметров ее обработки по летящим при обработке искрам.

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

Примеры. Для изучения распределения давлений в труднодоступных местах, например между матрицей и плитой прессы, между ними укладывают тонкие листы белой и копировальной бумаги. В результате на белых листах появляются отпечатки, показывающие распределение давлений.

Для устранения перегрузки летчика визуальной информацией было предложено закрепить на его животе специальные электроды. При появлении крена самолета на них подается слабое напряжение, и пилот ощущает легкое «щекотание» со стороны крена.

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

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

Примеры. Для хранения газа используют естественные полости в земле.

Для экономии сельскохозяйственных угодий помидоры сажают между деревьями фруктового сада.

Для экономии места в вагоне поезда дверь купе вдвигается в межстенное пространство.

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

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

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

Примеры. В процессе транспортировки нефти по трубопроводу производится ее обезвоживание и обессоливание.

В роторно-конвейерных линиях технологическое движение совмещено с транспортным.

Танкер, перевозящий нефть, одновременно ведет ее переработку.

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

Примеры. Использование ускоренной или замедленной съемки для быстroteкущих или очень медленных процессов.

Передача информации в виде короткого импульса, сжатого во времени.

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

Примеры. Лет 15 назад было установлено, что аспирин разжижает кровь и потому в некоторых случаях оказывает вредное действие. А недавно это его свойство было использовано для профилактики и лечения инфарктов.

Для улучшения качества записи певца микрофон устанавливают в его ушной раковине.

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

Примеры. В прессформе для отливки деталей из термопластов литниковые каналы выполняются в виде полезных изделий, например, букв азбуки.

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

Было предложено в двухрядном автомобильном двигателе отключать при необходимости один из рядов цилиндров от подачи топлива и использовать его как компрессор.

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

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

Технология изготовления стальных втулок предусматривала их точение из прутка, сверление внутреннего отверстия и поверхностную индустриальную закалку. При этом из-за закалочных напряжений на внутренней поверхности нередко возникали микротрещины. Было предложено изменить порядок операций – сперва точить наружную поверхность, потом проводить поверхностную закалку, а потом высверлить внутренний слой материала. Теперь напряжения исчезают вместе с высверленным материалом.

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

Примеры. Кресло водителя самосвала выполнено таким образом, что при вибрациях, неизбежных при движении, накачивает воздух.

Выхлоп трактора подведен через лемех плуга в землю и продукты сгорания обезвреживаются, одновременно удобряя землю.

Пьезогенератор использует шум двигателя для генерации электроэнергии, необходимой для разных устройств самолета.

Электрохимическая обработка на переменном токе дешевле, но при ней инструмент разрушается не меньше, чем изделие. Это нежелательное явление сделали полезным, превратив в инструмент вторую деталь, например, для обработки зубчатых колес, работающих в паре, их опускают в электролит и подключают к источнику переменного тока.

Наиболее эффективным является комбинированное использование ресурсов разных видов.

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

Детали, полученные литьем, очищают от литейной земли, помещая их в ванну с водой, в которой с помощью электрического разряда создается электрогидравлический удар. Но этот способ сопровождается очень сильным грохотом. Закрывать ванну крышкой сложно. Предложено покрывать воду пеной, гасящей звук. Для этого в воду добавляется немного мыла. Используются вещественные ресурсы (вода и воздух), а также энергетические и функциональные (пена сбивается с помощью электрогидравлических ударов).

Источники ресурсов, их местонахождение могут быть различными. Ресурсы могут располагаться в оперативной зоне, то есть в зоне, в которой непосредственно происходит рабочий процесс, в других подсистемах данной системы либо являться ее продукцией или отходами.

Примеры. Выхлопные газы снегоуборочной машины направляются на формируемые снежные валки, уплотняя их.

Силосная башня обогревает коровник, построенный вокруг нее.

Проточку железнодорожных колес ведут во время движения поезда с помощью несложного приспособления.

При бурении скважин под сваи вынутый из земли грунт смешивают с вяжущим веществом и из этого материала изготавливают сваи.

Тепло, излучаемое чугуновой отливкой, с помощью экранов направляют на нее, тем самым регулируя равномерность ее остывания для исключения внутренних напряжений.

Другими источниками ресурсов могут быть системы – соседи по общей надсистеме, их продукция или отходы, а также внешняя среда (воздух, вода, почва, различные фоновые поля: гравитационное, элетрическое, магнитное, тепловое и т. п.).

Примеры. Стеклоочиститель автомобиля используют в качестве антенны автомобильного радиоприемника.

Для оттаивания мерзлого грунта используют солнечное тепло, сконцентрированное большими линзами из прозрачной полиэтиленовой пленки, заполненной водой.

Электрическое поле Земли используют для управления полетом самолета на малой высоте.

Среди ресурсов надсистемы и внешней среды необходимо особо отметить «копеечные» ресурсы – широкодоступные, дешевые вещества.

Примеры. В качестве добавки к корму для свиней используют вспученную горную породу — перлит.

Золу тепловых электростанций используют как стимулятор роста растений, в качестве наполнителя бетона.

Для предотвращения окисления раскаленная деталь, предназначенная для горячей штамповки, посыпается силикатным стеклом, которое, плавясь, покрывает поверхность детали тонким слоем. При ударе пресса во время штамповки защитный слой рассыпается.

Для облегчения поиска и использования ресурсов можно воспользоваться алгоритмом поиска ресурсов (рис. 5).

В развитии технических систем выявленные ресурсы могут использоваться по-разному. Самое простое – избавиться от ненужных ресурсов.

Пример. После проведения испытаний и уточнения расчетов выяснилось, что крыло проектируемого самолета имело избыточную прочность и, следовательно, лишний вес. Было предложено снизить толщину конструктивных элементов.

Другая возможность использования ресурсов – использование их для решения поставленной задачи.

Пример. При создании портативных раций для альпинистов возникла проблема обеспечения температурной стабилизации кварцевого кристалла генератора. Обычный термостабилизатор получался чересчур тяжелым, требовал специального питания. Был выявлен и использован ресурс — стабильная температура человеческого тела. Термостабилизацию кристалла обеспечили, расположив его под мышкой альпиниста.

Еще одна возможность использования ресурсов – поиск задач, для решения которых могли бы быть использованы выявленные ресурсы. Такая ситуация часто возникает при

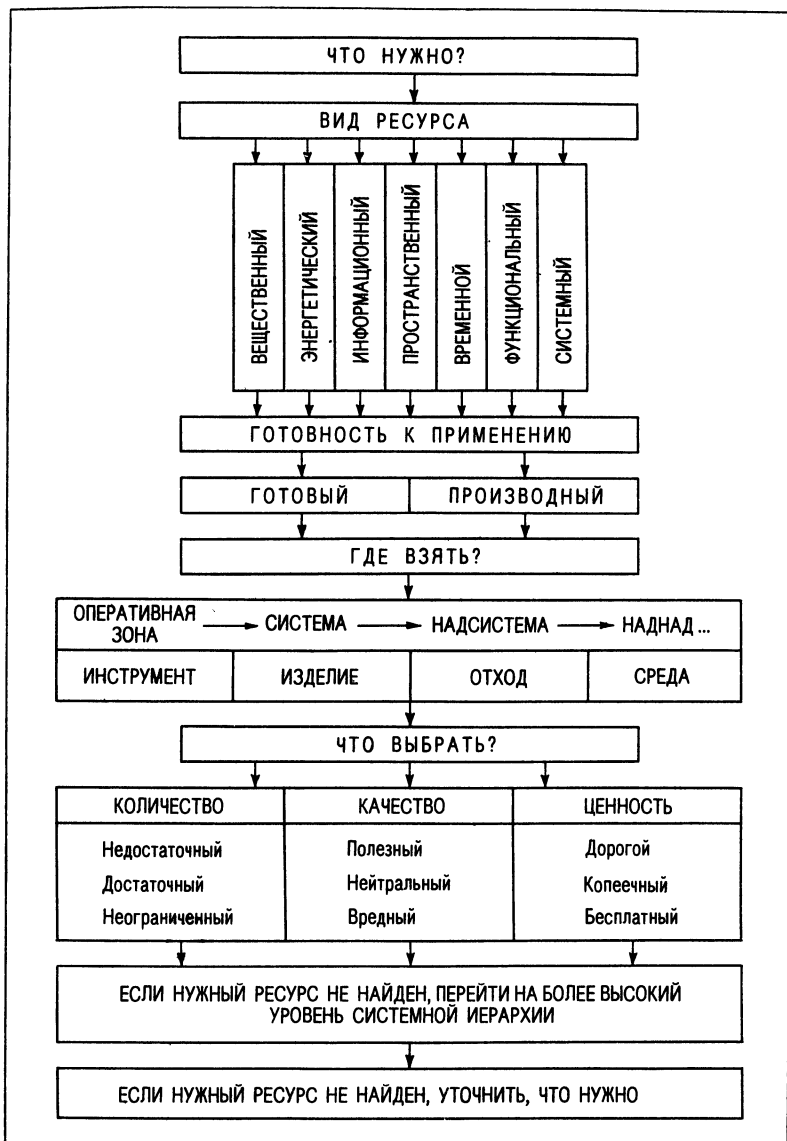


Рис. 5. Алгоритм поиска ресурсов

попытке использования отходов производства, свободных промежутков между операциями технологических процессов, дополнительных функциональных возможностей технической системы.

Пример. Долго искали возможность использования мелузы — каменной пыли, остающейся после распиловки камня. Позже было предложено добавлять ее в бетон. При этом снижается потребность в цементе без ухудшения качества бетона.

В ТРИЗ используется удобное на практике понятие о повышении степени идеальности как о приближении технической системы к некоторой **идеальной машине**, которая определяется как **машина, которой нет, а ее функции выполняются**. Аналогично можно определить **идеальный технологический процесс** как **процесс, которого нет, а результат его — продукция — получается**. Существование технической системы — не самоцель, она нужна для выполнения полезных функций. Идеально, когда такая техническая система выполняет их без всякой расплаты — не имеет веса, размеров, не затрачивает энергию, материалы и т. д. Разумеется, достижение этого в реальности невозможно, за исключением тех случаев, когда выполнение нужных функций берет на себя (по совместительству) какая-то другая, уже имеющаяся система (использован функциональный ресурс).

Закон повышения степени идеальности технических систем является важнейшим в ТРИЗ. На базе понятия идеальности вводится представление об идеальном решении, **идеальном конечном результате (ИКР)** решения. Формулирование ИКР по заданным строгим правилам — один из главных элементов решения изобретательских задач с помощью АРИЗ. Именно ИКР позволяет выбрать среди множества направлений решения наиболее перспективное, потому что хотя он, как правило, недостижим, но в непосредственной близости от него лежит область изобретательских решений высокого уровня.

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

В своих воспоминаниях конструктор А. Морозов, один из создателей советского танка Т-34, писал, что в работе руководимого им коллектива главным был принцип: «самой надежной, непоражаемой, легкой и дешевой является та деталь, которой нет в машине... Сложное сделать легко,

куда сложнее сделать просто» («Чем больше отдалается война». Литературная газета, 27 февраля 1985 г.).

Развертывание-свертывание технических систем

Повышение идеальности технических систем осуществляется путем **развертывания** — увеличения количества и качества выполняемых полезных функций за счет усложнения системы, и **свертывания** (термин предложен И. М. Верткиным) — упрощения системы при сохранении или увеличении количества и качества полезных функций.

На всех этапах развития процессы развертывания и свертывания могут чередоваться, приходя на смену друг другу, частично или полностью перекрываться, действуя параллельно, то есть при общем развертывании системы отдельные ее подсистемы могут свертываться, и наоборот.

Развертывание технической системы начинается с момента ее рождения, то есть создания **функционального центра** — основной функциональной цепочки из подсистем (элементов), способных в совокупности выполнить основную функцию системы, и продолжается сначала в рамках существующей конструктивной концепции, а затем и при ее изменении.

Функциональный центр создается путем объединения ранее самостоятельных систем (со своими функциями) и подсистем, специально созданных для работы в новой системе и обеспечения в совокупности с первыми получения нового системного свойства. При этом объединяются системы, дополняющие действие друг друга, а также компенсирующие (устраняющие, не допускающие) вредные функции.

Пример. Функциональный центр автомобиля — мотор, шасси с колесами, простейшее управление и запас горючего — по сути дела, скелет автомобиля, напоминающий современный картинг. Почти таким был первый автомобиль, построенный Бенцем. При его создании были объединены существовавшие к тому времени двигатель и коляска. Новыми подсистемами были рулевое управление и коробка передач.

При создании первого радиоприемника были объединены дополняющие друг друга известные элементы — когерер, электрическая батарея; новый элемент — антенна; компенсирующий элемент — молоточек, встряхивающий слипшиеся опилки когерера после прохождения сигнала и тем самым подготавливая его к приему следующего сигнала.

При создании функционального центра должны быть выполнены следующие требования.

Все звенья основной функциональной цепочки должны быть минимально жизнеспособны.

Пример. Самолет А. Ф. Можайского имел более совершенные, чем у самолета братьев Райт, фюзеляж и органы управления. Однако два элемента

его функциональной цепи были принципиально нежизнеспособны. Это — крылья жесткие и плоские, то есть неспособные обеспечить необходимую подъемную силу, и паровые машины в качестве двигателей, имеющие слишком большой вес при малой тяге и неспособные поднять самолет. Многие элементы самолета братьев Райт были хуже и примитивнее, чем у самолета А. Ф. Можайского, но благодаря тому, что все они обладали минимальной жизнеспособностью, самолет летал.

Все звенья функциональной цепочки должны быть связаны между собой энергетической, вещественной, функциональной или информационной связью. В большинстве систем совмещаются разные виды связей.

Примеры. Между электростанциями, входящими в энергетическое кольцо, связь энергетическая и информационная (станции получают из центра информацию о том, какую необходимую мощность нужно дать в систему в данный момент).

Между подсистемами автомобиля следующие связи: энергетическая (идет преобразование энергии из одного вида в другой), вещественная (узлы связаны конструктивно) и функциональная.

Между отдельными инструментами в готовальной связи функциональная (все они предназначены для выполнения определенного набора функций).

Между радиоминой и ее взрывателем, расположенным за сотни километров, связь информационная (сигнал). При этом энергетическая связь не обязательна (командой на взрыв может быть, например, отсутствие сигнала).

В радиоустройстве детали соединены вещественными связями (закреплены на платах), энергетическими (через них проходит энергия во время работы) и функциональными (каждая деталь дополняет и продолжает действие других).

Развертывание технической системы в процессе ее развития в рамках существующей конструкции происходит от функционального центра к периферии системы и предусматривает:

1. Включение в систему дополнительных подсистем (элементов), повышающих качество выполнения основных функций, компенсирующих недостатки.

Пример. Введение в автомобиле элементов регулирования, например, гидравлической коробки передач, баллонов с регулируемым давлением, кузова, защищающего пассажиров, и т. п.

2. Включение в систему дополнительных подсистем (элементов), расширяющих ее функциональные возможности.

Пример. Компьютер на автомобиле, определяющий оптимальные режимы, рекомендуемый маршрут; другое оборудование — радиоприемник, зажигалка, откидывающиеся кресла и т. п.

3. Увеличение числа ступеней (уровней) в иерархии за счет ее внутрисистемного дробления путем разделения системы на однородные подсистемы (элементы) либо на разнородные (разнофункциональные) подсистемы.

Пример. Современное судно—лихтеровоз, состоящее из носовой оконечности, обеспечивающей обтекаемость, и кормовой, снабженной двигателями, а также жилыми помещениями. Между носом и кормой расположены сменные баржи—лихтеры. Такое судно собирается на рейде и идет своим ходом до порта разгрузки, где лихтеры не разгружают, а заменяют, и судно без задержки идет в обратный рейс.

4. Переход к ретикулярной (сетевой) структуре.

Пример. Переход в вычислительной технике от систем с центральным процессором к системам с параллельными вычислениями, с большим количеством процессоров.

Развертывание технической системы происходит также за счет перехода в надсистему. Для осуществления перехода используется один из следующих путей:

Создание надсистемы из разнородных подсистем (элементов), дающих новые системные свойства. Это эквивалентно созданию новой системы.

Создание надсистемы из одинаковых или однородных подсистем (элементов)— полисистемы. Простейшим случаем полисистемы является **бисистема** — полисистема из двух элементов. В полисистему могут объединяться как сложные, высокоразвитые системы, так и простые элементы.

Примеры. Полисистемы: информационно-вычислительная сеть из ЭВМ; трос, сплетенный из множества проволок.

Бисистемы: катамаран, двухцветный карандаш.

Создание надсистемы из системы (элементов) со сдвинутыми (то есть близкими, но неодинаковыми) характеристиками.

Примеры. Набор цветных карандашей или карандашей разной твердости.

Протяжка — многолезвийный режущий инструмент, включающий набор режущих элементов, каждый из которых заточен и расположен немного иначе, чем другие.

Создание надсистемы из альтернативных (конкурирующих) систем. В тех случаях, когда для выполнения той или иной функции, достижения той или иной цели имеется несколько различных путей (систем) и возможности каждого из них практически исчерпаны (система достигла насыщения), дальнейшее развитие возможно объединением систем разных типов, причем объединение проводится так, что недостатки каждой из систем компенсируются, а преимущества складываются.

Примеры. Созданный Д. Д. Максutowым телескоп, объединяющий линзовые и зеркальные конструкции; турбовинтовой двигатель, объединяющий преимущества реактивного и винтового двигателей; активно-реактивный снаряд, объединяющий точность артиллерийского снаряда с дальностью полета ракеты.

На сегодняшний день это один из широко применимых

способов развития, дающий возможность достаточно легко повышать параметры системы.

Объединение конкурирующих систем возникает и тогда, когда одна система достигла своего потолка, а другая, перспективная, идущая ей на смену, еще не может ее заменить полностью.

Примеры. Паровая машина позволила решить самую трудную для парусного судоходства проблему — преодоление полос штиля. Но на первых этапах развития она еще не могла обеспечить трансатлантического путешествия из-за низкой экономичности. Тогда появились парусно-паровые корабли. По аналогичной причине в 40-х годах появились самолеты с ракетными ускорителями, а в наше время создаются автомобили с электродвигателем и двигателем внутреннего сгорания.

Иногда объединяются системы, которые только условно можно назвать конкурирующими, так как они предназначены для аналогичной деятельности, но в разных областях. Объединение позволяет им занять область, которую ни одна из систем в отдельности не может занять, в которой они обе неэффективны.

Пример. Бетон плохо работает на растяжение и потому его применение в тяжело нагруженных конструкциях ограничено. Сталь хорошо выдерживает растяжение, но легко теряет устойчивость при сжатии, слишком дорога для строительных конструкций. Железобетон, в котором бетонные блоки армированы стальными стержнями или проволокой, позволил развернуть широкое и разнообразное строительство. Еще более широкие возможности открывает применение различных метонов — металлобетонов, в которых песок и щебень (обычные составные части бетона) соединены воедино расплавленным металлом.

Создание надсистемы из инверсных систем (систем с противоположными функциями). Объединение систем с противоположными функциями позволяет повысить управляемость надсистемы, произвольно менять ее параметры в широком диапазоне.

Примеры. Объединение нагревателя с холодильником дает кондиционер.

Известно использование вместо двух систем трубопроводов (по одной транспортировалась пульпа, разрушающая трубы, а по другой — щелочная жидкость, осаждавшаяся на стенках и забивающая трубы) одной с попеременной перекачкой пульпы и щелочной жидкости.

Свертывание технической системы проходит три последовательных этапа: **минимальное, частичное и полное**. Рождается техническая система минимально (в некоторых случаях частично) свернутой.

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

Пример. Книжный стеллаж, изготовленный из стандартных полок, скрепленных между собой.

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

Свертывание идет, как правило, в направлении, обратном развертыванию, — от периферии системы к ее функциональному центру (со вспомогательных, сервисных, защитных и т. п. подсистем, системообразующих элементов).

Примеры. Переход к бескорпусным конструкциям приборов, микросхем. Переход от наружного крепления крыла (стоек, растяжек) в самолетах к элементам крепления, расположенным внутри толстого крыла (лонжероны, стрингеры, нервюры и т. п.).

Процесс свертывания включает использование всех видов ресурсов и предусматривает следующие действия:

Исключение дублирования функций отдельных подсистем, передача определенных функций специализированным подсистемам.

Пример. В старых телекомбайнах телевизор, радиоприемник, магнитофон и проигрыватель имели каждый свой усилитель. Сегодня в подобных системах один усилитель обслуживает все подсистемы.

Совмещение отдельных подсистем, слияние их функций, в том числе переход от последовательных технологических процессов к параллельным, совмещение технологических операций.

Примеры. В поршневом самолете двигатель и движитель (винт) были разными подсистемами. В реактивном самолете двигатель является одновременно и движителем.

Обезжиривание, травление образца и его химическое покрытие проводятся в одной ванне за счет использования комплексного раствора, обеспечивающего все нужные действия.

Упрощение внутренней структуры системы и ее подсистем, в том числе:

исключение отдельных элементов системы (отдельных технологических операций в технологических процессах); укрупнение элементарных подсистем (неразборных блоков).

Примеры. Поворотный круг для тепловозов — громоздкая система, включающая крупные подшипники, электропривод и т. п. Было предложено заменить его поплавком на поверхности искусственного водоема.

Точное литье позволяет исключить некоторые операции механической обработки.

В первых радиоэлектронных устройствах элементарными подсистемами были радиодетали — лампы, резисторы, конденсаторы. Потом — интеграль-

ные схемы — усилители, фильтры... Сегодня — целые микропроцессоры, включающие тысячи элементов.

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

Примеры. Радиоэлементы в интегральной микросхеме.

Использование для поддержания постоянной температуры в течение некоторого времени процесса плавления и затвердения вещества вместо сложных систем терморегуляции.

Полностью свернутая техническая система может продолжать развитие, включаться в различные надсистемы, снова разворачиваться при условии постоянного повышения идеальности.

Пример. Датчик давления обычного типа включает мембрану, тензометры и органы настройки для обеспечения тарированного сигнала, всего несколько десятков деталей. Было предложено заменить эти датчики куском резины, в которую при изготовлении введены электропроводные частицы — медный порошок. При сжатии резины пропорционально давлению меняется электрическое сопротивление резины. Система свернулась в вещество. Дальнейшее разворачивание возможно путем распределения электропроводных частиц в резине по специальному закону, для повышения линейности показаний или, наоборот, получения нужной нелинейности, анизотропии. Возможна замена медных частиц на ферромагнитные, например, для управления их распределением или для упрощения установки датчика в нужном месте, замена твердых частиц электропроводной жидкостью, пропитывающей пористое тело, и т. п.

Свертывание при рождении надсистемы и ее дальнейшее развитие в принципе не отличается от свертывания при рождении и развитии системы низшего уровня. Следует отметить, что свертывание, как правило, сильнее изменяет исходную систему, чем разворачивание, дает решения более высокого уровня.

Повышение динамичности и управляемости технических систем

В процессе развития технической системы происходит повышение ее динамичности и управляемости, то есть способности к целенаправленным изменениям, обеспечивающим улучшение адаптации, приспособление системы к меняющейся, взаимодействующей с ней среде.

В переводе с латыни «динамизм» — богатство движений, наполненность действием. Как уже было сказано, важнейшим принципом разрешения противоречий является превраще-

ние прежде постоянного, неизменяемого параметра в переменный, изменяемый согласно нашим требованиям, то есть управляемый. Повышение динамичности дает системе возможность сохранять высокую степень идеальности при значительных изменениях условий, требований и режимов работы.

Пример. Самолет с изменяемой в зависимости от режима полета геометрии крыла, корпуса и др.

Техническая система рождается, как правило, статичной, неизменяемой, узко- или даже однофункциональной. В процессе развития идет **переход к мультифункциональности**.

1. Переход к системам со сменными элементами.

Аппаратный принцип, при котором выполнение той или иной функции задано устройством системы, для смены нужно вводить элементы из надсистемы.

Примеры. Дрель со сменными сверлами.

Токарный автомат, который можно быстро перенастроить, меняя управляющие кулачки и рабочий инструмент.

Программный принцип, при котором в системе имеются все нужные блоки и выполнение той или иной функции задается программой их соединения или подключения.

Примеры. Токарно-револьверный станок, обрабатывающий центр, современная ЭВМ.

2. Переход к системам с изменяющимися элементами

Пример. Использование надувных резиновых мешков для прижима при склейке деталей.

В процессе развития технических систем происходит **переход к системам с увеличенным числом степеней свободы**, с повышением возможностей системы к изменениям:

1. От статичных неизменяемых систем к системам с механическими изменениями:

- с применением шарниров;

- с применением шарнирных и других (зубчатых, пневматических, гидравлических и т. п.) механизмов, изменяющих направление и величину действующих сил;

- с применением эластичных, гибких, пластичных и т. п. материалов.

Примеры. Шарнирное соединение секций в двухсекционном «Икарусе».

Использование в судостроении эластичных покрытий типа «ламинфло», сделанных по типу дельфиньей кожи, что позволяет значительно увеличить скорость кораблей.

Использование тросовых конструкций.

2. Переход к системам, изменяемым на микроуровне, за счет свойств входящих в них веществ, нелинейных зависимос-

тей параметров, фазовых переходов всех видов, химических превращений.

Примеры. Закрепление деталей при обработке при помощи легкоплавкого вещества; использование нелинейности магнитных свойств веществ для ограничения тока; введение в закалочное масло вещества, разлагающегося с выделением газов при нагреве, что обеспечивает эффективное перемешивание масла (барботаж), повышающее качество закалки.

3. Переход к системам, в которых изменяется, перемещается, становится более динамичным не вещество, а поле.

Примеры. Сегодня в радиолокации вместо качающихся антенн начинают использовать фазированные антенные решетки, в которых регулируется фаза излучения множества отдельных излучателей, в результате чего можно свободно маневрировать диаграммой направленности излучения — качать ее в любой плоскости с недостижимой для механики скоростью, даже разделять на несколько «лучей».

В металлургии для перемешивания жидкого металла используют вместо механических мешалок электромагнитные перемешиватели.

Система рождается, как правило, неуправляемой. **Повышение ее управляемости** предусматривает:

1. Принудительное управление состоянием системы:

введение управляющих веществ, устройств;

введение управляющих полей;

введение хорошо управляемого процесса, действующего против основного, которым нужно управлять.

Примеры. Введение различного рода запорной и регулирующей потоки арматуры, катализаторов или ингибиторов.

Для управления перемещением предметного столика микроскопа воздействуют на связанный с ним микрометрический винт, нагревая его.

Тренер регулирует скорость ленты тренажера, тем самым управляя скоростью бегущего по ней спортсмена.

Для обеспечения заданного графика охлаждения детали ее одновременно с подачей охлаждающей среды нагревают, пропуская электрический ток.

2. Переход к самоуправлению:

за счет введения обратных связей;

использование «умных» веществ — разнообразных физических и химических эффектов, явлений.

Примеры. Системы автоматического управления станками, автопилоты.

Для управления процессом опреснения воды в ионообменной установке было предложено использовать в качестве задвижки сам пакет с ионообменной смолой, меняющей свой объем в зависимости от степени солености воды. При уменьшении солености объем пакета становится меньше, — больше воды подается на опреснение.

В процессе развития происходит **изменение устойчивости** технической системы:

1. От системы с одним статически устойчивым состоянием к системе с несколькими устойчивыми состояниями (мультиустойчивость).

Примеры. Тумблер с двумя или более рабочими положениями, который нельзя установить в промежуточном положении.

Выпуклая пружинистая мембрана, имеющая два устойчивых состояния.

2. От систем, устойчивых статически, к системам, устойчивым динамически, то есть за счет движения, проходящего через систему потока энергии, управления.

Пример. Трехколесный велосипед обладает статической устойчивостью, двухколесный — динамической. Чем выше статическая устойчивость самолета, тем он безопаснее, но менее маневренен. Сейчас создаются самолеты, которые имеют минимальный, а иногда и нулевой запас устойчивости, а их безопасность обеспечивается непрерывной работой автоматов и рулей по устранению отклонений. Такой самолет очень маневренен.

3. Использование неустойчивых систем, моментов потери устойчивости.

Примеры. Применение взрывчатых веществ, цепных реакций, процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, систем, способных запасать энергию и в нужный момент толчком освобождать ее (системы типа «спусковой крючок»).

Переход технических систем на микроуровень. Использование полей

Развитие технических систем идет в направлении все большего использования глубоких уровней строения материи (вещества) и различных полей. Анализ патентного фонда позволяет выделить ряд уровней строения систем, каждый из которых характеризуется размерами типовых элементов, видом связи между ними, а также применяемыми эффектами и явлениями:

1) макроуровень — системы включают узлы и детали специальной формы (шестеренки, рычаги, втулки и т. п.);

2) полисистемы из элементов простой геометрической формы (конструкции, набранные из стальных листов, нитей, шариков; магнитные сердечники, иглофрезы, тросы и т. п.);

3) полисистемы из высокодисперсных элементов (порошки, эмульсии, аэрозоли, суспензии);

4) системы, использующие эффекты, связанные со структурой веществ — аморфных и кристаллических, твердых и жидких, с кристаллическими перестройками и фазовыми переходами (надмолекулярный уровень);

5) системы, использующие молекулярные явления — различные химические превращения (разложение и синтез, полимеризация, катализ и ингибирование и т. п.);

6) системы, использующие атомные явления — физические эффекты, связанные с изменением состояния атомов веществ (ионизация и рекомбинация, действие элементарных частиц, в том числе электронов, и т. п.);

7) системы, использующие вместо веществ действие различных полей — тепла, света, электромагнитных взаимодействий и т. п.

Следует отметить, что переход на микроуровень характерен для используемых в технической системе не только веществ, но и пустот. Как указывалось, использование в системе пустоты вместо вещества всегда выгодно — повышается идеальность.

Нужно учитывать, что когда говорится о применении пустоты, вовсе не имеют в виду обязательно вакуум, а скорее проявление неоднородностей в веществе, полостей, заполненных другими, менее плотными веществами, — так, можно считать пустотой жидкостные и газовые включения в твердом теле, пузырьки газа (пара) в жидкости и т. п. На макроуровне использование пустоты очень разнообразно — сверления, пазы, отверстия в литье, пустотные резонаторы и т. п. Типичной полисистемой (уровень 2) можно считать сотовые конструкции, применяемые там, где необходима высокая жесткость при малом весе. Промежуточным между уровнями 2 и 3 можно считать использование пены. Системой третьего уровня можно считать капиллярно-пористые тела. Между уровнями 3 и 4 можно разместить микропористые мембраны. Система пятого уровня — «химические» пустоты, созданные расположением молекул в так называемых клатратных соединениях, где молекулы одних веществ размещаются в полостях «каркаса», созданного молекулами других веществ. К этому же уровню относятся и широко применяемые в технике вещества — цеолиты. К шестому уровню можно отнести процессы ионизации, когда атом лишается части своих электронов, а может быть, и процессы распада атомов и элементарных частиц.

Сложилась тенденция к тому, чтобы в одном элементе системы использовать эффекты, характерные для разных уровней. Например, пористое тело (уровень 3), пропитанное жидкостью (капиллярные силы, уровень 4), может выполнять роль катализатора некоторой химической реакции (уровень 5). Для повышения интенсивности этой реакции пористое тело выполнено из электрострикционного материала (уровень 4), находящегося под действием переменного электрического поля (уровень 7).

Из истории техники известно, что человек достаточно рано овладел макроуровнем и уровнями 4 и 5 (различными

химическими процессами, плавлением и т. д.). По мере развития человек все более масштабно осваивает и другие уровни.

Термин «поле» имеет различный смысл. В физике под полями понимают такие физические явления, как гравитация, электромагнитные взаимодействия, ядерные взаимодействия. В математике, сельском хозяйстве, геологии, общественной жизни слово «поле» имеет другой смысл. Понятие поля в ТРИЗ ближе всего к физическому, но имеет свои отличительные особенности. Под полем в «техническом» смысле мы будем понимать взаимодействие между объектами (веществами). Анализ патентного фонда позволил выявить ряд наиболее эффективно работающих в технике полей, а также определенную последовательность в их применении по мере развития технической системы. Эта последовательность во многом согласуется с этапами перехода на микроуровень:

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

Тепловые поля: нагрев, охлаждение.

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

Электрическое поле: электростатика, использование эффектов, связанных с электрическими зарядами (электризация, коронный разряд и т. п.); электрический ток, эффекты, связанные с прохождением тока через вещество (электролиз, электрофорез и т. п.).

Магнитное поле.

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

В использовании полей также могут быть отмечены следующие тенденции.

Переход от использования поля одного знака к совмещению в одной системе действия полей противоположного направления (знака), например, возвратно-поступательного перемещения, увеличения-уменьшения давления, нагрева и охлаждения, химического разложения и синтеза, действия

положительных и отрицательных электрических зарядов и т. п.

Переход к использованию переменных (периодически изменяющихся во времени или в пространстве) полей, например вибрации, акустических полей, температурных колебаний, волновых химических процессов (автоволн концентрации и т. п.), переменных токов и электромагнитных волн, в том числе света, радиации и т. п. При этом диапазон частот переменных полей расширяется, начинают использоваться поля, связанные с собственными частотами колебаний подсистем и элементов системы, стоячие волны и т. п.

Переход к использованию импульсных и градиентных (неравномерных в пространстве или во времени) полей, например взрывов, сверхбыстрого нагрева или охлаждения, электрических и (или) магнитных импульсов.

Переход к совместному действию постоянных полей разных знаков, переменных разных частот и импульсных полей с использованием системных эффектов от их совмещения.

Практически большинство функций, выполняемых техническими системами, могут быть реализованы на разных уровнях строения системы, с использованием разных полей. Например, функцию скрепления деталей можно выполнить на уровне 1 (болты, гайки); на уровне 2 (застежка типа «репейник»); на уровне 3 (с помощью капиллярных сил — пинцет для удерживания мельчайших деталей, содержащий каплю жидкости, смачивающую деталь); на уровне 4 (соединение путем пайки, сварки); на уровне 5 (химический клей); на уровне 6 (с помощью переноса ионов); на уровне 7 — при помощи магнитного притяжения.

Закономерности перехода на микроуровень и применение полей широко используются в ТРИЗ в рамках полного анализа.

Согласование-рассогласование технических систем

В процессе развития технической системы на первых этапах происходит последовательное **согласование** системы и ее подсистем между собой и с надсистемой, заключающееся в приведении основных параметров к определенным значениям, обеспечивающим эффективное функционирование. На последующих этапах происходит **рассогласование** — целенаправленное изменение отдельных параметров, обеспечивающее получение дополнительного полезного эффекта (сверхэффекта). Конечным этапом в этом цикле развития является **динамическое согласование-рассогласование**, при котором

параметры системы изменяются управляемо (а впоследствии и самоуправляемо), так, чтобы принимать оптимальные значения в зависимости от условий работы.

Согласование проявляется уже при создании системы, когда идет подбор необходимых подсистем, образующих основную функциональную цепочку. К подсистемам, помимо требования обеспечения минимальной работоспособности, предъявляется требование совместимости друг с другом, поэтому случается, что подсистема, наилучшим образом выполняющая свою функцию вне системы, оказывается не лучшей для создаваемой системы.

Процесс согласования-рассогласования сопровождается повышением идеальности системы как за счет уменьшения функций расплаты, так и за счет повышения качества выполнения полезных функций. При этом часто возникает типичное противоречие: согласование одних параметров приводит к ухудшению согласования других.

Примеры. Введение ферромагнитных сердечников в электрических машинах обеспечило хорошие условия для замыкания магнитных силовых линий (согласование), что позволило резко поднять мощность и коэффициент полезного действия машин. Но одновременно ухудшились и условия для протекания вихревых токов, вызывающих дополнительные потери и вредный разогрев машины. Выход был найден в рассогласовании — применении шихтованных (собранных из отдельных, электрически изолированных друг от друга листов стали) магнитных сердечников. В результате согласование для основного магнитного потока сохранилось, а для вредных вихревых токов нарушилось.

Хорошие условия прохождения магнитного потока необходимы в номинальных условиях работы, но при аварийных режимах (короткое замыкание) приводят к появлению больших токов, способных повредить машину. Чтобы этого избежать, прибегают к динамическому рассогласованию — введению в сердечник «участков насыщения», которые при номинальных токах ненасыщенны и нормально проводят магнитный поток, а при аварийных токах насыщаются, их магнитное сопротивление резко возрастает, нарастание тока ограничивается.

В технике известны следующие виды согласования:

Прямое согласование — увеличение одного параметра требует увеличения другого.

Пример. Увеличение числа оборотов двигателя автомобиля требует увеличения передаточного числа коробки передач.

Обратное согласование — увеличение одного параметра требует уменьшения другого.

Пример. Увеличение числа оборотов двигателя требует уменьшения диаметра колес автомобиля.

Однородное согласование — согласование однотипных параметров.

Примеры. Температуры различных участков системы; твердости взаимодействующих материалов и т. п.

Неоднородное согласование — согласование разнотипных параметров.

Примеры. Скорость резания согласуется с твердостью и геометрией реза.

Размеры объекта согласуются с частотой его действия.

Внутреннее согласование — согласование параметров подсистем между собой.

Пример. Подбор материала пар трения для обеспечения долговечности узлов.

Внешнее согласование — согласование параметров системы с надсистемой, внешней средой.

Пример. Изменение конструкции автомобиля в зависимости от качеств дорог, на которые он рассчитан. Придание автомобилю выгодной аэродинамической формы.

Непосредственное согласование — согласование систем, так или иначе связанных между собой.

Примеры. Электростанция и ее потребители; двигатель и приводимый им в движение объект.

Условное согласование — согласование систем, непосредственно не связанных друг с другом, осуществляется через глубинные (общественные) механизмы.

Пример. Связь между отдельной отраслью и уровнем техники. В 50-х годах американцы не допускали возможности запуска спутника в СССР из-за отсутствия у нас в то время ЭВМ, способных производить необходимые для этого расчеты. Правда, расчеты удалось сделать без сложных ЭВМ, создав новые математические подходы.

Технические системы в своем развитии проходят следующие **этапы согласования**:

Принудительное согласование — в системе, в которой имеются подсистемы с разным уровнем развития, эффективность более развитых систем снижается до уровня наименее развитых.

Пример. Скорость эскадры кораблей равна скорости самого тихоходного корабля.

Буферное согласование — согласование с помощью специально вводимых согласующих звеньев (подсистем, элементов).

Примеры. Коробка передач в автомобиле; трансформатор в электрической сети.

Свернутое согласование (самосогласование) — согласование за счет самих подсистем, обычно благодаря тому, что хотя бы одна из них может работать в динамичном режиме. Частным случаем такого самосогласования является *ресурсное согласование* — с помощью имеющихся в системе ресурсов, чаще всего — производных.

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

Пример. Для обеспечения постоянного расстояния между сварочным электродом и металлом при подводной сварке (в том случае сварщик лишен возможности наблюдать за процессом) предложено использовать в качестве обмазки электрода вещество, плавящееся несколько медленнее, чем сам электрод. Заданное расстояние получается благодаря выступающей за край электрода трубке из не успевшей выгореть или расплавиться обмазки, внутри которой горит дуга.

М а т е р и а л ы

Согласование

1. Выравнивание свойств материалов по всему объему: использование материалов высокой чистоты; устранение внутренних напряжений в материале.

Примеры. Применение сверхчистого железа для предотвращения окисления. Отсутствие в материале примесей исключает возможность образования микрогальванических пар, вызывающих быструю коррозию.

«Отпуск» стальных изделий после закалки.

2. Использование одинаковых материалов для разных частей системы и для выполнения разных функций.

Пример. Медь очень высокой чистоты во избежание загрязнения хранят в сосудах из такой же чистой меди.

3. Устранение контактных явлений. Подбор материалов для взаимодействующих частей системы таким образом, чтобы они не оказывали разрушающего действия друг на друга

Примеры. Материалы, работающие в среде электролита (воды), не должны образовывать электрохимические пары; материалы, работающие в среде водорода, не должны быть подвержены водородному охрупчиванию и т. п.

Рассогласование

1. Дифференциация свойств материала по объему: направленное легирование материалов; использование предварительно напряженных материалов.

Примеры. Изготовление интегральных схем диффузией атомов различных примесей в чистый кремний; поверхностная закалка стали.

Недавно было обнаружено, что деревья растут таким образом, что внутренняя часть испытывает значительные сжимающие, а наружная — растягивающие усилия. Это значительно повышает сопротивление при ветровом изгибе. Так же используется и предварительно напряженный железобетон, например, в конструкции Останкинской телебашни.

2. Использование разных материалов, взаимодополняющих друг друга при выполнении функций:

использование композитных материалов;
введение добавок.

Примеры. Использование метонов (металлобетонов); применение ингибиторов (замедлителей реакций) и катализаторов (ускорителей реакции).

3. Использование контактных явлений, то есть различия между веществами для получения полезного эффекта, в том числе различия физических свойств (твердости, коэффициентов термического расширения, контактной разности потенциалов, отражательной способности, электропроводности, магнитных свойств, удельного веса, поверхностного натяжения и т. д.) или химических (электрохимического потенциала, химической активности и т. д.).

Пример. Использование контактной разности потенциалов для получения сигнала о соприкосновении двух веществ.—

Динамическое согласование-рассогласование

1. Использование вместо вещества полисистемы с изменяемым состоянием.

Пример. Антенна Куликова представляет собой набор дисков (катушек, пуговиц), стянутых тросиком. При натяжении тросика она превращается в стержень, при расслаблении — в «кучку».

2. Использование веществ с изменяющимся агрегатным состоянием, находящихся в смешанном агрегатном состоянии (например, смесь твердого тела и жидкости), переходящих в процессе работы из одного агрегатного состояния в другое под действием управляющего поля.

Примеры. При необходимости создать давление внутри полости в нее помещают кусочек сухого льда — твердой углекислоты.

Применение электро- и магнитореологических жидкостей, твердеющих в соответствующем поле.

3. Использование веществ с нелинейной зависимостью параметров от полей.

Примеры. Использование насыщающихся в магнитном поле ферромагнитных веществ; применение полупроводников, материала с «памятью формы».

4. Использование соединений с вспомогательными веществами, обладающими нужным свойством или создающими их, причем после того, как необходимость в нем отпадает,

дополнительное вещество легко убирается или исчезает само под действием поля, окружающей среды или специальных веществ (растворителей, в простейшем случае — воды).

Пример. Получение тонких слоев порошков путем разбрызгивания и последующего выпаривания растворов, содержащих нужное вещество.

5. Самосогласование материалов.

Примеры. В активных химических средах происходит самопассивация (появление защитных пленок) некоторых металлов.

В определенных условиях в узлах трения возникают самовосстанавливающиеся (сервовитные) пленки (эффект избирательного переноса).

Ф о р м ы и р а з м е р ы

Согласование

1. Придание системе формы и размеров, обеспечивающих оптимальное взаимодействие с внешней средой.

Примеры. Аэродинамическая обтекаемая форма автомобилей, судов, самолетов; обеспечивающая максимальное сопротивление потоку форма парашюта.

2. Использование простых геометрических форм, легко изготавливаемых, с хорошо изученными свойствами.

Пример. Использование в строительстве кубических конструкций.

В частности, придание симметричной формы изделиям для улучшения взаимодействия с симметричными потоками среды (жидкости, газа) либо для упрощения изготовления.

Пример. Цилиндрическая форма снаряда, ракеты.

Рассогласование

1. Придание системе формы и размеров, обеспечивающих появление дополнительного полезного эффекта.

Примеры. Для повышения ходовых качеств корабля на его носу выполняют специальное утолщение — бульб, создающий свою систему волн, которая, интерферируя с волнами, создаваемыми корпусом корабля, гасит их и тем самым снижает волновое сопротивление.

Резцу придают размеры и форму, при которых возникают вибрации, способствующие обламыванию стружки при обработке изделий.

2. Использование неклассических геометрических форм, дающих новые полезные эффекты. В частности, придание асимметричной формы изделиям для получения полезного эффекта.

Пример. Скошенные стабилизаторы придают ракете возможность вращения в полете, тем самым увеличивая точность попадания в цель.

Динамическое согласование-рассогласование

1. Изменение формы и размеров происходит под действием внешнего управления.

Пример. Очки, сделанные из двух слоев гибкой прозрачной пластмассы, между которыми залит глицерин. Меняя давление глицерина, изменяют фокусное расстояние.

2. Самосо согласование формы и размеров. Так, если имеются две подвижные друг относительно друга поверхности, то оптимальной формой поверхности их взаимодействия будет та, которая получается при их приработке.

Пример. После длительных расчетов и множества опытов было доказано, что оптимальной формой поверхности железнодорожного колеса является та, которая получается при начальной степени его износа.

Р и т м и к а р а б о т ы

Согласование

1. Настройка всех подсистем на работу в одном ритме.

Пример. Работа конвейерных линий.

2. Настройка ритма работы инструмента в соответствии с частотой его собственных колебаний или собственных колебаний изделия.

Пример. Для разрушения пласта угля в него через скважины закачивают воду и подают давление импульсами с частотой, соответствующей собственной частоте колебаний пласта.

Рассогласование

1. Сдвиг ритма, расстройка работы подсистем.

Пример. Периодическое изменение скорости конвейера снижает усталость рабочих.

2. Отстройка ритма работы частей изделия от частоты его собственных колебаний.

Пример. При проектировании турбин, мостов, крыльев самолетов, зданий и т. п. всегда стараются, чтобы их резонансная частота ни при каких условиях не совпала с частотой вынужденных колебаний конструкции (совпадение может вызвать разрушение).

Динамическое согласование-рассогласование

1. Управление частотой системы в процессе ее работы.

Примеры. В супергетеродинном радиоприемнике настройку на разные станции осуществляют изменением одновременно с частотой приемного контура частоты дополнительного генератора (гетеродина) так, чтобы разность между ними оставалась постоянной.

В мощных центрифугах для исключения возможности разрушения при проходе через критическую скорость вращения заполняют водой специальные полости; после того как опасные скорости пройдены, воду сливают.

2. Самосо согласование, в том числе явление самосинхронизации, заключающееся в том, что входящие в одну над-

систему разночастотные колебания системы, даже очень слабо связанные между собой, через некоторое время вырабатывают единый ритм совместного движения.

Примеры. Самосинхронизируются маятниковые часы, висящие на одной стене.

Через некоторое время автоматические прессы в одном цехе начинают ударять в такт.

В радиоприемных устройствах используют самонастройку за счет слабых обратных связей.

Ст р у к т у р а

Согласование

1. Согласование сложности подсистем. Системы с резко отличающимся уровнем сложности плохо взаимодействуют друг с другом. Нельзя установить современную систему ЧПУ на довоенный токарный станок.

Пример. При анализе работы рубильной машины было выявлено, что узел крепления ножей состоит из двух деталей, одна из которых очень сложной конструкции и трудоемка в изготовлении, а другая — простая стальная полоска. Некоторое усложнение второй детали позволило существенно упростить первую, в результате суммарная трудоемкость резко упала.

2. Исключение промежуточных согласующих подсистем.

Пример. Автомобиль можно представить как цепочку преобразователей энергии — ископаемого топлива в тепловую энергию в цилиндре, тепловой энергии в движение поршня, прямолинейного движения поршня во вращение коленчатого вала, изменение скорости вращения коробкой передач и преобразование колесами энергии вращения в энергию движения автомобиля. С появлением роторных двигателей внутреннего сгорания отпадает необходимость в промежуточном преобразовании энергии сгорания в движение поршня, а затем коленвала.

3. Стандартизация элементарных частей систем. Использование одинаковых и однотипных элементарных подсистем в разных системах. Переход к модульным конструкциям.

Пример. Общее стремление к стандартизации переходит от простых деталей типа крепежа к сложным блокам типа интегральных схем, на основе небольшого числа разновидностей которых могут быть построены самые различные устройства.

Рассогласование — переход к системам с дифференцированными внутренними условиями. Условия в оперативной зоне стремятся стать оптимальными для проведения технологического процесса (температура, давление, газовый состав, скорость обработки информации), в то время как условия на входе и выходе системы определяются внешней средой и человеком.

Пример. Для обработки сильно окисляющихся материалов создаются цехи с инертной атмосферой.

Динамическое согласование-рассогласование — самоорганизация структуры системы. Вопросы самоорганизации структуры систем при прохождении через систему потоков вещества или энергии подробно рассматриваются в созданной за последнее десятилетие науке — синергетике. Самоорганизация широко распространена в живой природе и только сейчас начинает применяться в технике.

Примеры. Для обеспечения регулирования количества воды в боковых каналах оросительной системы при значительном изменении расхода через главный канал предложено выполнить вход в боковые каналы под углом таким образом, чтобы при определенной скорости течения в главном канале на входе в боковой создавался водоворот, воронка, ограничивающая приток жидкости.

Создание безызысных пар трения за счет эффекта избирательного переноса.

Потоки в системах

Функционирование технических систем проявляется в преобразовании проходящих через систему потоков вещества, энергии, информации. При этом тоже наблюдается согласование, рассогласование, динамическое согласование-рассогласование.

Согласование — выравнивание проводимости всех частей системы для потока.

Пример. Согласование входных и выходных сопротивлений электрических цепей.

Рассогласование — придание разным частям системы разной проводимости.

Пример. Диод пропускает электрический ток только в одном направлении.

Динамическое согласование-рассогласование — изменение проводимости разных частей в зависимости от условий.

Пример. Триод изменяет свою проводимость под действием управляющего сигнала.

Живучесть системы

Согласование — живучесть подсистем (элементов) подбирается одинаковой.

Пример. Создание равнопрочных конструкций, обеспечивающих максимальную длительность работы при минимальной стоимости системы.

Рассогласование — искусственное введение в систему подсистем с пониженной живучестью для ее защиты. Во время аварий слабые подсистемы принимают удар на себя, а вся система остается целой.

Примеры. Использование в электрических цепях предохранителей с плавкими вставками.

Использование в механических устройствах срезных штифтов.

Динамическое согласование-рассогласование — степень живучести подсистем изменяется в зависимости от условий работы.

Пример. Автоматические предохранительные устройства, обеспечивающие защиту системы по разным параметрам по заданной программе.

Отдельно следует остановиться на согласовании-рассогласовании процесса взаимодействия пары инструмент—изделие. Создатель роторных и роторно-конвейерных линий Л. Н. Кошкин, очень много сделавший для обеспечения Советской Армии патронами во время Великой Отечественной войны, разработал классификацию инструмента, на базе характера его взаимодействия с изделием (Прейс В. В. Технологические роторные машины: вчера, сегодня, завтра. М.: Машиностроение, 1986).

Класс 1. Инструмент действует на изделие в точке. Для такого взаимодействия характерна сложная кинематика, автоматизация затруднена.

Примеры. Обтачивание простым резцом. Шитье иглой. Написание текста от руки. Контроль с помощью индикатора. Окрашивание кистью (полисистема точек).

Класс 2. Инструмент действует на изделие по линии. Кинематика становится существенно проще, как правило, отпадает необходимость точного контроля положения изделия.

Примеры. Точение фасонным резцом. Протяжка шлицев. Волочение проволоки. Печатание на ротаторе. Контроль поверхностей по лекалу калибрами-пробками. Окраска валиком.

Класс 3. Инструмент взаимодействует с изделием всей своей рабочей поверхностью. Кинематика самая простая — прямолинейное движение инструмента.

Примеры. Объемная штамповка. Прессовка из пластмассы. Литье. Печатание с плоских типографских матриц.

Класс 4. Объемное взаимодействие инструмента (обрабатывающей среды) с изделием.

Примеры. Различные виды химической обработки. Термообработка. Выращивание кристаллов. Получение дробы капельным способом.

Другая классификация разработана Л. Н. Кошкиным на базе соотношения транспортного и технологического рабочих движений.

Класс 1. Несовмещение транспортного и технологического движений. Транспортное и технологическое движения чередуются. Такой порядок работы характерен для большинства существующих станков.

Класс 2. Технологическое движение совмещается с транспортным. Скорость одного движения равна скорости друго-

го. В такой системе есть преимущества (нет нерабочих пауз), но есть и недостатки (скорость транспортировки ограничивается скоростью обработки).

Примеры. Бесцентрово-шлифовальные станки. Прокатка. Станки для накатки монет. Волочение.

Класс 3. Совмещение технологического и транспортного движений с обеспечением независимости скоростей, что достигается за счет перемещения не только изделия, но и инструмента (совместное движение детали с обрабатывающим инструментом).

Пример. Роторные машины.

Класс 4. Технология обработки не зависит от транспортного движения.

Примеры. Печь для термообработки. Установки для нанесения покрытий.

История развития показывает, что по обеим линиям развитие идет в направлении от первого класса к третьему—четвертому и является процессом согласования-рассогласования между инструментом и изделием, между транспортным и технологическим движениями.

Обычно согласование между изделием и инструментом осуществляется за счет изменения инструмента, так как изделие — конечный продукт, который, как правило, заранее задан. Но в некоторых случаях, особенно на стадии проектирования нового изделия, его можно сделать согласованным, то есть удобным для обработки, обнаружения. Такое действие по отношению к изделию можно назвать повышением его **отзывчивости на воздействие**, которое осуществляется: созданием изделий, пригодных для обработки определенным инструментом (обеспечение их технологичности);

Пример. Замена трудоемких в изготовлении колес велосипедного типа на колеса в виде сплошного диска.

введением в изделие веществ, полей, обеспечивающих впоследствии хорошее взаимодействие изделия с инструментом;

Пример. В различные партии нефти вводят особые добавки, позволяющие опознать разлившуюся нефть.

предварительным частичным воздействием на изделие;

Примеры. Нанесение концентраторов напряжений перед ломкой стальной проката на части.

Предварительное растяжение термоусаживаемых пластиков.

приведением изделия в состояние, удобное для обработки.

Примеры. Обработка металла в состоянии сверхпластичности.

Обработка высокоактивного натрия в замороженном состоянии.

Приведенные выше виды согласования-рассогласования, как правило, не могут рассматриваться изолированно друг от друга. Развитие — единый процесс, в котором одновременно может идти согласование форм, размеров, ритмики действия, живучести изделия с инструментом и т. д.

Особенности совместного действия законов развития технических систем

Выделение отдельных законов развития технических систем является грубым упрощением. На самом деле они действуют в совокупности, обеспечивая эффективное, всестороннее развитие системы. Следствия одного закона нередко тесно переплетаются со следствиями другого, часто речь идет об одной и той же закономерности, рассмотренной с разных сторон. Для практического использования законов развития технических систем удобно представить их в виде отдельных «линий» развития, каждая из которых характеризует одну конкретную, внутренне непротиворечивую закономерность (приложение 14). В виде таких линий развития могут быть отражены и закономерности, место которых в системе законов пока не определено, или закономерности, которые трудно отнести к тому или иному закону, так как в них суммируется действие разных законов развития.

В качестве примера рассмотрим линию развития в направлении повышения степени дробления элементов технической системы, объединяющую действие законов перехода на микроуровень и к использованию полей, повышения динамичности, разворачивания (приложение 14, п. 8).

Общее направление развития по линии дробления — ослабление связей между частями объекта, вплоть до превращения каждой части в самостоятельную систему:

1. Появление в сплошном объекте частичных внутренних перегородок.

Примеры. Внутренние перегородки, несущие стены в жилищах, переборки на судах.

Гаситель качки для судов, включающий разделенную на две части цистерну с отверстием в переборке, через которое перетекает вода.

2. Перегородки становятся полными, в дальнейшем число их увеличивается.

Примеры. Водонепроницаемые переборки на судах для обеспечения непотопляемости.

Заполнение бензобаков сотовым или ячеистым наполнителем, обеспечивающим невозгорание горючего.

3. Частичное отделение образовавшихся отсеков, связанных жестко или шарнирно; на следующем этапе увеличение

числа шарнирных связей, далее переход к эластичным связям.

Примеры. Хвостовая трансмиссия вертолета, состоящая из нескольких валов, соединенных между собой при помощи шлицевых муфт, играющих роль шарниров, то есть обеспечивающих возможность некоторого взаимного перекоса и осевого смещения отдельных участков длинного вала.

Использование в современных вертолетах в механизме крепления лопастей торсиона — гибкого элемента, набранного из большого количества тонких проволок, что обеспечило возможность восприятия огромных центробежных нагрузок, сохраняя необходимую податливость на кручение.

4. Создание конструкций типа штанги: соединение частей сначала жесткими, затем гибкими связями; увеличение длины связей.

Примеры. Катамаран, корпуса которого соединены жестким стержнем; катамаран с изменяемым расстоянием между корпусами.

Спутниковые тросовые системы для создания искусственной гравитации при вращении связанных частей вокруг центра масс.

5. Переход к связям за счет полей.

Примеры. Электромагнитный кран.

Использование акустических стоячих волн для разделения смесей по фракциям.

6. Создание структурной связи (одна часть свободно перемещается внутри другой).

Примеры. Гаситель колебаний для крюка подъемного крана, состоящий из пустого ящика, закрепленного над крюком, внутри которого свободно перекатывается чугунный шар.

Пузырек воздуха, свободно перемещающийся внутри трубки с жидкостью в приборе для измерения горизонтальности (уровень).

7. Создание челночных связей (периодически возникающих), вещественных или полевых.

Пример. В высоковольтных генераторах заряд передается на электрод, связанный с накопителем падающими каплями воды. Это исключает возможность обратного разряда.

8. Введение информационной (программной) связи (работа объектов по заранее согласованной программе в отсутствие материальной связи, возможно, с периодической синхронизацией со стороны).

Пример. Работа ЭВМ в режиме параллельных вычислений.

9. Переход к нулевой связи — полной независимости ранее связанных друг с другом систем.

Примеры. Блочная модель ЭВМ, выбираемая из независимо созданных подсистем по выбору потребителя.

Переход от печати с резных досок к набору текста из отдельных букв.

Работа по выявлению линий развития продолжается. Необходимо отметить, что помимо линий общетехнического характера выявляются и линии в отдельных областях, отраслях техники, для отдельных типов машин и технологических

процессов. В качестве примера можно привести линии развития процессов сжигания, характерные для химических и металлургических технологий (приложение 14, п. 9).

Совместное действие различных линий развития, в том числе и пока еще не выявленных, определяет общий уровень развития техники в данный период.

При изучении истории развития техники в первую очередь бросается в глаза кажущаяся случайность появления того или иного изобретения, в связи с чем до сих пор бытует представление о случайности всего процесса развития техники. На самом деле существует диалектическая связь между случайным и необходимым, закономерным. Случайность, например, проявляется в том, кто именно изобрел телефон: А. Г. Белл или Э. Грей, подавший заявку в патентное ведомство несколькими часами позже. А закономерность — в том, что развитие электротехники к тому времени достигло такого уровня, при котором появление телефона стало неизбежным.

Конечно, известны случаи преждевременного появления изобретений (работы Леонардо да Винчи) и, наоборот, запаздывания (телескоп Максутава). Общее развитие науки и техники можно условно представить как наступление единого фронта: где-то оно приостанавливается, где-то вырывается вперед. Но главное — отставшие части рано или поздно подтянутся, так как их отставание начнет тормозить общее движение вперед и на помощь им будет брошено подкрепление.

Законы развития технических систем выявлены на основе анализа уже существующих систем. Тем не менее они имеют прогностическую силу, позволяя на их базе создавать технику завтрашнего дня. Происходит это благодаря тому, что они получены сведением воедино прогрессивных тенденций развития разнообразных систем. Например, строительство отстает от самолетостроения и космической техники в области использования легких и прочных материалов, но существенно опережает их в применении композитов, давно известных в строительстве (железобетон) и только совсем недавно появившихся в самолетостроении. Использование же предварительно напряженных композитов или композитов с изменяющейся в процессе эксплуатации степенью напряжения материала (в теле Останкинской телебашни проложены стальные канаты, натяжение которых можно изменять) почти нигде, кроме строительства, пока не освоено. Следовательно, тенденция использования особых композитных материалов в самолетостроении — прогрессивная, завтрашняя тенденция. А законы представляют собой комплекс таких наиболее эффективных тенденций из разных отраслей.

Действие законов развития технических систем можно проследить, например, на разных этапах истории развития металлорежущих станков. В самых первых станках все основные движения выполнялись за счет самого человека — он вращал деталь, держал в руках и перемещал резец. Паровая машина приняла на себя функции двигателя (источника энергии), а в первом десятилетии XIX века Генри Модсли изобрел поворотный механический суппорт, с появлением которого, собственно, и началось современное станкостроение. «Это механическое приспособление заменило не какое-либо особенное орудие, а самую человеческую руку...», — писал К. Маркс (Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 23, с. 396). Следующим этапом вытеснения человека было появление станков-автоматов, управляющихся всякого рода механическими устройствами. А в наше время имеются станки с программным управлением, связанные с ЭВМ, которая по чертежу сама (без участия человека) разрабатывает программу и ведет изготовление детали.

Все развитие станков идет в направлении повышения идеальности. Сегодняшний станок имеет гораздо меньший относительный вес и большие возможности, чем аналогичный станок даже конца 60-х годов. Наглядно проявляется и повышение динамичности и управляемости. Созданы станки, которые сами, благодаря системе обратной связи, в процессе работы настраиваются на оптимальный режим. Для успешной работы станков в максимальной степени проведено согласование материалов, формы и размеров детали, ритмики работы и параметров отдельных подсистем. Появляются и конструкции, работающие в режиме рассогласования, например станки для поперечно-винтового точения.

Переход в надсистему в металлообработке первоначально проявлялся в увеличении количества инструментов на одном станке и совмещении во времени действия различных инструментов на револьверных станках и токарных автоматах. На следующих этапах развития появились надсистемы, состоящие из нескольких станков — автоматические поточные линии, в которых объединились станки-конкуренты — токарные, фрезерные, шлифовальные (развертывание). В дальнейшем появились обрабатывающие центры, в которых неразделимо соединено множество разных станков. Появились станки, в которых соединены вместе антагонистические системы, имеющие противоположные функции, например, осуществляющие наплавку деталей сварочным аппаратом и немедленно, по не успевшему затвердеть металлу, — токарную обработку (свертывание).

Используются в металлообработке переход на микроуро-

вень и различные поля. Обработка иглофрезами, абразивная обработка, электрохимические, электроэрозионные, плазменные методы находят все более широкое применение. Появление этих способов заставляет активнее развивать традиционные системы, переходить к использованию новых средств повышения точности, эффективности, связанных с применением полей (вибрационное резание), динамичности (вращающиеся чашечные резцы), новых материалов — твердых сплавов, алмаза и эльбора в режущем и мерительном инструменте. Появились и системы, в которых совмещаются разные принципы — мощная плазменная струя подрезает слой металла толщиной до 10 см, идущий вслед за плазменной головкой клин отгибает срезаемый слой металла, а связанная с ним фреза выравнивает еще горячий металл. По производительности с таким станком не может сравниться ни один из существующих.

Взаимное действие законов развития техники — сложный процесс. Требования разных законов нередко противоречат друг другу. Противоречия возникают и в тех случаях, когда на развитие системы накладывает ограничения надсистема, в которую она входит. При этом разрешить противоречия позволяет **«люфт согласования»** — нечувствительность надсистемы к некоторому несогласованию системы с ней.

Пример. Эволюция резцов, заключавшаяся в использовании все более твердых и износостойких материалов (углеродистая сталь, вольфрамовая «быстрорежущая» сталь, твердые сплавы, металлокерамика), почти не сказывалась на развитии токарных станков до определенного момента. А эльборовые и алмазные резцы уже потребовали изменений в конструкции станка, обеспечивающих соответствующие скорости подачи и резания, снижения уровня вибраций, механизации вспомогательных процессов. Еще более серьезной реконструкции станков потребовали вращающиеся дисковые и чашечные резцы, а применение плазменно-механической технологии почти полностью меняет станок.

В зоне «люфта согласования» система может развиваться по своим законам, но границы этого люфта устанавливаются надсистемой.

Масштаб последствий изменения системы на каком-либо уровне, как правило, сокращается по мере удаления этого уровня. Но иногда возможно резкое проявление этого изменения на более высоких ступенях иерархии.

Пример. Электронное зажигание в автомобиле полностью меняет подсистему «зажигание», значительно меньше двигатель и почти не сказывается на самом автомобиле. Вместе с тем оно снижает вредность выхлопа и, следовательно, благотворно отражается на надсистеме высокого уровня — окружающей среде.

Появление последствий изменений на высоких уровнях обычно запланировано, поскольку изменения в системе или

ее подсистемах происходят под влиянием претензий с этих уровней. Изменение, проведенное для снятия претензии надсистемы на относительно низком системном уровне и слабо влияющее на несколько последующих уровней, наиболее сильно сказывается именно на том уровне, от которого шла претензия.

Проявление последствий изменений на высоком системном уровне бывает и неожиданным, а то и вредным.

Пример. Сегодня существует мнение, что широкое применение аэрозольных баллончиков с фреоном чревато разрушением озонового экрана Земли, то есть угрожает жизни на Земле.

Законы развития технических систем являются объективными законами, но имеют статистический, вероятностный характер, как и все законы, связанные с развитием систем высокой сложности. Поэтому всегда можно отыскать примеры единичного нарушения того или иного закона. Наиболее часто такие нарушения связаны с тем, что сильная надсистема заставляет подчиненную ей систему нарушить закон.

Пример. Во всей истории кораблестроения отмечается тенденция — уменьшение отношения ширины корабля к его длине, соответствующая закону повышения идеальности. Корабли становятся длиннее и уже, что позволяет с меньшим расходом энергии добиться высокой скорости. Однако в начале 70-х годов прошлого века в России была начата постройка круглых броненосцев по проекту выдающегося кораблестроителя вице-адмирала А. А. Попова. Правда, было построено всего 2 таких корабля. Объясняется такое отклонение от законов развития техники действием социальных законов, политики. После поражения России в Крымской войне в 1856 году по мирному договору, гарантом которого была Франция, Россия не имела права держать на Черном море корабли большого размера. А для защиты портов с моря требовались крупные корабли, на которые можно было установить тяжелые, обладающие мощной отдачей крупнокалиберные пушки. Создание круглых кораблей блестяще разрешило это противоречие. Но после проигрыша Франции в войне с Пруссией в 1871 г. стеснительные условия договора были отменены, и все стало развиваться по законам развития техники — началось строительство кораблей нормальной длины.

Часто нарушения в развитии отдельных систем бывают оправданны, так как обеспечивают более высокие темпы развития надсистемы. Но в ряде случаев такие нарушения оказывались ошибочными, приводили к замедлению развития.

Изучение истории развития техники показывает, что закономерны не только описанные выше тенденции развития, но и определенные, систематически повторяющиеся ошибки, допускаемые теми, кто создает новую технику. Законы развития объективны, но реализуются человеком, который использует метод проб и ошибок, а ошибки не всегда выявляются на стадии продумывания идеи, и, будучи воплощенными «в металле», могут затормозить развитие, временно направить его по неверному, неперспективному пути. Эти ошиб-

ки всегда потом исправляются, но упущено время, впустую затрачены средства.

В математике существует понятие «точка бифуркации» — точка ветвления функции, в которой достаточно бесконечно малого воздействия, чтобы направить дальнейший ход событий по той или иной траектории. Такими точками, наиболее «чувствительными» к ошибкам, по сути, являются точки перегиба на S-кривой. Неверно выбранные именно в эти моменты решения приносят наибольший ущерб. Вероятность ошибочных решений тем выше, чем слабее представляет себе человек закономерный ход развития техники. Знание типовых ошибок (приложение 16) должно быть обязательным для любого специалиста, так как позволяет свести их количество к минимуму.

Закономерности как основа интуиции

Утверждение о том, что до появления ТРИЗ решение изобретательских задач осуществлялось исключительно методом проб и ошибок, нередко вызывает возражения: а как же знаменитые изобретатели, ученые — неужели они тоже пользовались только перебором вариантов? Но тогда невозможно объяснить, как им удалось сделать множество изобретений высокого творческого уровня. Нет, у них работает не перебор, а интуиция!

Энциклопедический словарь определяет интуицию как «...способность постижения истины путем непосредственного ее усмотрения без обоснования с помощью доказательства» (Советский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1989). Безусловно, невозможно отрицать ее существование как некоторого априорного знания, навыка, позволяющего в некоторых случаях найти решения без перебора вариантов, как бы в результате «осенения».

О выдающемся советском авиаконструкторе А. Н. Туполеве рассказывали, что он, посмотрев на чужой самолет, сразу сказал, где тот сломается. А кораблестроитель академик А. Н. Крылов, взглянув на модель парохода, не добивавшего расчетной скорости, предложил немного укоротить винт. Оба оказались правы.

А. Н. Крылов (Мои воспоминания. Л.: Судостроение, 1979) рассказывает об одном из своих учителей, самоучке П. А. Титове: «...Не раз Петр Акиндинович говаривал мне: — Ну-ка, мичман, давай считать какую-нибудь стрелу или шлюп-балку.

По окончании расчета он открывал ящик своего письменного стола, вынимал эскиз и говорил:

— Да, мичман, твои формулы верные: видишь, я размеры назначил на глаз — сходятся...»

Как же им удавалось угадывать результат на глазок, без необходимых расчетов?

Известно множество попыток объяснить природу интуиции, вплоть до мистических «божественного откровения» и «подсказок» инопланетного разума. Не вдаваясь в детали психологических механизмов интуиции (слабо изученная область), можно утверждать, что интуиция — это полученное в результате большого опыта неосознанное и не выраженное на вербальном (словесном) уровне понимание объективно существующих закономерностей. Ведь там, где нет закономерностей (например, игра в рулетку), не существует и интуиции.

Интересно, что интуитивное познание закономерностей — процесс, свойственный не только человеку. Условный рефлекс животного также является результатом установления и использования закономерности между появлением сигнала и пищи, например. «Ощущение» горного козла, на какой камень можно прыгнуть, а какой может подвести, оказаться неустойчивым, весьма близко к интуитивному чувству человека, что балка под нагрузкой может сломаться...

В самом начале жизни человека интуитивный способ познания закономерностей окружающего мира — практически единственный и очень сильный инструмент. Без помощи взрослых ребенок догадывается о связях, существующих между произносимыми словами и предметами, самостоятельно проводит обобщения (мы очень часто одними и теми же словами называем с виду очень разные предметы, например стол — обеденный, письменный, журнальный...). Такую сложную творческую работу ребенок проводит по каждому слову, явлению. Именно в этом возрасте у него максимально работает аппарат выявления закономерностей, связей. Но после овладения началами языка ребенку гораздо проще получить информацию о связях и понятиях у взрослых, чем догадываться, обобщать самому. В результате эффективный аппарат за ненадобностью ослабляется, почти атрофируется. Очень немногим все же удается его сохранить, и именно их окружающие воспринимают как гениев интуиции. Вырабатывается интуиция практическим опытом анализа причин явлений, сопоставлением нового знания с известным и т. д.

Несмотря на высокую эффективность, интуитивное знание закономерностей во многом уступает знанию, выраженному в словесных формулировках: его нельзя передать другому, оно не всегда одинаково успешно «срабатывает». Формирование интуиции идет методом проб и ошибок, поэтому

возможно возникновение ложной интуиции на основе случайного совпадения тех или иных фактов. К ложному интуитивному знанию можно отнести предрассудки, в том числе национальные, расовые. Очень часто интуитивное знание закономерностей, основанное на встречающихся банальных решениях, на житейском здравом смысле и опыте, становится базой психологической инерции, стереотипов. Таким образом, интуиция в чистом виде является результатом использования метода проб и ошибок и формой его проявления.

История цивилизации показывает, что в различных областях человеческой деятельности интуиция последовательно вытесняется формулировками закономерностей, то есть переходом к науке. Интуитивные оценки «сломается балка или не сломается?», «здоров ли человек, судя по цвету лица или виду крови?» сменяются расчетными методиками, измерением давления и анализами, дающими четкий ответ. Такое вытеснение наблюдается и в области изобретательства. Отдельные приемы, закономерности в поиске решений изобретательских задач выдающиеся ученые, изобретатели находили и до создания ТРИЗ.

О принципе, используемом конструктором советских танков А. А. Морозовым, очень близком к пониманию идеальной машины в ТРИЗ (машины нет, а ее функции выполняются), речь шла выше. Аналогичные принципы работы встречаются и у американских инженеров. Вот как пишет об этом лауреат Ленинской премии Н. Н. Смеляков (Деловая Америка: записки инженера. М.: Политиздат, 1970): «Американские конструкторы стараются, и небезуспешно, делать машины из меньшего количества деталей и узлов. При этом они руководствуются простейшим соображением: не изнашиваются только те детали, которые отсутствуют в машине»... «Простота! Это, пожалуй, наиболее характерная черта американской инженерной мысли. Американскую конструкцию машины, мотора, одежды можно отличить среди многих других... Прежде всего простота изготовления, позволяющая поставить массовое или крупносерийное производство на конвейере; простота налаживания, несложность и надежность эксплуатации, позволяющая свободно пользоваться машиной или приспособлением; простота разборки и сборки, упрощающая и облегчающая процессы монтажа и ремонта... Характерно для американских инженеров и конструкторов не раз слышанное мною выражение: «Он недостаточно умен, чтобы делать простые вещи». Очень неплохая мысль: простота конструкции — мерило ума ее создателя!

А рабочие приемы выдающегося советского авиаконструктора Р. Л. Бартини предусматривают выявление и раз-

решение противоречий, что является сегодня основой алгоритма решения изобретательских задач – главного инструмента ТРИЗ.

«При решении поставленной задачи необходимо установить сколь возможно более компактную фактор-группу сильной связи, определить факторы, которые играют решающую роль в рассматриваемом вопросе, отделив все второстепенные элементы. После этого надо сформулировать наиболее контрастное противоречие ИЛИ-ИЛИ, противоположность, исключающую решение задачи... Решение задачи надо искать в логической композиции тождества противоположностей ... И-И» (Чутко И. Э. Мост через время. М.: Политиздат, 1989).

В этой, хотя и несколько сложной по выражению мысли хорошо виден принцип работы Бартини, включающий отбрасывание сначала всего лишнего, выявление мешающих развитию противоречий (ИЛИ-ИЛИ) и поиск путей их разрешения (И-И).

О крупнейшем изобретателе, специалисте в области телевизионной техники Г. В. Брауде рассказывает его коллега А. Родин (Перед Новым годом. Записки инженера. – Знамя, 1986, № 9):

«Изобретатель, любят повторять, – талант, творческая личность, его осеняет и озаряет, какая, казалось бы, здесь может быть система, методология? Но у Брауде, полагаю, именно метод. Если, допустим, какое-то явление мешает, вредит, не дает реализовать техническую задачу, а все попытки устранить это явление, свести его к минимуму не удаются, Брауде решает: «Раз так, давайте не тратить силу на борьбу с этим осложнением, а попытаемся использовать его для дела».

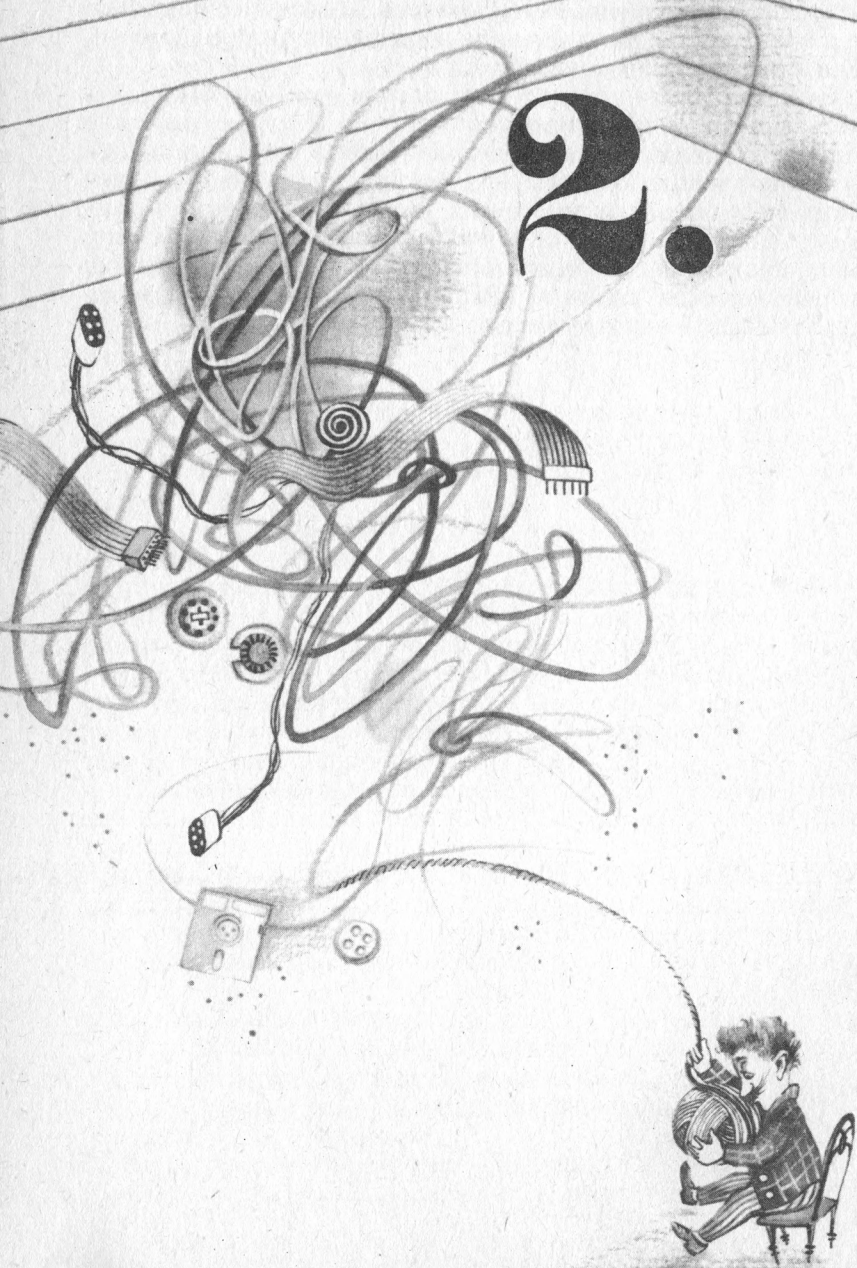
В приведенных выше и многих других случаях осознание даже небольшой, отдельной закономерности на уровне приема, правила, резко повышало эффективность решения проблем. Фактически ТРИЗ является обобщением заключенного в патентном фонде опыта всей массы изобретателей, обработанным до состояния, в котором он может быть использован любым человеком. Сегодня все еще неизвестно, как обучать интуиции, а обучать ТРИЗ, целенаправленному использованию закономерностей развития, можно.

Наблюдения за работой специалистов, прошедших обучение ТРИЗ и систематически использующих ее для решения задач, а также самонаблюдения преподавателей и разработчиков ТРИЗ показали, что в конечном итоге на базе ТРИЗ формируется «новая интуиция» – закономерности и инструменты ТРИЗ переходят в подсознание, благодаря

им появляются новые невербальные представления, основанные на объективных, статистически достоверных закономерностях, помогающие решать проблемы, для которых правила решения еще не оформлены словесно. Так, некоторым специалистам по ТРИЗ удалось решить с ее помощью ряд научных задач, хотя правила их решения были сформулированы значительно позднее.

Законы развития технических систем, как уже было сказано, образуют теоретическую базу ТРИЗ. Их изучение направлено на формирование диалектического мышления, они могут использоваться для прогнозирования развития технических систем, а также для решения изобретательских задач. Однако для этой цели они не очень удобны — слишком обобщены и громоздки. Непосредственно для решения изобретательских задач в ТРИЗ имеются свой инструментарий и информационные фонды.

2.



Инструменты и информационный фонд ТРИЗ

Типовые приемы устранения технических противоречий

С начала XX века неоднократно публиковались различные списки изобретательских приемов. Причем каждый автор приводил те из них, которые казались ему наиболее сильными. В результате рядом оказывались приемы, относящиеся к техническим системам (например, «дробление») и к действиям решающего задачу человека (например, использование аналогии). Однако такого рода списки не нашли сколько-нибудь заметного применения.

Научно обоснованный поиск приемов решения изобретательских задач начался лишь в 50–60-х годах в рамках ТРИЗ. На основе анализа больших массивов патентной информации (свыше 40 тысяч изобретений, в основном не ниже второго уровня) удалось выделить действительно лишь сильные приемы, которые эффективно срабатывали не менее чем в 80–100 изобретениях.

Так было выявлено 40 типовых приемов (приложение 1). Для организации их использования была разработана специальная таблица, в которой по вертикали располагаются характеристики технических систем, которые по условиям задачи необходимо улучшить, а по горизонтали – характеристики, которые при этом недопустимо ухудшаются (приложение 2). Допустим, нам необходимо что-то улучшить в нашей системе. Выбираем один из известных методов (средств), способных это сделать. Если улучшение достигается без вредных последствий, то проблема решена, изобретательская задача отсутствует. Если же использование известных методов или средств приводит к какому-либо вредному эффекту (ухудшению другой характеристики), то обращаемся к таблице. На пересечении граф и колонок с наименованиями улучшаемой и ухудшаемой характеристик находим номера приемов, позволяющих с наибольшей вероятностью устранить возникшее техническое противो-

речие. Таблица охватывает около полутора тысяч наиболее часто встречающихся в изобретательской практике технических противоречий.

Список приемов в современном варианте возник не сразу. Приемы занимали в нем порядковые места по мере их выявления. Сегодня очевидно, что они неоднородны по своему характеру и образуют четыре группы:

одиночные (например, «дробление», принцип «местного качества» и т. д.);

комбинационные, то есть включающие в себя пару прием— антиприем (принцип частичного или избыточного действия, принцип отброса и регенерации частей и т. д.);

использующие некоторые физические эффекты (тепловое расширение, фазовые переходы и т. д.);

использующие некоторые вещества (сильные окислители и т. д.).

Некоторые одиночные приемы тоже используются парами по принципу прием— антиприем (например, приемы «дробление» и «объединение»).

Противоречия двойственны (содержат два конфликтующих требования), и потому неудивительно, что в сочетаниях приемов, устраняющих противоречия, эта двойственность проявляется.

Пример. Предложен звукопровод, состоящий из пучков отдельных волокон. Здесь ясно видны два приема: «дробление» и «объединение» (сплошной стержень разделен на волокна, а волокна объединены в пучок). Две операции придали системе новое качество — возможность передачи информации о звуковых полях сложной конфигурации.

Чем труднее задача, тем, как правило, сложнее сочетание необходимых для ее решения приемов.

Пример: Для очистки от немагнитной пыли поток горячих газов пропустили через «пакет» из многих слоев металлической ткани. Недостаток системы: фильтр быстро забивался пылью, очистка фильтра требовала много времени и труда. Была предложена совершенно новая система — фильтр, представляющий собой пористую структуру из ферромагнитных крупинок, удерживаемых магнитным полем. Здесь отчетливо видны, как минимум, четыре приема: «дробление» (крупинки вместо пакета ткани); «объединение» (крупинки собраны в единую пористую структуру); «динамичность» (размеры пор можно изменять); использование магнитного поля (крупинки удерживаются в «пакете» не механически, а магнитными силами).

Рассмотрим использование приемов разрешения технических противоречий при решении конкретной задачи.

Задача 2. *Добычу руды в некоторых шахтах ведут следующим образом: проходят сначала самый нижний уровень, укладывают там железнодорожные пути. Потом начинают разрабатывать более высокие уровни, а для транспорти-*

ровки руды делают специальные колодцы (рудоспуски), по которым ее сбрасывают на нижний уровень, откуда вывозят. Рудоспуски могут быть глубиной в несколько сотен и диаметром в несколько метров. Руду к ним подгребают бульдозерами, в результате в них попадают бревна, доски от шахтного крепежа и т. д. Иногда посторонние предметы застревают в рудоспуске, и он забивается (забutoвывается). Узнают об этом только тогда, когда завал дойдет до начала рудоспуска. Как теперь его прочистить (разбutoвать)? Раньше это делали с огромным риском для жизни: доброволец влезал в колодец и устанавливал там длинный шест с взрывчаткой (поближе к месту завала). За рубежом для такой работы предложили приспособить робота, доставляющего взрывчатку наверх, либо ракету со сложной системой наведения, чтобы она попадала не в стенку колодца, а в завал. Но все это сложно и дорого. Как быть?

Решать эту задачу можно, просматривая по порядку список приемов и пробуя их применить для данного случая. Но лучше воспользоваться таблицей.

Что нужно улучшить? Удобство эксплуатации (строка 33 в таблице). Что при этом недопустимо ухудшается? Возрастает сложность (графа 36). Возможна и другая формулировка: попытка уменьшить сложность предлагаемых решений (строка 36) приводит к ухудшению удобства эксплуатации (графа 33). На пересечении указанных строк и граф выписываем приемы: 32, 25, 12, 17 и 27, 9, 26, 24. Рассмотрим каждый из них.

Прием 32 – принцип изменения окраски – не подходит.

Прием 25 – принцип «самообслуживания». Он подсказывает, что взрывчатка должна сама подниматься наверх. Но как?

Прием 12 – принцип эквипотенциальности. Не поднимать, не опускать – взорвать внизу? Но взрывная волна не дойдет до завала. Может быть, направить взрыв вверх, как кумулятивный?

Прием 17 – принцип перехода в другое измерение. Подать взрывчатку через боковую шахту? Сложно.

Прием 27 – принцип дешевой недолговечности вместо дорогой долговечности. Использовать дешевое устройство одноразового пользования, которое бы доставляло взрывчатку наверх? Вместо ракеты что-то существенно более дешевое. Может быть, воздушный шарик?

Прием 9 – принцип предварительного антидействия не подходит.

Прием 26 – принцип копирования – не подходит.

Прием 24 – принцип посредника. Можно использовать

какой-то предмет – посредник, переносящий взрывчатку или передающий энергию взрыва к завалу.

Комбинация подсказок приемов 25, 27 и 24 дает две идеи: поднимать взрывчатку с помощью воздушного шарика; заполнить шахту легким взрывчатым газом – водородом. Смешиваясь с воздухом, он создаст гремучую смесь.

Необходимо отметить, что приемы готовых решений обычно не дают (разве что среди примеров, поясняющих их, окажется решение аналогичной задачи). Это наводящие вопросы, подталкивающие поиск в перспективном направлении. Поэтому работать с ними нужно без спешки, не упуская возможности по-разному сформулировать исходное техническое противоречие и, следовательно, выйти на другие наборы приемов.

Список приемов с таблицей – один из самых ранних инструментов ТРИЗ, и одно время представлялось, что дальнейшее развитие теории пойдет по пути увеличения количества приемов и уточнения таблицы их применения. Выяснилось, однако, что трудные задачи решаются применением сочетаний приемов или сочетаний приемов с физ-эффектами. Поэтому в дальнейшем внимание было сосредоточено на изучении сложных комплексных приемов – возникла система стандартов, фонд физических и других эффектов и явлений для изобретателей, алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ). Но и сегодня приемы являются азбукой изобретателя, оставаясь достаточно эффективным инструментом.

Вепольный анализ

Одним из самых эффективных методов познания является моделирование, то есть замена реальных систем моделями (идеализированными системами). Операции, которые сложно или невозможно провести с реальными системами, проводят с моделями, а полученные результаты распространяются с соблюдением условий подобия на реальные системы. Отражая правильно одни качества объекта, модель может не иметь других его качеств: так, масштабная модель в точности повторяет внешний вид самолета, но летать не в состоянии. Модель может быть совершенно не похожей на объект, например математическая модель, представляющая собой систему уравнений, решение которых дает информацию об особенностях поведения моделируемого объекта.

Общая последовательность работы с моделями одинакова для самых разных объектов; создается модель той

или иной физической природы, в которой отражаются нужные свойства объекта, далее с нею проводят необходимые преобразования, исследования, после чего полученные результаты переносят на объект моделирования.

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

***Задача 3.** Для сбора разлившейся нефти на поверхность нефтяного пятна высыпают пористые гранулы, впитывающие нефть. Но как потом собрать гранулы?*

Рассмотрим предварительно несколько изобретений.

Для обработки (омагничивания) зерен абразива предложено смешивать их с ферромагнитными частицами и вращать смесь магнитным полем.

Для очистки проволоки от окалины предложено пропускать ее через абразивный ферромагнитный порошок, сжимаемый магнитным полем.

Для распыления полимерных расплавов предложено вводить в них ферромагнитные частицы и пропускать через зону действия знакопеременного магнитного поля.

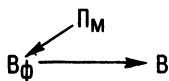
Нетрудно заметить общий прием, использованный в этих изобретениях. Имеется некоторое вещество, само по себе не поддающееся управлению (изменению, обработке). Чтобы управлять веществом, вводят ферромагнитные частицы и действуют магнитным полем.

До знакомства с этими изобретениями задача 3, возможно, показалась бы трудной. Теперь же ответ очевиден: нужно ввести в гранулы ферромагнитные частицы и собирать их с помощью магнитного поля.

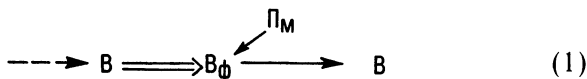
Запишем это решение так, как записывают химические реакции. По условиям задачи дано вещество (полимерный состав), обозначим его буквой В. Пунктирной стрелкой покажем, что по условиям задачи вещество плохо поддается управлению и надо научиться им управлять:

----->В

Запишем теперь ответ. Вводится магнитное поле Π_m , действующее на ферромагнитный порошок B_{ϕ} , который, в свою очередь, управляемо действует на В:



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



Запись отчетливо выражает суть решения. Было вещество (V), которое плохо поддавалось непосредственному воздействию. Пришлось пойти в обход: взяли хорошо взаимодействующую пару магнитное поле– ферропорошок и объединили с имеющимся веществом в единую систему. Видно и противоречие, скрытое в условиях задачи: поле не должно действовать на V (нет подходящих полей) и должно действовать на V (чтобы управлять им).

Запись (1) отражает суть приведенных ранее изобретений. В патентном фонде имеются тысячи изобретений, соответствующих «реакции» (1). «Треугольник» из P_M , V_Φ V получил название феполь (от слов ФЕррочастицы и ПОЛе).

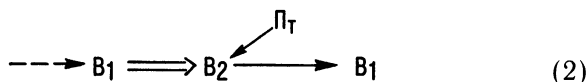
Существуют, однако, другие вещества, хорошо работающие в паре с различными полями.

Примеры. Для сжатия порошка, заключенного в металлический корпус, используют охлаждение корпуса.

Для съема гребных винтов используют тяговые стержни, удлиняющиеся при нагревании.

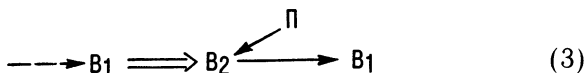
Для микродозирования жидких лекарств нагревают воздух в полости пипетки.

Формула этих изобретений может быть записана так:



Дано плохо управляемое вещество – **изделие** V_1 . Чтобы обеспечить хорошую управляемость, надо перейти к системе, в которой тепловое поле P_M действует на вещество — **инструмент** V_2 , взаимодействующий с V_1 . Структуры из P_M , V_2 и V_1 получили название **теполей**.

В общем случае возможны структуры, включающие любое поле:



Такие структуры принято называть в общем виде **вепольми**.

Нетрудно заметить, что **веполь является минимальной моделью технической системы**: он включает изделие, инструмент и энергию (поле), необходимую для воздействия инструмента на изделие. Модель сложной технической системы можно свести к сумме веполей.

Вещество принято записывать в вепольных формулах в строчку, поле на входе — над строчкой, поле на выходе — под строчкой. Веполь обозначают также (без конкретизации) в виде треугольника.

В тексте используются следующие условные обозначения:

- необходимое взаимодействие,
- недостаточное взаимодействие,
- ~~~~~ нежелательное взаимодействие,
- направление взаимодействия,
- ====> направление преобразования веполя.

В конкретных технических системах для обозначения природы веществ и полей, их характеристик также используются условные сокращения типа:

маг.— магнитный, макс.— максимальный и т. д.

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

Вепольное преобразование подсказывает изобретателю что именно необходимо ввести в систему для решения задачи (вещество, поле, то и другое вместе), но не конкретизирует, какие именно. Для получения технического ответа нужно подобрать подходящие вещества и поля. При этом необходимо начинать перебор с полей, так как их существенно меньше, чем веществ. Перебирать поля удобнее в той последовательности, в которой они входят в закон перехода на микроуровень, от механического к магнитному, используя

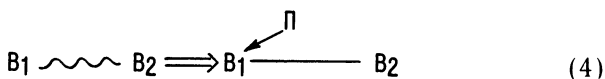
расшифровки (см. с. 61), что входит в понятие того или иного поля (очень удобна для запоминания и использования аббревиатура МаТХЭМ). Необходимо помнить также, что в соответствии с законом следует рассматривать также изменения полей от постоянного до сочетаний взаимно противоположных полей и воздействий, переменных и импульсных полей, а также суммарные взаимодействия, отражаемые в МаТХЭМ соседними буквами – электрохимические, электромагнитные и т. п.

Большинство полей связаны со «своими» веществами: химическое поле – с различными катализаторами, ингибиторами, особо активными или, наоборот, инертными веществами; электрическое поле – с заряженными частицами (электронами, ионами); магнитное – с ферромагнитными материалами; электромагнитное – с люминофорами разных частот, фотонами и т. д.

При выборе веществ для достройки веполей необходимо максимально использовать ресурсы.

Задача 4. *Очень мелкие детали шлифуют, перемешивая их в барабане с абразивным порошком. Но потом нужно отделить детали от порошка. Как это сделать, если размер деталей мало отличается от размера зерен абразива и детали выполнены из немагнитного материала?*

Даны два вещества, причем ни одно из них не является инструментом. Кроме того, в системе нет поля. Обозначим ненужное взаимодействие волнистой линией. Тогда решение задачи в общем виде можно записать так:



Теперь для получения технического решения нужно определить, какое же поле нам нужно. Воспользуемся аббревиатурой МаТХЭМ.

С помощью механического поля можно разделить два вещества, если они обладают разной плотностью: сепарация с помощью центробежных сил, разделение в потоке воздуха и т. д. В нашем случае плотности деталей и абразива близки по значению, поэтому механика «не срабатывает». Тепловое поле можно было бы использовать, если бы абразив переходил в другое состояние например плавился или испарялся. Химическое – если абразив, например, растворить. Но портить абразив мы не можем. Электрическое поле в принципе может использоваться для сепарации, но требует сложного оборудования, высокого напряжения и не очень удобно для применения в цеховых условиях. Остается маг-

нитное поле. Но, как было сказано, оба вещества немагнитны. Может быть в одно из веществ ввести ферропорошок? Конечно, этого нельзя сделать с деталями, это продукция, которая должна быть немагнитной. А абразив – наш инструмент, в него можно ввести добавку.

Получим **комплексный веполь**:

$$B_1 \rightsquigarrow B_2 \Rightarrow (B_1 \ B_\Phi) \xleftarrow{\Pi_M} B_2 \quad (5)$$

Разумеется, могут быть построены и более сложные вепольные системы. Но введение новых веществ и полей – отступление от идеала. Поэтому, составляя вепольные формулы, важно как можно меньше отходить от идеала – простого веполя, «треугольника». Такой отход необходим и допустим лишь в той мере, в какой усложнение вепольной структуры компенсируется увеличением числа функций, появлением новых полезных качеств и т. д.

Теперь можно записать первое правило вепольного анализа – **правило достройки веполя**:

если в условии задачи имеется неполный веполь (нет одного или двух элементов), то для решения задачи необходимо достроить его до полного, введя недостающие элементы.

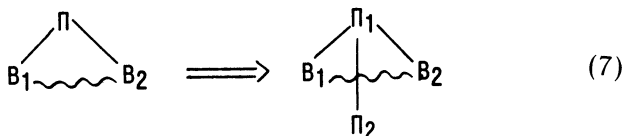
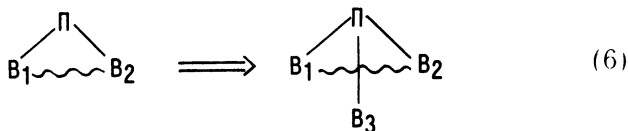
Задача 5. Для улавливания золы и пыли на тепловых электростанциях из топочных газов используют так называемые мокрые золоуловители. В них смешанный с водой поток газов проходит с большой скоростью по стальной трубе, при этом труба подвергается абразивному износу из-за содержащихся в газах твердых частиц. Неоднократно пытались покрывать поверхность трубы каким-нибудь веществом, стойким к износу, но не удавалось подобрать вещество, которое удовлетворяло бы всем требованиям и было достаточно дешево. Как быть?

Исходная вепольная модель: B_1 – стенка трубы, B_2 – поток, который действует на B_1 вредным полем Π (механический износ). Получается, что веполь у нас есть, но вредный, ненужный. В этом случае поможет второе правило вепольного анализа – **правило разрушения вредного веполя**:

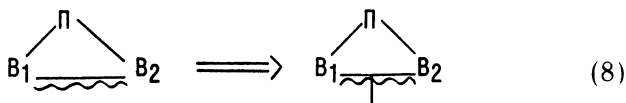
если в условии задачи имеется вредный веполь, то его нужно разрушить, например, введением между вредно взаимодействующими веществами третьего вещества, являющегося модификацией B_1 или B_2 , или обоих вместе, или

модификацией внешней среды (продуктом ее взаимодействия с V_1 или V_2).

Другая возможность разрушить вредный веполь – введение поля, действующего против вредного взаимодействия.

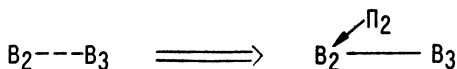


Нередко взаимодействия во вредном веполе противоречивы – и полезны и вредны. В этом случае нужно разрушить вредное так, чтобы полезное осталось.

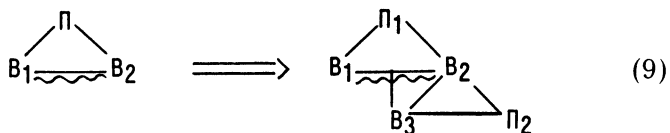


В ТРИЗ понятие «модификация» понимается достаточно широко – это может быть какой-то производный ресурс, полученный из имеющихся веществ или (иногда) постороннего вещества, но обладающего свойствами, близкими к свойствам имеющихся веществ, согласующегося с ними. Например, модификациями твердого вещества могут быть отдельные его составляющие, соединения с другими веществами, само вещество в разных агрегатных состояниях, обладающее дополнительными свойствами: намагниченное, радиоактивное, светящееся и т. п. Модификации воды: лед или пар, кислород и водород, выделяющиеся из нее соли, смеси с газом, твердым телом или другой жидкостью (аэрозоли, пены, эмульсии, суспензии), слой турбулентной воды над ламинарным потоком, и наоборот, и т. п.

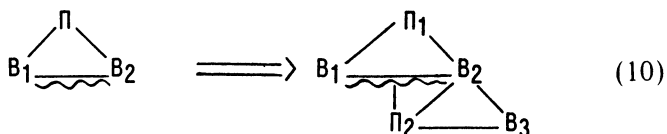
Идеально, если модификация возникает сама. Но как этого добиться? Мы имеем одно вещество, и на него надо так подействовать, чтобы появилось другое, нужное нам. Это фактически достройка веполя:



Полная картина процесса разрушения вредного веполья:



или



Итак, между стенкой и потоком (задача 5) есть полезное взаимодействие – стенка трубы направляет, ограничивает поток. И есть вредное – разрушение стенки. Значит, нужно ввести третье вещество, являющееся модификацией, видоизменением стенки или потока. Видоизменения стенки уже пробовали применить – это различного рода покрытия. Однако они нестойки, их приходится возобновлять, а это дорого. Куда идеальнее использовать модификацию потока.

Теперь можно перебрать поля, используя МаТХЭМ. Возникают идеи: обработать поверхность трубы так, чтобы на ней образовались «карманы», которые заполнились бы материалом потока (что значительно повысит трудоемкость), осаждать на поверхность трубы защитный слой химическим или электрохимическим способом (или магнитным полем, если бы примеси были магнитные). Но лучше всего «срабатывает» тепловое поле. Если трубу охладить, то возникает слой льда на поверхности (решение вполне возможное, но трудно осуществимое – на тепловой станции нет такого ресурса), а если трубу нагреть выше температуры кипения, то поверхность покроется слоем накипи. Такое покрытие хотя и будет постоянно изнашиваться потоком, но тут же будет нарастать, возникает процесс динамического равновесия, самовосстановления покрытия. И тепло, необходимое для этого, есть среди ресурсов – ведь это тепловая электростанция.

Задача 6. Мех на фабриках обрабатывают специальными растворами. После обработки его нужно высушить. Сушат мех, продувая горячим воздухом. Но из-за того, что мокрые ворсинки меха слипаются «в кустики», сушка замедляется, возникает большой перерасход энергии. Как быть?

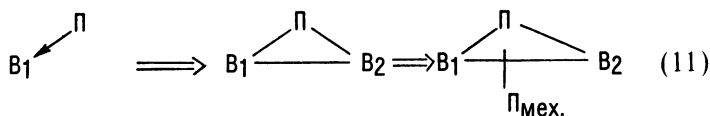
Снова получается вредный веполь: В_1 , В_2 – ворсинки меха, П – вредное поле слипания. Ввести между ними третье

вещество затруднительно. Попробуем подобрать противодействующее слипанию поле. Здесь тоже удобно пользоваться аббревиатурой МаТХЭМ. Нетрудно догадаться, что лучше всего справиться с задачей электрическое поле: наэлектризованный воздух передаст заряд ворсинкам; заряженные одноименно, они будут отходить друг от друга.

На практике нередко возникают задачи с разнесенным во времени действием, когда вначале к объекту предъявляется одно требование, потом – другое. В этом случае вепольная модель тоже может быть динамичной – веполь может сперва появиться, потом быть разрушенным или как-то перестроенным.

Задача 7. Во время боевых действий в горах возникла необходимость ликвидировать гранатами засаду, расположенную в ущелье, на глубине почти километр. Но граната после того, как выдернуто кольцо и отпущен рычаг-предохранитель, взрывается через 4 секунды. За это время она не может долететь до цели. Как быть?

Есть неполный веполь – рычаг и действующее на него поле – сила пружины, стремящаяся его отбросить после того, как вынуто кольцо. Чтобы не дать рычагу преждевременно сработать, нужно достроить веполь – ввести вещество, его удерживающее. А после падения гранаты вниз это вещество должно исчезнуть, освободить рычаг. Причем лучше всего, если оно исчезнет за счет имеющихся в ресурсе полей, например силы удара ($\Pi_{\text{мех}}$).



Отсюда ясны требования к B_2 – оно должно от удара исчезать, разламываться, разбиваться. Самое простое – использовать стекло. Поэтому гранату засовывали в стеклянный стакан или банку и бросали вниз.

Помимо неполных и вредных в условиях задач встречаются неэффективные веполи, то есть ситуации, когда действие есть (веполь полный), но слабое. Как известно, повышение эффективности работы систем сопровождается их усложнением, развертыванием. В этом случае переходят к более сложным вепольным моделям: цепным или двойным, которые могут быть обозначены так:



Возможен переход к динамичным вепольям, то есть изменяющимся в процессе работы; к структурированным (в тех случаях, когда поле или вещество обладает определенной пространственной или временной структурой). Такие преобразования называются «форсированием веполей».

Эффективно «работает» вепольный анализ и при решении задач, в которых требуется не изменить какую-либо характеристику системы, а получить информацию о ее состоянии, измерить или обнаружить то или иное свойство, оценить его количественно. В этих случаях строят специализированный «измерительный» веполь, отражающий введение того или иного вещества, связанного с каким-то легко обнаружимым или поддающимся измерению полем, например в виде ферропорошка, дающего магнитное поле, радиоактивных веществ, связанных с излучением и т. п. Другой вариант – вещество является преобразователем плохо обнаружимого поля в легко обнаружимое.

Вепольные формулы, характерные для решения таких задач, обычно имеют вид:

$$V_1 \text{ — } V_2 \text{ — } \Pi \quad \text{или} \quad V_1 \xrightarrow[\Pi_2]{\Pi_1} V_2 \quad (13)$$

Пример. Развивающаяся под нагрузкой трещина в конструкции «шумит», то есть издает слабые акустические сигналы, услышать которые нельзя. А прослушивать их необходимо для того, чтобы правильно спрогнозировать опасность той или иной трещины. Сегодня в таких случаях используются пьезодатчики, преобразующие слабые акустические сигналы в электрические, легко наблюдаемые по осциллографу.

Вепольная схема решения в этом случае выглядит так:

$$\begin{array}{ccc} V_1 \text{ — } \Pi_1 \text{ шум} & \Rightarrow & V_1 \xrightarrow[\Pi_2]{\Pi_1} V_2 \text{ датчик} \\ \text{металл} & & \text{эл. сигнал} \end{array} \quad (14)$$

Следует отметить, что в задачах на измерение перебор подходящих полей также можно вести с помощью аббревиатуры МаТХЭМ, а в задачах на обнаружение в первую очередь рассматривать поля, воспринимаемые человеком без помощи приборов: световое поле (цвет, интенсивность), звуковое (сила, высота и направление на источник звука),

осязательное (характеристики поверхности, в том числе температура), запаховое, вкусовое...

Вепольный анализ в ТРИЗ выполняет две важные функции. Во-первых, это язык конструирования и преобразования моделей технических систем, на котором «написаны» стандарты на решение изобретательских задач. Во-вторых, он является и самостоятельным инструментом их решения: правила вепольного анализа в сочетании с порядком перебора полей с помощью аббревиатуры МаТХЭМ позволяют уверенно решать многие задачи 2– 3-го уровня. Вместе с тем вепольный анализ, как и приемы устранения технических противоречий, не позволяет полностью исключить перебор вариантов. Работая с приемами, мы вынуждены подбирать подходящий (с помощью таблицы можно значительно сузить количество перебираемых вариантов), а решая задачу по правилам вепольного анализа, перебираем поля. Но как приемы, так и вепольный анализ позволяют резко уменьшить количество перебираемых вариантов. Например, для решения задач высших уровней обычным перебором нужно проверить от нескольких сотен до нескольких тысяч вариантов, в то время как полей, используемых в изобретательстве, не более десятка, а это значит, что данные инструменты позволяют перевести задачу высокого уровня в искусственную задачу не выше первого уровня, для которой перебор допустим. Тем не менее в ТРИЗ существуют и инструменты, которые позволяют практически исключить необходимость перебора вариантов.

Решение типовых задач. Стандарты на решение изобретательских задач

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

Задачи, которые сегодня относятся к нетиповым, завтра, после выявления еще не известных закономерностей, могут тоже стать типовыми.

Стандарты на решение изобретательских задач появились как особо сильные сочетания приемов и физических

эффектов, они составили первую, еще немногочисленную группу стандартов. К этой группе были присоединены правила преобразования технических систем, вытекающие из законов развития. Возникла система стандартов, регулярно пополняемая и совершенствуемая.

Современная система, включающая 76 стандартов, приведена в приложении 4.

Все стандарты разбиты на 5 классов. Порядок их расположения отражает направление развития технических систем.

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

Класс 2 – развитие вепольных моделей – описывает способы, позволяющие путем сравнительно небольших усложнений существенно повысить эффективность работы соответствующей модели технической системы.

Класс 3 – переход к надсистеме и на микроуровень – продолжает линию стандартов класса 2 на форсирование вепольных моделей. Стандарты классов 2 и 3 базируются на использовании законов развития технических систем, в том числе законов развертывания – свертывания, повышения динамичности и управляемости, перехода на микроуровень, согласования-рассогласования и т. д.

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

Класс 5 – стандарты на применение стандартов – имеет важное значение для получения эффективных решений изобретательских задач.

Многие задачи могут быть решены «с позиции силы» – прямым введением в систему дополнительных веществ и полей. Такие решения бывают малоэффективны. Для получения изобретения высокого уровня нужно преодолеть противоречие: вещество (или поле) должно быть введено и не должно быть введено. Пятый класс стандартов показывает пути преодоления таких противоречий.

Применение большинства стандартов 1–4 классов приводит, по сути дела, к развертыванию технической системы. Пятый класс стандартов предназначен для свертывания полученных моделей.

Система стандартов остается открытой, то есть способна пополняться. «Кандидаты в стандарты» тщательно отбираются и проходят проверку в качестве экспериментальных стандартов (подкласс 5.5).

Порядок применения стандартов следующий.

Определить, какого рода предлагаемая задача: на изменение или измерение (обнаружение).

Если задача на изменение, то нужно построить исходную вепольную модель, исходя из условий задачи. Если исходная модель – неполный веполь, то необходимо обратиться к стандартам подкласса 1.1; если вредный веполь – к стандартам подкласса 1.2; если неэффективный – к стандартам классов 2 и 3.

Если задача на измерение, следует использовать стандарты класса 4.

Найдя решение, проверить, нельзя ли свернуть полученную модель с помощью стандартов класса 5. К этому же классу нужно обращаться в случаях, когда в условиях задачи имеется запрет на введение веществ или полей.

Следует подчеркнуть, что система стандартов проста и логична. Стандарты позволяют сразу и на высоком уровне решать 10–20% сложных современных задач. Кроме того, стандарты могут быть использованы в целях прогнозирования, для частичного решения нестандартных задач, для развития и усиления полученных решений.

Задача 8. *Сегодня поведение растений в зависимости от внешних условий изучают в камерах с искусственной средой — климатронах. Искусственная среда создается дозированием освещения, влаги, углекислого газа. Подача газа регулируется клапанами, но существующие клапаны чересчур грубые, не обеспечивают микродоз, необходимых для проведения опытов. Как быть?*

Задача эта на изменение. Исходная модель: неполный веполь (V_1 – углекислый газ; клапан в модель не входит, так как не удовлетворяет требованиям задачи). По стандарту 1.1.1 необходимо достроить веполь до полного, введя недостающие вещество V_2 и поле P . Поскольку веществ много, а полей – ограниченное количество, переходим к выбору поля, используя аббревиатуру МАТХЭМ. Механическое поле не подходит (это клапаны, от которых мы отказались). Тепловое поле? Один из возможных способов – нагрев газа и использование его расширения на строго определенную и зависящую от температуры нагрева величину. Но при этом придется бороться с мешающим фактором – изменением давления. Лучшее решение – использовать тепловое поле в сочетании с водой в качестве V_2 . Известно, что раство-

римость углекислого газа в воде зависит от температуры. При нагреве часть газа выделяется из воды. Этот эффект можно использовать для точного дозирования газа. Таким образом, решение есть, но требует введения воды. Причем система не усложняется, так как вода все равно вводится в климатрон. Нагреватель тоже имеется.

Одним из самых трудных моментов в использовании вепольного анализа и стандартов для решения изобретательских задач является построение исходной модели. Иногда эта модель сразу очевидна и не вызывает сомнений, но бывают случаи, когда возможно построение различных моделей для одной и той же системы в зависимости от того, какие элементы включать в задачу и на чем акцентировать свое внимание. В такой ситуации целесообразно начать с рассмотрения простейшей модели, а затем проверить остальные. При этом разные модели могут давать разные решения задачи.

Задача 9. *Имеются полистироловые катушки с тонким изолированным проводом и металлическими ножками. При пайку провода к ножкам осуществляли окунанием в ванну с припоем при 280°C. Однако при этом требовалась зачистка концов провода. С целью повышения производительности было предложено вести пайку при температуре припоя 380°C. В этом случае изоляция провода сгорает, происходит его лужение. Но при такой температуре полистирол размягчается, ножки катушки перегреваются и перекашиваются, а это недопустимо. Как быть?*

Эта задача также на изменение. Исходная модель: B_1 – ножка детали, P – вредное тепловое поле. По стандарту 1.2.3 необходимо ввести B_2 , оттягивающее на себя вредное действие поля. Для этого подходят разные легкоиспаряющиеся вещества, например сухой лед. Такое же решение предлагает стандарт 1.1.8.1. Но лучшее решение можно получить, используя стандарт 1.1.8.2 – введение в место, где необходимо максимальное воздействие, вещества, дающего локальное поле. Для этого ножки с концами проводов предварительно окунают в экзотермическую смесь с температурой сгорания 350–400°C, а затем пайка ведется, как раньше, – окунанием в припой с температурой 280°C. Изоляция сгорает при вспышке экзотермической смеси, а полистирольная катушка не успевает размягчиться.

Задача 10. *Установка для получения искусственных шаровых молний, созданная под руководством П. Л. Капицы, представляет собой реактор («бочку»), внутри которого находится гелий (давление до 3 атмосфер). Под действием мощного электромагнитного излучения в гелии возникает пламенный шнуровой разряд, стягивающийся в сферический*

сгусток плазмы. Для удержания этого сгустка в центральной части «бочки» используют соленоид, расположенный вокруг «бочки». Изменились условия опыта — резко повысилась мощность ЭМ-излучения. Плазма стала горячее и, следовательно, более легкой. Плазменный шар стал всплывать вверх. Чтобы удержать молнию в центре «бочки», нужно значительно повысить мощность соленоида. Сотрудники предложили демонтировать установку, строить новую, имеющую значительно более сильную соленоидную систему. Но П. Л. Капица нашел другое решение. Какое?

Задача на изменение. Исходная вепольная модель: V_1 — плазма, V_2 — газ, P — вредное гравитационное поле, вынуждающее плазму всплывать. По стандарту 1.2.4 нужно ввести противополо. Какое? Вполне подойдет центробежное механическое. Возможна и другая исходная модель: V_1 — всплывающая плазма, V_2 — электромагнит, P — магнитное поле, не справляющееся с удержанием плазмы. Имеется неэффективный веполь. По стандарту 2.1.2 нужно ввести еще одно поле (второе). Гравитационные, тепловые, электромагнитные поля отпадают по условиям задачи. Остаются различные механические и прежде всего — поле центробежных сил.

Идея заключалась в том, чтобы завертеть по кругу газ. Вместе с газом завертелся и сам разряд, он перестал всплывать. А заставляли газ непрерывно вращаться самые обычные воздуходувки, хорошо знакомые всем по домашнему пылесосу. Впрочем, именно пылесос и был использован на первых порах.

Задача 11. *При осаждении металлов электролизом из водных растворов возникает проблема отделения осадка (продукции) от катода (инструмента). Операция эта весьма трудоемкая и производится вручную. Как быть?*

Задача на изменение. Исходная вепольная модель: V_1 — катод, V_2 — слой осажденного металла, P — вредное поле «прилипания» металла к катоду. Необходимо обратиться к подклассу 1.2. По стандарту 1.2.2 между катодом и слоем осажденного на катоде металла должна быть прослойка — легкообразующаяся, электропроводная, легкоразрушающаяся. Такую прослойку получают, покрывая катод рыхлым губчатым слоем осаждаемого металла, который наносят электролитически в режиме предельного тока.

Задача 12. *Сверлить слоистые пластик или слюду из-за расслоения очень сложно, края отверстий получаются рваные. Как быть?*

Задача на изменение. Исходная вепольная модель: V_1 — пластик, V_2 — сверло, P — механическое поле. Механическое

поле помимо полезного действия (сверление) производит и вредное (расслоение). Следовательно, можно воспользоваться стандартами подкласса 1.2. Например, по стандарту 1.2.4 можно ввести механическое противопололе — металлические стяжки, укрепляющие пластик. Исходный веполь можно рассматривать и как недостаточно эффективный. В этом случае по стандарту 2.1.1 пластик B_1 можно развернуть в веполь: ввести B_3 — воду и тепловое поле P_2 — замораживание.

Задача 13. *Внутренние поверхности стеклянных сосудов Дьюара шлифуют, засыпая в сосуд абразивный порошок и вращая сосуд. Спрогнозируйте следующее изобретение.*

Задача на изменение. Исходная вепольная модель — неэффективный веполь. По стандарту 2.4.2 заменяем абразивный порошок на ферромагнитный (или добавляем феррочастицы) и вводим магнитное поле.

Задача 14. *Известен способ проведения хирургических операций, при котором для точного совмещения краев разреза на место будущего разреза ставят краской «штамп» в виде клеточек (по линиям клеточек хирург совмещает потом края разреза). Но линии штампа обычно плохо видны, потому что во избежание попадания краски в рану ее берут очень мало. Как улучшить видимость линий, не увеличивая количество краски?*

Задача на обнаружение. Исходная вепольная модель: B_1 — краска, P — слабое оптическое (разновидность электромагнитного) поле. По стандарту 4.2.2 в краску вводится люминофор.

Задача 15. *Завод готовил выпуск автомобильных электровулканизаторов для ремонта шин в полевых условиях, питающихся от аккумулятора автомобиля. Для обеспечения хорошей заклейки поврежденной шины необходимо нагреть заплату до определенной температуры и выдержать ее при этой температуре заданное время. Спроектировали электронное устройство с термopарами, коммутатором и т. п. Но оно оказалось слишком дорогим и сложным. Как быть?*

Задача на измерение температуры и ее регулирование. По стандарту 4.1.1 нужно так изменить систему, чтобы отпала необходимость в измерении. Этого можно добиться, если использовать для получения нужной температуры и ее стабилизации фазовый переход, например плавление сплава с заданной температурой плавления. Количество сплава определяет время, в течение которого температура будет держаться постоянной.

Задача 16. *В полимеры для повышения стойкости добавляют вещества, «перехватывающие» кислород, разрушаю-*

ций полимеры. В качестве веществ-перехватчиков используют мелкодисперсные металлы, которые обязательно должны иметь чистую (неокисленную) поверхность. Но как ввести перехватчиков? В вакууме, восстановительной или инертной среде? Слишком сложно. Как быть?

Вещество-перехватчик нужно вводить, чтобы повысить стойкость полимера, и нельзя вводить, чтобы он не окислился заранее. Решение по стандарту 5.1.1.8: в обычных условиях вводят соль, выделяющую металл при нагреве. В качестве такой соли можно использовать, например, оксалат (железную соль уксусной кислоты). Оксалат разлагается при нагреве с выделением железа или закиси железа, которая тоже работает как перехватчик кислорода.

Задача 17: *Детали из нитрида ниобия получают следующим образом: прессуют деталь из порошка ниобия, а затем поджигают ее в азотной атмосфере. Сгорая, ниобий превращается в нитрид ниобия. Но реакция идет так бурно, что деталь либо разлетается на части, либо реакция захватывает только наружные слои, а внутри детали остается «сырой» (не прореагировавший с азотом) ниобий. Можно «успокоить» реакцию, вводя в деталь негорючий материал, например песок. Но тогда деталь будет испорчена — она должна быть из чистого нитрида ниобия. Как быть?*

По стандарту 5.1.3 нужно добавлять в ниобий негорючий нитрид ниобия.

Решение нетиповых задач. АРИЗ

Наряду с типовыми задачами, решаемыми по четким правилам в один ход, существуют задачи нетиповые, многоходовые. Для их решения нужна программа, позволяющая шаг за шагом продвигаться к ответу. Такая программа, использующая все средства и методы ТРИЗ (законы развития технических систем, всеполюсный анализ, стандарты, информационный фонд), называется **алгоритмом решения изобретательских задач (АРИЗ)**.

Первые модификации АРИЗ опубликованы в 50-е годы. С тех пор АРИЗ систематически совершенствуется: каждая его модификация в широких масштабах проверяется на практике, случаи сбоев тщательно изучаются, в текст АРИЗ вносятся коррективы.

Разработка новых модификаций АРИЗ опирается на исследование больших массивов патентной информации по изобретениям высших уровней. Найденные закономерности, правила, приемы включаются в экспериментальные тексты АРИЗ. Разветвленная система школ ТРИЗ позволяет в

короткие сроки всесторонне опробовать нововведения. Этим и объясняются высокие темпы развития алгоритма. Каждая модификация АРИЗ включает три компонента.

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

2. Поскольку программу реализует человек, необходимы средства управления психологическими факторами: нужно гасить психологическую инерцию и стимулировать работу воображения. Значительное психологическое воздействие оказывает само существование и применение АРИЗ: работа по программе придает уверенность, позволяет смелее выходить за пределы узкой специализации и, главное, все время ориентирует работу мысли в наиболее перспективном направлении. Но нужны и конкретные приемы, форсирующие воображение.

Важным психологическим приемом, позволяющим глубоко проникнуть в суть задачи, является требование формулировки задач без специальных терминов, на языке, понятном даже ребенку. Еще одним эффективным способом подавления психологической инерции является «моделирование маленькими человечками» (ММЧ) — нарисованные по определенным правилам условные картинки, на которых требуемое действие выполняется группой маленьких человечков, олицетворяющих те или иные реальные физические объекты.

В сущности, в основе этих приемов лежат тоже объективные закономерности, но еще не вполне ясные. По мере развития АРИЗ психологические приемы превращаются в приемы преобразования задачи.

3. АРИЗ снабжен обширным и в то же время компактным информационным фондом. Основные составляющие этого фонда — указатели физических, химических, геометрических эффектов и явлений.

Современная модификация АРИЗ-85В (приложение 5) включает девять частей: 1. Анализ задачи; 2. Анализ модели задачи; 3. Определение ИКР и ФП; 4. Мобилизация и применение вещественно-полевых ресурсов (ВПР); 5. Применение информационного фонда; 6. Изменение и (или) замена задачи; 7. Применение полученного ответа; 8. Анализ хода решения.

Решение задачи начинают с перехода от заданной ситуации к минимальной задаче, получаемой по правилу: техническая система остается без изменений, но исчезают недостатки или появляются требуемые свойства. Мини-задача ориентирует на наиболее простое и поэтому легко внедряемое решение.

Центральная часть формулировки мини-задачи — указание на техническое противоречие, возникающее при попытке устранить недостаток или получить требуемое свойство известными методами или средствами. Последующие шаги первой части АРИЗ предписывают переход от мини-задачи к модели — предельно упрощенной схеме конфликта, составляющего суть задачи. Дальнейшее сужение области анализа осуществляют (во второй части алгоритма) выделением оперативной зоны, то есть области, изменение которой необходимо и достаточно для решения задачи. Переход начальная ситуация—мини-задача—модель задачи—оперативная зона производят по правилам, гарантирующим надежное определение оперативной зоны. Во вторую часть входит и выявление уже имеющихся вещественно-полевых ресурсов.

Третью часть алгоритма составляют наиболее сильные механизмы «перемалывания» задачи — определение ИКР (идеального конечного результата) и ФП (физического противоречия).

Формулировка ИКР отражает идеальный образ искомого решения задачи: требуемый эффект должен быть достигнут без каких бы то ни было потерь — недопустимого изменения и усложнения системы, ее частей или оперативной зоны, без затрат энергии, без возникновения сопутствующих вредных явлений и т. д. Четкое представление об ИКР позволяет выявить ФП, связанное с оперативной зоной. Физическое противоречие формулируют на двух уровнях — макроуровне (выделенная часть объекта) и микроуровне (частицы этой части). Если задача решается на микроуровне, то формулировка микро-ФП может непосредственно привести к решению задачи — ответ становится очевидным. В других случаях микро-ФП облегчает отыскание ответа.

Третья часть АРИЗ-85В содержит важное нововведение, которого не было в предыдущих модификациях.

В ТРИЗ издавна и всемерно подчеркивалось значение «многоэкранной схемы мышления». При этом имелось в виду прежде всего умение видеть одновременно систему, надсистему и подсистему. Зачем это нужно? Зачастую идея, полученная при рассмотрении системы, годится не для нее

самой, а для подсистем или надсистем. Нужно уметь отделять идею решения от ее «носителя» (системы) и переносить на другие «носители». Это тонкая и сложная мыслительная операция.

Во всех предшествующих модификациях АРИЗ изменения разных частей системы (инструмента, внешней среды, изделия) рассматривались последовательно. Нередко это требовало повторного или многократного анализа. Предположим, ответ заключается в изменении агрегатного состояния внешней среды. По правилам необходимо сначала проверить изменение инструмента. При этом может появиться, например, идея изменения агрегатного состояния инструмента. Но задачу это не решит, придется вести вторую линию анализа (с внешней средой), чтобы выйти на идею изменения агрегатного состояния внешней среды.

АРИЗ, начиная с первых модификаций, строился на принципе последовательности линий анализа. АРИЗ-85В впервые реализует принцип параллельности этих линий. Такая перестройка обусловлена тенденциями развития современных модификаций АРИЗ. В этих модификациях появляется необходимость видеть одновременно линии анализа разных частей системы и, более того, одновременно следить за взаимодействием АРИЗ с системой стандартов.

Четвертая часть АРИЗ-85В начинается с применения метода «моделирование маленькими человечками». Как уже упоминалось, в синектике используется личная аналогия (эмпатия): человек вживается в образ предмета, о котором идет речь в задаче, и пытается представить нужные изменения. Практика работы с этим приемом показала, что иногда он действительно облегчает решение задачи, а иногда, напротив, заводит в тупик. Оказалось, что личная аналогия вредна во всех случаях, когда решение требует «разрушительного» изменения объекта (разделить, раздробить, расплавить и т. д.). Отождествив себя с объектом, человек невольно избегает разрушительных преобразований. Возникла проблема: как сохранить (и развить) положительные качества личной аналогии и избавиться от ее отрицательных качеств? Так в ТРИЗ появился метод ММЧ. Оперативную зону (не весь объект!) представляют в виде разделенной на «команды» толпы маленьких человечков. Строят схему конфликта, а потом меняют поведение маленьких человечков, устраняя конфликт. Толпа маленьких человечков легко дробится и перестраивается.

В тексте АРИЗ есть правила, как использовать «маленьких человечков». Они отражают объективные законы развития систем (то есть законы, позволяющие простую

«толпу» превратить в более эффективную, обладающую новыми качествами полисистему). Метод ММЧ подготавливает к операциям по мобилизации ВПР. На наглядных рисунках моделируются действия, которые предстоит реализовать с помощью ВПР.

Имеющиеся ВПР, выявленные во второй части, как правило, недостаточны для решения задачи (в противном случае она была бы уже решена). Но они есть и, в сущности, бесплатны. Между тем для решения задачи обычно требуются другие вещества и поля, за введение которых надо платить усложнением системы, удорожанием процессов и т. д. Противоречие: надо вводить новые вещества и поля и не надо их вводить. Разрешается это противоречие в духе ТРИЗ: новые вещества можно получить из пустоты или видоизменением имеющихся. Их можно извлечь и из структурных недр имеющихся веществ. Если для решения задачи требуются частицы определенного уровня, их целесообразно получать обходными путями: разламыванием частиц ближайшего верхнего уровня или достройкой частиц ближайшего нижнего уровня.

Четвертая часть АРИЗ-85В обладает большими резервами развития. Уже сейчас ее можно было бы пополнить некоторыми операциями, например получением производных ВПР за счет структурирования и динамизации имеющихся ВПР.

Анализ задачи по первым четырем частям АРИЗ резко упрощает задачу и во многих случаях делает ответ очевидным. Если этого не происходит, задачу рассматривают по пятой части алгоритма — с привлечением информационного фонда — физэффектов, типовых задач-аналогов. Наконец, если мини-задача вообще не может быть решена, переходят — по шестой части алгоритма — к другой задаче.

АРИЗ предназначен для получения общей идеи решения, в функции алгоритма не входит конструкторская, инженерная проработка полученного решения. Однако общую идею АРИЗ стремится максимально укрепить и развить. Седьмая часть АРИЗ включает ряд шагов, контролирующих приближение ответа к ИКР, соответствие намечаемых изменений системы закономерностям технического прогресса. Восьмая часть АРИЗ расширяет сферу действия полученной идеи: должны быть использованы все резервы превращения идеи в универсальный принцип решения целого класса задач. Таким образом, АРИЗ предназначен не только для решения конкретных изобретательских задач, но и для выработки новых стандартов.

Еще одна функция алгоритма состоит в развитии мышле-

ния человека, решающего задачу. Эту функцию, в частности, выполняет девятая часть АРИЗ: изучение хода решения задачи, выявление отклонения от канонического текста алгоритма, исследование причин отклонений.

Операторы, входящие в АРИЗ, заставляют мысль продвигаться в нетрадиционном, «диком» направлении. Они отсекают пути, кажущиеся очевидными, заставляют утяжелять условия задачи, ведут в тупик физических противоречий. Нетривиальность, «дикость» мыслительных действий заложена в самой программе АРИЗ, в формулировке шагов, в обязательных правилах. Невозможно уклониться от этой «дикости», не нарушив явно предписаний АРИЗ. Императивность АРИЗ иногда воспринимают как покушение на свободу творчества. АРИЗ действительно отнимает свободу совершать примитивные ошибки, свободу быть прикованным к психологической инерции, свободу игнорировать законы развития технических систем.

При правильной работе по АРИЗ каждый шаг логично следует из предыдущего. Логичность отнюдь не мешает появлению принципиально новых (неожиданных) идей. Новое возникает как результат применения необычных операторов АРИЗ: происходит переориентация задачи на ИКР, требования обостряются и доводятся до ФП, макро-ФП трансформируется в микро-ФП и т. д. Беспорядочному, броуновскому движению свободной мысли при решении задачи методом проб и ошибок АРИЗ противопоставляет высокую организованность мышления в сочетании с нетривиальностью мыслительных операций и сознательным использованием знаний о закономерностях развития техники. Регулярное применение аналитического аппарата АРИЗ вырабатывает «аризный» (в сущности — диалектический) стиль мышления, характеризующийся обоснованной нетривиальностью и стремлением опираться на всеобщие законы диалектики и конкретные закономерности развития систем — технических, научных, художественных и т. д.

Рассмотрим пример разбора задачи по АРИЗ.

Задача 18. *В строительстве наряду со сборным железобетоном с успехом применяют и монолитный. Здания из монолитного железобетона строят методом скользящей опалубки — обычной металлической формы, в которую заливают бетонную смесь. Когда смесь затвердевает, опалубку поднимают выше, и все повторяется. Способ удобный, но есть недостаток: бетон прилипает к опалубке. Действуя домкратами, ее все-таки отрывают от бетона и передвигают, но поверхность стены при этом получается «со шрамами», ее необходимо штукатурить. Передвинуть опалубку, когда*

бетон еще не затвердел, нельзя, возможна деформация стены. Как быть?

Часть 1

1.1 Мини-задача. Техническая система для строительства здания включает бетон (смесь), опалубку (форму), подъемное устройство. ТП-1: если форма удерживает смесь долго, то смесь хорошо затвердевает, но прилипает к форме. ТП-2: если форма удерживает смесь недолго, то смесь не прилипает к форме, но и не успевает хорошо затвердеть. Необходимо при минимальных изменениях в системе обеспечить затвердевание смеси при исключении прилипания к форме.

Примечание. Опалубка, бетон — термины. В соответствии с примечанием 1 к АРИЗ (приложение 5) они заменены общеупотребительными словами.

1.2 Конфликтующая пара. Изделие — смесь (С). Инструмент — форма (Ф), держащая долго и недолго.

1.3. Графические схемы конфликта.

ТП-1:



ТП-2:



1.4. Выбор ТП. Главный производственный процесс (ГПП) — строительство здания. Выбираем ТП-1.

1.5. Усиление конфликта. Форма удерживает долго — форма держит всегда (неподвижная форма). При этом смесь хорошо затвердевает, но намертво прилипает к форме.

Примечание. Усиление конфликта — важный шаг. Его смысл в том, чтобы как можно дальше уйти от компромисса, не пытаться искать оптимальное время выдержки. Обострение конфликта — всегда приближение к решению. Но бывает, что усиление позволяет увидеть одно из решений. Так, переход к неподвижной опалубке подсказывает идею: делать опалубку из облицовочного материала, который никуда не передвигается, а остается на месте. Правда, у этого решения есть недостаток — облицовочный материал дорог. Идем дальше.

1.6. Модель задачи. Даны: неподвижная форма и смесь. Неподвижная форма позволяет смеси затвердеть, но смесь намертво прилипает к форме. Необходимо ввести икс-элемент, который, сохранив отличное затвердевание смеси, не допустит прилипания ее к форме.

1.7. Проверка возможности решения по стандартам. Исходная вепольная модель: V_1 — форма, V_2 — смесь, P —

вредное поле прилипания. Получается вредный веполю. Для его разрушения можно воспользоваться стандартами под-класса 1.2.

Часть 2

2.1. Оперативная зона (ОЗ). Зона контакта смеси с формой, включая небольшие прилегающие к ней участки смеси и формы (рис. 6).

2.2. Оперативное время (ОВ). Конфликтное время T_1 — момент отрывания формы от смеси. Ресурсное время T_2 — время затвердевания.

2.3. Для анализа удобно выписать ВПР в виде таблицы:

| Ресурсы | Вещество | Поля |
|--|--|--|
| Внутрисистемные (ресурсы ОЗ): инструмент — форма изделие — смесь | Металл Вода, песок, цемент, гравий | $P_{\text{мех}}$ — прилипа- ние |
| Внешнесистемные: среда арматура домкрат | Воздух Металл | Фоновые поля $P_{\text{мех.}}$ — усилие отрыва |
| Надсистемные: то, что есть на стройке | Вода | Электроэнергия |

Часть 3.

3.1. ИКР-1. Икс-элемент, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, устраняет, не допускает

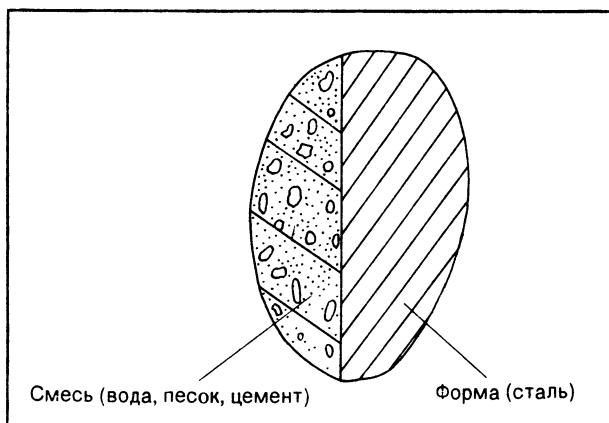


Рис. 6. Оперативная зона

прилипания смеси в месте контакта ее с формой (ОЗ) во время затвердевания (ОВ), сохраняя при этом хорошее затвердевание.

3.2. Усиленный ИКР. Икс-элемент, очевидно, должен быть какой-то прослойкой между формой и смесью. Но за «чужую» прослойку придется платить, она будет расходоваться и т. д. Идеально, если икс-элемент будет из ресурсов, причем из оперативной зоны. Выбирать приходится между металлом формы и смесью. Несмотря на то, что форма — инструмент, и его ресурсы обычно предпочтительнее использовать, в данном случае мы не можем расходовать металл на создание прослойки, поскольку форма многоразового действия. Зато у нас много смеси. Поэтому выбираем ее в качестве икс-элемента.

Смесь (бетон), абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, не допускает в месте контакта с формой во время затвердевания прилипания к форме, сохраняя способность хорошо затвердевать.

3.3. ФП на макроуровне. Смесь должна быть схватывающейся, чтобы затвердевать, и должна быть несхватывающейся, чтобы не прилипнуть.

3.4. ФП на микроуровне. Частицы смеси должны быть липучими, чтобы смесь схватывалась и должны быть нелипучими, чтобы она не прилипла.

3.5. ИКР-2. Оперативная зона сама должна обеспечить наличие липучих и нелипучих частиц.

3.6. Решение по стандартам. Нужна нелипучая прослойка. Как ее получить, не вводя посторонних веществ? Здесь может помочь стандарт 5.1.1.9.

Часть 4

4.1. Моделирование маленькими человечками (рис. 7). Было: с одной стороны «человечки» (частички) формы, с другой — «толпа» перемешанных между собой «человечков» (частичек) песка, воды, цемента, щебня. Все человечки крепко сцепились между собой. Стало: между человечками формы и толпой выстраивается линия человечков, например воды или песка. Они не прилипают к форме.

4.2. Шаг назад от ИКР. ИКР: линия человечков, отделяющая липучую смесь от формы. Введем маленькое «демонстрирующее» изменение: сквозь «кордон» прорвался «липучий» человечек. Или наоборот — один человечек защитного слоя «сбежал с поста». Что делать? Конечно, нужно водворить «нарушителя» на место. Человечки «подчиня-

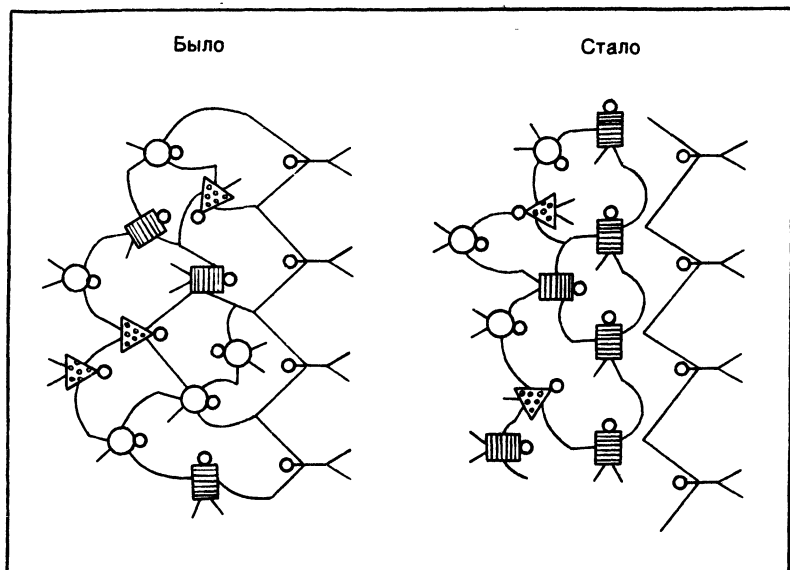


Рис. 7. Моделирование оперативной зоны методом ММЧ

ются» приказам полей: Значит, нужно найти поле, способное управлять человечками воды или песка.

4.3. Использование смеси ресурсных веществ. Нас удовлетворяет прослойка из воды, песка или из смеси воды с песком. Не должно быть смеси воды с цементом, порождающей «липкость».

4.4. Использование смеси ресурсных веществ с пустотой. Пустота в нашем случае — это пузырьки пара или газов, входящих в состав воды. Их можно получить из воды нагревом или электролизом.

4.5. Использование производных ресурсов. Ресурс, производный от воды, — тот же пар или газ.

4.6. Использование электрического поля вместо введения веществ. Нет необходимости.

4.7. Применение пары вещество—поле. Возможно сочетание: заряженные частички — электрическое поле.

Часть 5

5.1. Решение по стандартам. Задача снова изменилась. Исходная вепольная модель: V_1 — частичка (человечек) воды. Нужно им управлять. Неполный веполь, значит, нужно воспользоваться стандартами подкласса 1.1.

5.2. Использование задач-аналогов. Известно изобретение, облегчающее подъем затонувшего корабля из илистого грунта. Ил засасывает корпус корабля, и для его отрыва от грунта требуются огромные усилия. Приходится подводить много понтонов, которые, как только корабль вырвется из ила, становятся опасными: возможен выброс корабля над поверхностью моря, от чего он может разрушиться. Для исключения необходимости в дополнительных понтонах было предложено создать тончайшую прослойку между илом и корпусом корабля с помощью электролиза.

5.3. Разрешение ФП. Основные принципы разрешения ФП приведены в приложении 3. ФП, сформулированное на шаге 3.3, разрешено в пространстве: вся масса бетона липучая, а тонкая прослойка у формы — нелипучая.

5.4. Применение указателя физэффектов. Краткий указатель приведен в приложении 6. В графе «Управление движением жидкости и газа» выбираем электроосмос — перенос жидких частиц от анода (положительного электрода) к катоду (отрицательному). Тот же эффект предлагается и для разделения смесей. Во время электроосмоса идет и обратный перенос твердых частиц от катода к аноду — электрофорез. Он тоже полезен.

Часть 6

6.1. Технический ответ. Для создания водной прослойки необходимо подать постоянное напряжение: отрицательный полюс — на форму, положительный — на арматуру в непосредственной близости от формы.

6.2.—6.4. Замена задачи. Нет необходимости.

Часть 7

7.1. Контроль ответа. Использован ВПР из оперативной зоны — вода из смеси: Электроэнергию можно взять из надсистемы — на стройке наверняка найдется сварочный трансформатор, несложно достать или смонтировать и выпрямитель. Электрическое поле — хорошо регулируемое.

7.2. Оценка полученного решения:

а) выполнено ли требование ИКР? Прилипание устранено, процесс затвердевания не ухудшается. Система незначительно усложнилась: введено электрическое поле;

б) физическое противоречие разрешено;

в) система содержит хорошо управляемый элемент — электрическое поле. Меняя напряжение, можно управлять перемещением частиц:

г) полученное решение годится для непрерывной работы.

7.3. Проверка новизны полученного решения. Такое решение содержится в изобретении по авт. свид. СССР № 308 172.

7.4. Подзадачи.

1. Какие требуются напряжения? Необходимы расчеты.
2. Водяная прослойка плохо работает на морозе — примораживание еще сильнее затруднит отрывание опалубки от бетона.

Часть 8

8.1. Изменения в надсистеме. Потребуется установить сварочный трансформатор, выпрямитель. Поскольку напряжения требуются небольшие, особых мер безопасности принимать не нужно.

8.2. Возможность применения измененной надсистемы поновому. Можно управлять структурой поверхностного слоя бетона, например создавать определенный рисунок.

8.3. Использование полученного ответа при решении других задач.

8.3а. Обобщенный принцип решения: 1. Для переноса микрочастиц нужно использовать электрофорез и электроосмос. 2. Использовать электролиз и сопровождающие его эффекты электропереноса для получения модификаций при разрушении вредных веполей. 3. Управление равновесием химических процессов и применение для этого электрического поля. Использование электролиза для смещения равновесного состояния смеси.

8.3б. Прямое применение полученного принципа для решения других задач. При перевозке бетона в самосвалах тоже наблюдается прилипание бетона к стенкам кузова. Полученный принцип годится для решения и этой задачи.

Аналогичные задачи: в пищевой промышленности — тесто при смешивании прилипает к стенкам емкости; в археологии — со дна морей поднимают иногда затонувшие изделия из металлов с наростшей коркой. Отделить корку очень сложно, можно повредить изделие. Электролиз используют для создания прослойки между коркой и поверхностью изделия. Полученный принцип можно также использовать для снижения трения в опорных узлах скольжения (в качестве смазки используют электролит), для получения заданной структуры поверхностей бетонных труб, для получения нескисающего молока (из молока выделяются «кислые» частицы — творог), для осветления соков, создания гидроизоляционных слоев, обессоливания почв и т. д.

8.3в. Использование принципа, обратного полученному.

В технике встречается и обратная задача: как улучшить склеивание? С помощью электрического поля можно решить и эту задачу, в особенности склеивания полимеров. Другой пример — использование электрореологических жидкостей — затвердевание смеси под действием электрического поля.

8.3г. Морфологическая таблица.

| Часть системы | Агрегатное состояние | | | | |
|---------------|----------------------|-------------|-------------------|-------------|--------------|
| | Твердое 1 | Жидкое 2 | Газообразное 3 | Плазма 4 | Пустота 5 |
| А. Опалубка | А1 | А2 | А3 | А4 | А5 |
| Б. Прослойка | Б1 | Б2 | Б3 | Б4 | Б5 |
| В. Бетон | В1 | В2 | В3 | В4 | В5 |

Полученное решение соответствует комбинации А1, Б2, В1/2 (водяная прослойка) и А1, Б3, В1/2 (газовая). Но возможны и другие комбинации. Например, А1, Б1, В1/2 — создание твердой прослойки из песка соответствует изобретению по авт. свид. СССР № 628266 и решает проблему строительства с помощью скользящей опалубки на морозе. Реализованы на практике и такие комбинации, как А1, Б1, В2 — высаживание на поверхности твердого тела из жидкости с помощью электрического тока твердого защитного слоя, предохраняющего от разрушающего действия жидкости (такое решение используется для защиты сосудов, в которых хранятся или транспортируются агрессивные жидкости); А1, Б3, В4 — слой холодного газа прикрывает стенки камеры сгорания реактивного двигателя от раскаленной плазмы, А1, Б3, В5 — вакуумный диффузионный насос; А1, Б4, В5 — электроразрядный вакуумный насос и т. д. Всего в данной таблице $5^3 = 125$ возможных комбинаций, часть из них реализована, часть — невозможны, а часть — новые варианты. Можно построить и другие варианты морфологической таблицы, например «части системы — поле» и т. д.

8.3д. Стремление размеров частей системы к нулю или бесконечности. Допустим, что размеры бетонируемого объекта значительно увеличились, например идет строительство огромной плотины. Задача в целом не меняется, хотя и затрудняется подача напряжения на всю опалубку. Очевидно, это лучше делать по частям. Тогда появляется возможность создания слоев бетона с разной структурой.

Если представить, что размеры уменьшаются, то возникает другая задача: нужно не допустить прилипания каких-то загрязнений к очень малым поверхностям. Здесь, помимо уже полученного решения, можно воспользоваться и электрическим полем, но для нашей основной задачи это решение неприемлемо.

Часть 9.

9.1. Анализ хода решения. Ход решения не отклонялся от теоретического.

9.2. Пополнение информфонда. Мы воспользовались указателем, следовательно, использованный физический эффект (электролиз, электроперенос) известен. Но два других принципа (см. шаг 8.3а) стоит занести в накопитель.

Использование физических, химических, геометрических и других эффектов и явлений при решении изобретательских задач

Исследования патентного фонда показали, что наиболее идеальные технические решения связаны с применением тех или иных физических эффектов и явлений. Таких примеров, когда физический эффект заменяет сложную машину, было приведено немало. Особую эффективность применения физики обеспечивает практическая «безотказность» физических явлений: любой механизм может сломаться, выйти из строя, но не может «сломаться» эффект теплового расширения, он всегда будет надежно «работать».

Задача 19. *В печи для обжига цемента исходное сырье — шихту — нагревают горящим газом. Для получения цемента высокого качества необходимо контролировать температуру шихты. Это делали с помощью специального прибора — оптического пирометра, определяющего температуру по яркости свечения. Однако вскоре убедились, что прибор показывает температуру не шихты, а горящего газа. Встала задача: как измерить температуру самой шихты?*

Несмотря на то что очень многие физические эффекты могут быть использованы в изобретательской практике, «физических» изобретений в патентном фонде относительно мало. Плохо используются даже всем известные эффекты из школьной программы, не говоря уже об открытых недавно эффектах аномально низкого трения, ультразвуковом капиллярном эффекте, эффекте Александрова и других.

При разработке инструментов ТРИЗ некоторые, наиболее «сильные» и широко применяемые физические эффекты

попали в список приемов устранения технических противоречий. В дальнейшем физиком Ю. Гориним была проведена большая работа по созданию специализированного указателя физических эффектов и явлений, представляющих интерес для специалистов самых разных профилей. Указатель построен по разделам, каждый из нескольких сотен приведенных эффектов снабжен примерами изобретательского применения. Пользование указателем облегчается благодаря приведенной в нем таблице, позволяющей по необходимости в задаче действию подобрать подходящий физический эффект. Возможно использование таблицы и без указателя, хотя с меньшим эффектом. Для этого после определения по таблице нужного эффекта можно обратиться к справочной и другой общедоступной литературе по физике.

По таблице (см. приложение 6) для измерения температуры среди прочих эффектов рекомендуется использовать спектры излучения. Обратившись к справочнику по физике (Кошкин Н. И., Ширкевич М. Г. Справочник по элементарной физике. М.: Наука, 1976, с. 200), выясняем, что при распространении света в разряженных средах (газах, парах) спектр излучения линейчатый: состоит из ярких полос, чередующихся с темными. Такой спектр характерен для пламени. А для жидких и твердых веществ спектр излучения сплошной. Отсюда решение: измерять температуру шихты на фоне темных полос спектра пламени.

Однако такое изящное решение долго не могли внедрить. Оказалось трудным найти светофильтры, «вырезающие» из общего смешанного спектра нужный участок. Сложилась ситуация, которая, к сожалению, часто случается при поиске нового методом проб и ошибок: перевалив через высокую гору, то есть решив сложнейшую задачу, путешественник-изобретатель застрял перед следующей маленькой горкой, даже не попытавшись через нее перебраться, не понимая, что перед ним просто новая задача, которую совсем не трудно решить, если только отнестись к ней именно как к обычной технической задаче, а не организационной, снабженческой и т. п. Два года специалисты разыскивали светофильтры с нужными характеристиками, пока не появилось (должно было появиться!) еще одно простейшее изобретательское решение: разложить свечение в спектр обычной призмой и «вырезать» нужный участок не с помощью светофильтров, а просто «по месту», направив объектив пирометра только на тот участок, который соответствует предъявляемым требованиям.

При решении измерительных задач необходимость использования различных физических эффектов проявляется особенно ярко. По сути дела, все они сводятся к одной про-

блеме — получить информацию о состоянии имеющихся в системе веществ или полей. Причем эта информация должна быть представлена в виде легко обнаружимого поля, то есть поля, непосредственно воздействующего на органы чувств человека либо на простейшие приборы, например компас, электроскоп, термометр. Такая установка существенно облегчает поиск нужного эффекта, который можно представить в виде преобразователя поля из скрытого или труднообнаружимого в системе в легкообнаружимое. Причем в этом преобразователе нам всегда известно, что за поле на входе — какой параметр системы нужно измерять, а на выходе — в первую очередь поле, обнаруживаемое непосредственно тем или иным органом чувств человека.

Работа по созданию более эффективных указателей физических эффектов продолжается и сегодня [8]. В простых случаях указатели можно использовать отдельно, в более сложных — в сочетании с такими инструментами, как вепольный анализ, АРИЗ. Они позволяют создать что-то вроде портрета, фоторобота физического эффекта, по которому его можно опознать в таблице.

Задача 20. *Серьезная проблема в микроэлектронике — изготовление индуктивностей. Выполнить их, как остальные элементы (конденсаторы, резисторы, транзисторы), в поверхностном слое кремниевой пластинки, не удается. Поэтому либо создают специальные безындуктивные схемы (они довольно сложны), либо используют навесные элементы, что также усложняет схему, делает ее менее надежной, увеличивает габариты. А между тем не используется довольно большой пространственный ресурс, ведь толщина кремниевой пластинки относительно велика — от полумиллиметра до миллиметра, а используется только тончайший поверхностный слой. Вот если бы выполнить индуктивность в теле пластинки! Но для этого нужно проделать в кремнии спиральные многовитковые отверстия. Как?*

Здесь просматриваются три задачи: как пробить в кремнии тончайшее отверстие; как сделать, чтобы отверстие было спиральной формы; как заполнить это отверстие электропроводным материалом.

Начнем с первой задачи. Исходная вепольная модель: B_1 — пластинка кремния. По стандарту 1.1.1 нужно ввести вещество B_2 и поле P . Учитывая микроразмеры отверстия, механическое, химическое и магнитное поля не подойдут. По таблице в графе «разрушение объекта» находим эффекты: электрические разряды; электрогидравлический эффект, резонанс, ультразвук, кавитация, лазер. Для нашего случая вполне подойдут электрический разряд и прожигание лазером.

Для решения второй задачи воспользуемся моделированием маленькими человечками. Вот команда «человечков» — фотонов или электронов (в зависимости от выбранного поля) — бросается вперед и... Как закрутить их по спирали?

По таблице в графе «Управление перемещением объекта» находим эффект воздействия магнитного поля на движущийся заряженный объект (ток). По справочнику узнаем, что для получения спиральной траектории необходимо наложить на поток заряженных частиц постоянное магнитное поле. Меняя напряженность и угол между силовыми линиями поля и направлением потока частиц, можно управлять радиусом и частотой витков.

Остается третья задача: как заполнить канал электропроводным материалом? Канал такой тонкий, что «человечки» металла могут проникнуть туда только по одному, буквально по атому. Ясно, что переносить материал по атому может только поле. И соответствующий физический эффект известен — электроперенос (электрофорез).

Закончено ли решение? Как будто да, но осталось кое-что уточнить. Дело в том, что при пробое перемещаются не только электроны, но и ионы. У них одинаковый заряд, но разные массы. Значит, и двигаться они будут не только в противоположном направлении (заряды у них противоположного знака), но и по разным траекториям. Получится не один, а два канала. Один — с большим количеством мелких витков, образованный электронами, другой — с меньшим количеством более размашистых, большего диаметра витков — работа ионов. Выходит, мы получили не просто индуктивность, а два индуктивно связанных контура! Это — большой дополнительный выигрыш, тот самый сверхэффект, который так часто дают хорошие изобретательские решения.

По сравнению с «физическими» «химические» изобретения встречаются еще реже. Но и здесь тоже возможны красивые решения.

Задача 21. *Нефтяные скважины через некоторое время эксплуатации начинают сокращать выход нефти, хотя в самом нефтеносном слое ее еще предостаточно. Но прилегающая к скважине почва забивается, засоряется нефтяными отложениями, скважина «запарафинивается». Для того чтобы снова увеличить выход нефти, скважину нужно прожечь с помощью мощной горелки. Но в этой процедуре были неясные вопросы, поэтому потребовались эксперименты с горелкой. Необходимо было иметь возможность многократно зажигать ее прямо в скважине, не поднимая на поверхность. Горелка устроена достаточно просто. Основная ее часть — сопло, к которому подводятся воздух и керосин под высоким давлением. Из соп-*

ла вырывается мелкораспыленная струя керосина, которая и поджигается. Как поджигать — безразлично, но в зоне пламени горелки температура должна достигать 2000°С, поэтому зажигалки известного типа — пьезоэлектрические, механические, просто электрические выдерживают не более одного зажигания. Как быть?

Противоречие налицо: какой-то «икс-поджигатель» должен быть в оперативной зоне, чтобы поджигать струю, и не должен быть, чтобы не выходить из строя. Противоречие разрешается во времени: он должен появляться только на время, необходимое для поджигания. Но тогда придется воспользоваться приемом 27 — дешевая недолговечность взамен дорогой долговечности. «Икс-поджигатель» после срабатывания сгорает, и для следующего поджига нужно подать новый. Это не просто. Вся скважина занята горелкой, поэтому подать «икс-поджигатель» можно только через саму горелку. Он должен проникать в зону через тонкое отверстие сопла. Скорее всего нужно какое-то очень измельченное вещество или что еще лучше, жидкость. И даже можно сформулировать требования, которым она должна удовлетворять. Поскольку ее придется подавать через горелку, то есть по каналу, по которому в зону горения подается керосин, она не должна растворяться или взаимодействовать с керосином. Она должна быть также тяжелее керосина, чтобы, будучи налитой в трубопровод, опустилась вниз, к горелке. Эта жидкость не должна быть токсичной, самовозгораться в нормальных условиях, но должна загораться в воздухе при высоком давлении в присутствии струи керосина. Теперь дело за справочником по химии. И нужная жидкость нашлась. Температура ее вспышки в воздухе зависит от давления: при нормальном давлении — около 100°С, при высоком — около нуля.

Для облегчения поиска и использования химических эффектов и явлений Ю. П. Саламатовым разработан соответствующий указатель [9] (приложение 7).

Мало используют изобретатели и геометрические, а также другие математические эффекты. А геометрия, например, позволяет осуществлять согласование-рассогласование форм, обеспечивать оптимальное взаимодействие инструмента с изделием и т. д. Далеко не каждый инженер слышал о «муаровых» узорах. Тем не менее можно ручаться, что все это явление неоднократно наблюдали, глядя на улицу через собранные в складки ажурные занавески. Два слоя такой занавески на просвет при малейшем дуновении ветерка как бы оживают, по ним начинают пробегать светлые и темные полосы, волны. Дело в том, что если накладываются два участка с пустыми клетками, то это место кажется прозрачным,

а если совпадают переплетения — то темным. И поскольку при шевелении слои занавески хоть немного перемещаются друг относительно друга, темные и светлые полосы меняются местами, явно обнаруживая это перемещение, которое другими измерительными приборами нелегко уловить. Простейший пример использования «муарового» эффекта — штангенциркуль. Более сложный — угломер, представляющий собой две наложенные друг на друга пластинки с рисками, верхняя из которых прозрачна. Самый незначительный поворот верхней пластинки относительно нижней приводит к появлению продольных полос в местах пересечения линий, и следовательно, показывает угол поворота.

Задача 22. В бумажном производстве используются окорочные машины, представляющие собой огромные (диаметром в несколько метров) вращающиеся барабаны. Снаружи барабан обхвачен несколькими обручами, лежащими на катках, благодаря которым он поворачивается. Обручи должны плотно охватывать барабан, чтобы он не проскальзывал, но при необходимости они должны легко сниматься. Как быть?

Противоречие разрешается просто с помощью клиньев, расположенных встречно по окружности барабана и обруча (рис. 8).

Задача 23. Некоторое устройство получает сигналы U_1 («да») и U_2 («нет»). Для каждого сигнала имеется канал

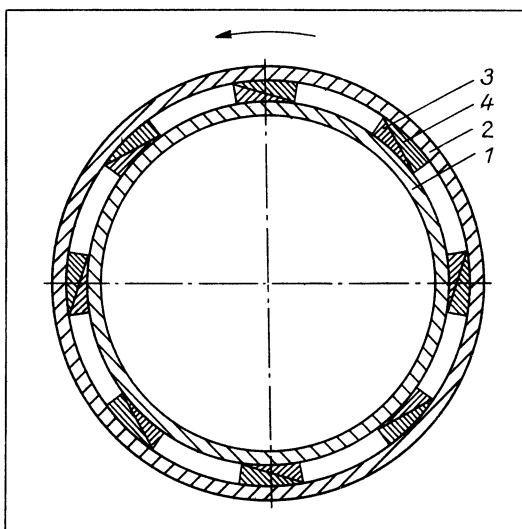


Рис. 8. Крепление окорочного барабана:
1 — барабан, 2 — обруч; 3 — клинья барабана, 4 — клинья обруча

усиления, причем коэффициенты усиления обоих каналов (K_1 и K_2) могут не быть равны. После усиления сигналы вычитаются, и в зависимости от знака разности идет команда в последующие узлы системы. Поскольку эта команда зависит от разности $U_1K_1 - U_2K_2$, то из-за неодинаковости коэффициентов усиления возможны ошибки, например слабый сигнал U_1 («да»), пройдя через большое усиление, может оказаться сильнее большего по величине сигнала U_2 («нет»), получившего меньшее усиление. Как сделать, чтобы устройство никогда не ошибалось даже при существенной разнице в коэффициентах усиления?

Решение было получено с помощью формул алгебраического сокращенного умножения. В один канал усиления подали сумму двух сигналов $U_1 + U_2$, а в другой — разность $U_1 - U_2$. Затем полученные сигналы $K_1(U_1 + U_2)$ и $K_2(U_1 - U_2)$ перемножили. В сигнале $K_1K_2(U_1^2 - U_2^2)$ коэффициенты усиления вынесены за скобку и не влияют на знак разности.

Появляются в патентном фонде и изобретения с использованием биологических эффектов.

Задача 24. Отпечатки пальцев, оставленные преступниками, фиксируют, посыпая поверхность предмета графитовым порошком, который потом сдувают. Мельчайшие частички порошка, прилипая к следам жира, оставленным пальцами рук, повторяют форму папиллярных линий. Но таким образом нельзя снять отпечаток с ворсистого или липкого материала — порошок будет прилипать в любом месте; а не только там, где оставил отпечаток преступник. Как быть?

Идеальное решение — линии сами становятся видимыми. Но для этого они должны «потолстеть» в тысячу раз. Что может расти само? В первую очередь живое вещество. Недавно был выведен сорт бактерий, которые активно размножаются, питаясь кожным жиром. Кусок ткани со следами пальцев орошают культурой бактерий и помещают в термостат. Через некоторое время ясно видны колонии бактерий, «выстроившиеся» вдоль папиллярных линий.

К сожалению, сегодня ТРИЗ еще не располагает набором всех необходимых изобретателю указателей. Но работы в этом направлении ведутся. С использованием геометрических, химических и других эффектов изобретатель может познакомиться в литературе [3—9].

Решение исследовательских задач

Решением изобретательских задач нужды производства не исчерпываются. На практике часто приходится сталкиваться и с проблемами несколько иного характера — задачами исследовательскими, в которых нужно найти, объяснить

причины того или иного наблюдаемого явления, например причины появления брака.

Задача 25. Микропровод в стеклянной изоляции толщиной от 3 до 60 микрон получают, поместив стеклянную трубку с находящимся внутри нее металлом в поле высокочастотного индуктора (рис. 9). Металл при этом плавится, стекло размягчается и трубку вытягивают в тончайший капилляр, заполненный внутри металлом. Когда по этой испытанной технологии начали изготавливать микропровод из сплава индий—сурьма, возникли трудности. Они не были неожиданными, потому что этот сплав в твердом состоянии занимает объем на 12% больший, чем в жидком. Правда, предполагали, что избыток металла будет вытесняться из зоны остывания вверх по капилляру. Но на практике оказалось иначе: сплав, расширяясь, уходил не вверх, а в стороны, разрушая стеклянную изоляцию, выпуская в нее «иголки»; металлическая жила рвалась на множество кусочков длиной от долей миллиметра до нескольких миллиметров. Почему?

Эту задачу сначала пытались решать традиционным способом: формулировали гипотезу, потом ее проверяли. Если гипотеза не подтверждалась, выдвигали другую — типичный метод проб и ошибок. Например, появилась идея, что неприятности возникают из-за того, что металл не успевает вытесниться наверх. Попробовали замедлить процесс вытягивания, но в результате снизили производительность, практически не получив выигрыша в качестве микропровода. Другая идея —

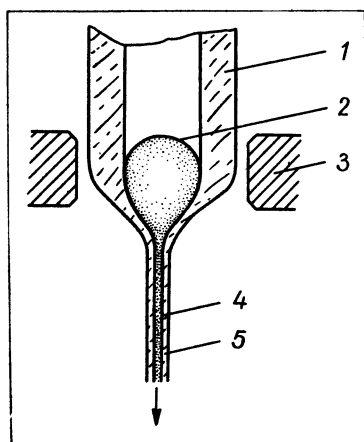


Рис. 9. Изготовление микропровода в стеклянной изоляции:
1 — стеклянная трубка; 2 — металл; 3 — высокочастотный индуктор; 4 — металлическая жила;
5 — стеклянная изоляция

слишком быстро твердеет стекло. Но дополнительный подогрев зоны вытягивания ничего не дал.

Как же решать подобные задачи, исключив необходимость перебора многочисленных вариантов? Возможно ли и здесь использование ТРИЗ? Ведь в самой постановке исследовательской задачи в большинстве случаев имеется явное или скрытое указание на противоречие: «...явление происходит (или не происходит), в то время как по имеющимся представлениям должно быть наоборот...» Решить исследовательскую задачу — значит снять это противоречие, выяснить, в чем наши представления ошибочны. Анализ решений исследовательских задач, проведенный специалистами по ТРИЗ, показал, что наиболее эффективным в таких случаях является применение приема, который получил название **обращение исследовательской задачи**, заключающегося в том, что вместо основного вопроса «как это явление объяснить?» переходят к вопросу «как это явление получить?» Таким образом, происходит превращение исследовательской задачи в изобретательскую, в результате решения которой получают одну или несколько гипотез, подлежащих дальнейшей проверке с целью подтверждения или отклонения.

Прием обращения позволяет применить для решения исследовательских задач весь известный аппарат ТРИЗ. При этом есть ряд особенностей. Например, при решении изобретательской задачи использование ресурсов всегда предпочтительнее, но не обязательно (возможно и введение веществ, полей «со стороны»), в то время как решение обращенных исследований задач всегда достигается за счет ресурсов.

Очень часто самым эффективным являющимся ресурс изменения, то есть те изменения, несоответствия условиям задачи, при которых ожидалось появление известного решения. Кроме того, не менее часто решение исследовательской задачи состоит в нахождении некоторого скрытого физического, химического и т. п. эффекта, системного свойства, приводящего к непонятному явлению.

Решение исследовательских задач включает ряд операций, последовательность которых приведена в приложении 8.

Рассмотрим для примера решение описанной выше задачи.

1. Система для изготовления микропровода включает стеклянную трубку, металл, тепловое поле (индуктор). При застывании металл расширяется и разрывает стеклянную трубку, в то время как должен был бы вытесняться вверх по трубке, не разрушая ее. Как это объяснить?

2. Обращенная задача. Система для изготовления микропровода включает стеклянную трубку, металл, тепловое поле. Как обеспечить разрушение трубки в нужном месте?

3. Разрушение трубки легко обеспечить, закупорив ее. В таком случае металл ее разрушит подобно тому, как разрывает закупоренную бутылку вода при замерзании.

4. Поскольку исходная задача исследовательская, пробка должна быть получена за счет ресурсов, то есть из самого застывающего металла. Значит, должны быть две зоны затвердевания, кристаллизации — одна внизу трубки, как бы доньшко бутылки, вторая вверху — пробка. А между ними должен остаться жидкий металл.

5. Получить две зоны кристаллизации можно, используя эффект переохлаждения жидкостей. Чистые вещества, особенно в тонких капиллярах, могут оставаться жидкими при температурах существенно более низких, чем нормальная температура замерзания, затвердевания. Известен классический опыт, когда переохлажденная на несколько градусов ниже нуля вода почти мгновенно кристаллизуется по всему объему от легкого щелчка по стакану. Кристаллизация всегда идет с выделением тепла, поэтому в стакане с замерзшей водой всегда некоторое время находится в небольшом количестве незамерзшая вода с температурой около 0°C .

6. Поскольку решение есть, применять ТРИЗ не требуется

7. В результате решения обращенной задачи появилась следующая гипотеза: разрушение микропровода происходит из-за возникновения двух зон кристаллизации. Поскольку мы имеем дело с очень чистым веществом, кристаллизация начинается в зоне минимальной температуры — при температуре ниже точки затвердевания. При этом выделяется некоторое количество тепла, не дающее застыть прилегающему к зоне кристаллизации слою жидкости. Вместе с тем кристаллизация начинается и в слоях, более удаленных от зоны с минимальной температурой. Причиной может быть толчок жидкости, возникающий в момент кристаллизации в самой холодной зоне. Так возникает «ловушка» для слоя жидкого металла между двумя зонами кристаллизации. При затвердевании этого слоя металлу уже не остается места для расширения, в результате он разрывает стеклянную трубку. При этом провод разламывается на мельчайшие кусочки.

Проверка гипотезы оказалась несложной. Было известно, что зона кристаллизации слегка светится. Приглядевшись к свечению внимательнее, обнаружили две светящиеся точки, расположенные на небольшом расстоянии друг от друга. Две точки соответствовали двум зонам кристаллизации. Выяснилось также, что две зоны наблюдаются и при изготовлении микропровода из других металлов, но поскольку объем жидкой и твердой фаз оставался одинаковым, микропровод не рвался.

8. Для устранения брака необходимо сблизить зоны кристаллизации. Это легко сделать, введя дополнительное охлаждение, отбирающее тепло, выделяющееся в зоне первичной кристаллизации.

На примере этой задачи можно убедиться в том, как очень трудная исследовательская задача после обращения становится настолько легкой, что для ее решения даже не требуется применять аппарат ТРИЗ. Но, конечно, так бывает не всегда.

Задача 26. *Существует способ магнитоабразивной обработки деталей, при котором масса стального абразивного порошка удерживается на круге из магнитного материала за счет магнитных сил. Круг вращается, порошок мягко касается детали и полирует ее. Однажды было обнаружено, что таким способом обрабатываются не только обычные детали, но и детали из твердого сплава. Но мягкий порошок не может обрабатывать более твердую деталь! Как же это объяснить?*

1. Система для магнитоабразивной обработки включает деталь, вращающийся магнит, магнитный порошок. При вращении магнита порошок обрабатывает деталь, твердость которой выше. Обычно это невозможно. Как объяснить наблюдаемое явление?

2. Обращенная задача. Система для магнитоабразивной обработки включает деталь, магнитный порошок, вращающийся магнит. Необходимо обеспечить обработку твердой детали более мягким порошком.

3. В технике известен способ обработки твердого материала мягким — это электроискровая обработка. В частности, в одной из первых установок электроэрозионной обработки медный электрод-пуансон обрабатывал стальные и твердосплавные детали.

4. Имеющиеся ресурсы — вещества порошка и детали; поля — механическое вращение порошка, механическое поле трения порошка о деталь, магнитное поле, создаваемое вращающимся кругом.

5. Необходим физический эффект, превращающий имеющиеся поля в электрическое. Такой эффект широко известен: перемещающееся относительно проводника магнитное поле может создавать в нем электрическое.

6. Строим исходную вепольную модель: B_1 — деталь, B_2 — порошок, P — механическое поле (абразивное действие). Магнитное поле в процессе полирования не участвует, оно предназначено для удержания порошка. Таким образом, получаем неэффективный веполь. Необходимо его форсировать. По стандарту 2.2.1 нужно перейти к использованию более эффективных полей. Возможен также переход к сложным

вепольям (введение второго поля по стандарту 2.1.2). Поскольку среди готовых ресурсов подходящего поля нет, второе поле может быть производным ресурсом — электрическое поле (см. предыдущий пункт) и тепловое, которое может быть получено из механического — трения порошка о деталь.

7. Формулируем две гипотезы: причиной обработки являются электрические искры (электроэрозионная обработка); поверхность детали размягчается за счет выделяющегося при обработке тепла. Для проверки гипотез нужно поставить два эксперимента.

Эксперимент первый — отключение теплового поля, например, охлаждение зоны обработки. Результат — нет влияния на обработку. Тепловое поле исключается.

Эксперимент второй — обнаружение электрических искр, то есть задача на обнаружение. Исходная вепольная модель: B_1 — порошок, P — электромагнитное излучение. По стандарту 4.2.1 вводим B_2 , преобразующее поле P в другое, хорошо обнаружимое. Например, можно поднести к зоне обработки антенну чувствительного приемника. Искры будут вызывать помехи. Этот эксперимент дал положительный результат.

8. Явление полезное, устранять его не требуется. Используя стандарты, это полезное действие можно усилить.

Задача 27. *В предвоенные годы были созданы бетонобойные снаряды большого калибра — 155 миллиметров (рис. 10). При опытных стрельбах произошло несколько неожиданных взрывов снарядов сразу после вылета из ствола орудия. Снаряд нормально срабатывает следующим образом. При ударе о преграду боёк, лежащий на дне латунного стакана и прижатый к нему пружиной, ударяет по капсюлю, который, в свою очередь, подрывает взрывчатку. Как объяснить причину преждевременных взрывов?*

Предположение, что взрыв происходит из-за торможения о воздух, неверно, так как пружина жесткая, рассчитывалась на сильный удар о бетонную преграду...

1. Система для подрыва взрывчатки включает боёк, пружину, капсюль, взрывчатку. При вылете снаряда из ствола боёк ударяет по капсюлю, вызывая взрыв, тогда как этого не должно происходить — боёк должен удерживаться пружиной в отсутствие резкого торможения снаряда. Как объяснить причину взрыва?

2. Обращенная задача. Система для подрыва включает боёк, капсюль, пружину. Необходимо заставить боёк сжать пружину и ударить по капсюлю в отсутствие резкого торможения снаряда.

3. Известных технических решений не обнаружено.

4. Ресурсы вещественные: материал бойка, взрывчатка; ресурсы полевые: ускорение при вылете снаряда, сопротивление воздуха снаряду.

5. Физические эффекты, способные вызывать неожиданный взрыв: электризация, вызывающая проскакивание искры во взрывчатке; химические эффекты — химическая нестабильность взрывчатки, которая может возникнуть при нарушении технологии ее изготовления или хранения и в принципе способна вызвать взрыв при ускорении.

6. Решение обращенной задачи по АРИЗ-85В.

1.1. Мини-задача. Техническая система для подрыва снаряда сразу после вылета включает боёк, капсюль, пружину. ТП-1: если пружины нет, то боёк может ударить по капсюлю в момент вылета снаряда из ствола, но тогда он может взорваться в любое время. ТП-2: если пружина на месте, боёк не может ударить по капсюлю в нужный момент, но снаряд не взорвется в любое время.

Необходимо при минимальных изменениях в системе обеспечить удар бойка по капсюлю в нужный момент.

1.2. Изделие — боёк (Б). Инструмент — пружина (П) — отсутствующая, присутствующая.

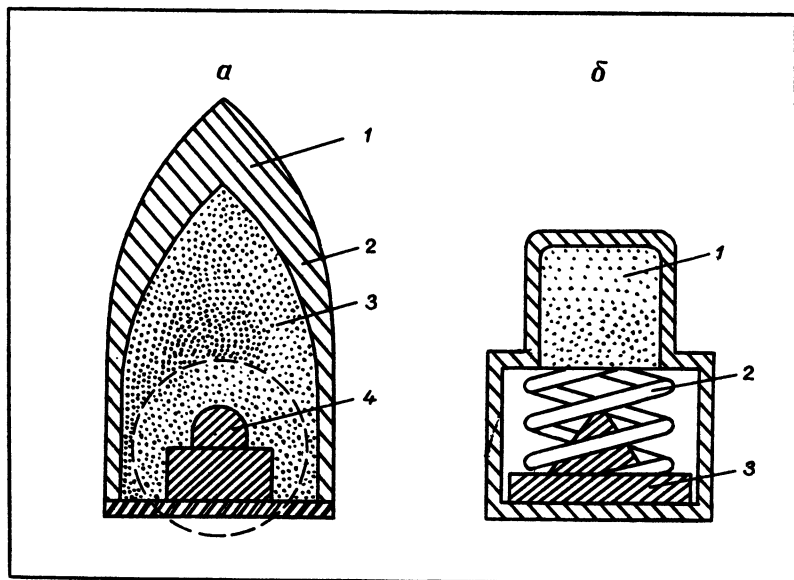


Рис. 10. Бетнобойный снаряд:

a — снаряд в сборе: 1 — наконечник; 2 — корпус; 3 — взрывчатка; 4 — взрыватель; *б* — взрыватель: 1 — капсюль; 2 — пружина; 3 — боёк

1.3. Схема конфликта:



1.4. Выбираем ТП-2, так как по условию задачи взрывов в другие моменты не было.

1.5. Усиление конфликта. Пружина очень сильная.

1.6. Дано: боёк и пружина. Пружина не позволяет бойку двигаться. Необходимо ввести икс-элемент, который обеспечивает движение бойка, не меняя пружину.

1.7. Исходная вепольная модель: V_1 — боёк, V_2 — пружина, P — поле упругих сил пружины. Это вредный веполь. Поскольку вводить вещества мы не можем, разрушение должно быть по стандарту 1.2.4 — введение противополополя.

2.1. Оперативная зона — пространство, включающее боёк и пружину:

2.2. T_1 — момент вылета, T_2 — время разгона снаряда.

2.3. ВПР:

| Ресурсы | Вещества | Поля |
|---|---|---|
| Внутрисистемные ресурсы (ОЗ): инструмент — пружина изделие — боёк | Сталь Сталь | Упругость Силы инерции, энергия разгона |
| Внешнесистемные: часть снаряда | Латунный стакан, капсюль, взрывчатка | |
| внешняя среда | Воздух | Фоновые поля |
| Надсистемные: орудие | Пороховые газы, ствол | Энергия разгона |

3.1. Икс-элемент, абсолютно не изменяя систему и не вызывая вредных явлений, обеспечивает движение бойка, не меняя пружину.

3.2. На шаге 1.7 мы определили, что для разрушения вредного веполя нужно ввести поле противоположного действия. Значит, икс-элемент должен быть полем. Среди ресурсов наиболее подходящее поле — силы инерции бойка.

3.3. Силы инерции должны двинуть боёк к капсюлю, чтобы обеспечить взрыв, и не должны двигать боёк к капсюлю, так как по законам физики действуют в противоположную сторону.

3.5. Оперативная зона сама обеспечивает изменение направления действия сил инерции в нужный момент.

3.6. Исходная вепольная модель: B_1 — боёк. Для того чтобы изменить направление сил инерции, нужно ввести B_2 и поле Π .

4.1. Было: под действием сил инерции «человечки» бойка двигаются не к пружине, а давят на дно стакана.

Стало: новая группа «человечков» толкает «человечков» бойка в противоположном направлении.

Новая группа «человечков» тоже должна быть из ресурсов. Это — дно стакана. Силы инерции, отжимающие боёк ко дну, деформируют его (прогибают). После окончания разгона силы инерции исчезают, и дно стремится вернуться в исходное состояние за счет сил упругости. Упругое дно толкает боёк вперед, сжимая пружину.

7. Формулировка гипотезы. Взрыв происходит потому, что во время разгона деформируется дно стакана-взрывателя. После прекращения давления на дно за счет упругих сил оно возвращается в исходное положение, толкая боёк к капсюлю. Это явление не сказывалось на снарядах малого калибра, так как там прогиб был небольшим.

Проверить гипотезу можно, попробовав устранить вредное явление.

8. Как устранить? Имеем вредный веполь: B_1 — дно, B_2 — боёк, Π — упругие силы. Разрушить вредный веполь можно по стандарту 1.2.1 — ввести B_3 (теперь нет запрета на введение новых веществ), которое должно погасить действие упругих сил. Для этого подойдет промежуточная пластина из пластичного материала, способного гасить энергию за счет деформации, например из свинца.

После введения такой прокладки взрывы прекратились.

Еще одно важнейшее направление использования приема «обращение задачи» — выявления скрытых дефектов в деталях и конструкциях, скрытых недостатков в технологических процессах, как действующих, так и на стадии их проектирования. В этом случае можно воспользоваться модификацией приема «обращение» — **«диверсионным подходом»**.

Сущность диверсионного подхода заключается в том, что при анализе конструкции или технологии задается вопрос: как этот объект испортить? Как добиться дефектов и брака, причем так, чтобы его не могли выявить ни ОТК, ни другие методы контроля? То есть, по сути дела, нужно придумать «диверсию». А после того как способы «испортить» деталь, объект будут найдены, возникает новая задача: как этого не допустить?

Такого рода анализ необходим не только для готовящегося к выпуску изделия, проектируемой технологии, но и для новых юридических законов, правительственных постановлений, в особенности для выявления и устранения возможных аварий, катастроф, экспертизы крупномасштабных проектов на экологическую безопасность с целью своевременного выявления возможных нежелательных последствий и их недопущения.

Примеры. При анализе контактного узла автоматического выключателя была поставлена задача выявить слабые места в технологии его изготовления, в которых может возникать брак. Был сформулирован «диверсионный» вопрос: как испортить контакт. (Контакт — деталь, изготавливаемая из двух спаянных частей, — предназначен для работы в электрических цепях.) Одно из предложений заключалось в том, что половинки контакта нужно паять не по всему сечению, а только по наружному периметру. Плохо спаянная деталь в этом случае будет иметь повышенное электрическое сопротивление, поэтому при прохождении через нее максимальных токов она перегреется и развалится на части. А по внешнему виду ее ничем не отличишь от запаянной, как положено по технологии.

Когда эта идея была высказана, обнаружилось, что именно так и происходит часто в действительности: рабочие в целях ускорения процесса пайки и экономии серебряного припоя наносили его только по наружному периметру детали. Выяснилось также, что при эксплуатации были случаи разрушения контактов от перегрева, но причина этого была неизвестна. Благодаря диверсионному подходу удалось ее выявить. А устранить брак оказалось несложно, введя, например, отбраковку контактов по электрическому сопротивлению.

При изготовлении рабочих органов насосов путем литья «в землю» шел большой брак. Причина этого, как выяснилось позже, крылась в том, что за последнее десятилетие почти утроилась норма выработки изделий на одного литейщика, выполнить ее с высоким качеством стало практически невозможно; рабочие стали нарушать технологию. Анализ последней показал, что в ней имеются, по крайней мере, две операции, которые невозможно проконтролировать в процессе работы, и, следовательно, допускающие недобросовестность. Технология была переработана, вместо простого литья было предложено сначала изготавливать наиболее ответственную центральную часть детали точным литьем по выплавляемым моделям, а затем производить заливку всей детали вместе с готовой центральной частью в земляную форму. Технологи считали, что теперь брака станет меньше. Однако проведенный «диверсионный» поиск показал, что в новой технологии операций, не поддающихся контролю, стало не меньше десяти. Это означало, что при сохранении существующих норм выработки новая технология станет еще более «беззащитной», брак увеличится.

Рекомендации по использованию инструментов ТРИЗ

Применение инструментов ТРИЗ для решения производственных задач началось практически параллельно с их разработкой. Все методические приемы, правила и рекомендации тут же проверялись на практике сначала автором ТРИЗ, а затем подготовленными людьми — обученными на семинарах либо освоившими методику самостоятельно по книгам.

По мере разработки и апробирования новых инструментов ТРИЗ стали возникать вопросы: в какой последовательности их использовать, какой инструмент в каких случаях наиболее эффективен, обязательно ли знакомиться со всеми инструментами?

Практика показала, что разные инструменты ТРИЗ обладают разной эффективностью, в зависимости от уровня решения задач, требуют разного времени для усвоения и применения. Конечно, точные оценки здесь невозможны, но примерные приведены на рис. 11.

Приемы устранения технических противоречий — самый простой для изучения и использования инструмент. Для хорошего практического овладения им требуется 10—12 учебных часов и 10—20 часов самостоятельной работы. Сам процесс решения задачи после такой подготовки занимает немного времени — в пределах нескольких часов.

Вепольный анализ и стандарты на решение изобретательских задач для освоения требуют примерно такого же времени, в основном на отработку техники построения вепольных формул и на тренировку в поиске необходимых для данной задачи стандартов. Затраты времени на процесс решения также невелики. Тем не менее в целом этот инструмент дает решения, как правило, более высокого уровня, чем приемы,

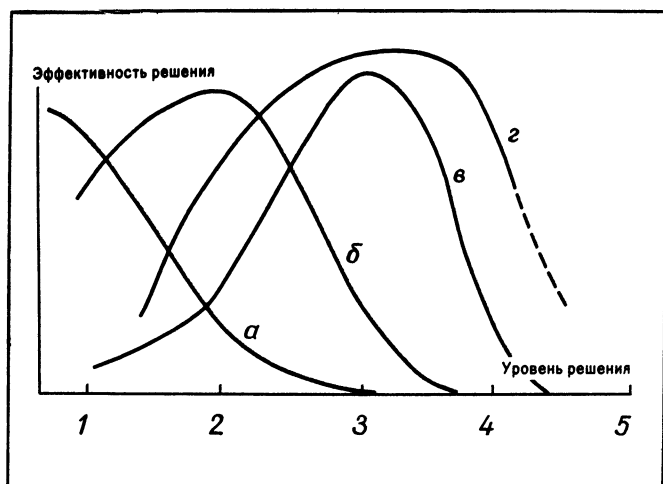


Рис. 11. Сравнительная эффективность разных инструментов ТРИЗ и метода проб и ошибок в решении задач разных уровней:

а — метод проб и ошибок; *б* — приемы разрешения технических противоречий; *в* — вепольный анализ и стандарты на решение изобретательских задач; *г* — алгоритм решения изобретательских задач (кривая оборвана, поскольку пока нет достаточной информации для статистически обоснованного вывода об эффективности АРИЗ в зоне решений высшего уровня)

хотя как тот, так и другой недостаточно эффективны при решении плохо поставленных задач — в тех случаях, когда имеется не столько изобретательская задача, сколько изобретательская ситуация.

В последнем случае гораздо эффективнее АРИЗ. Для его практического освоения требуется существенно больше времени и усилий — не менее 40—60 учебных часов и до 200 часов самостоятельной работы. Решение задач с помощью АРИЗ также достаточно трудоемко — иногда десятки, а порой и сотни рабочих часов. Но это немного, если учесть, что такие задачи, как правило, ждут десятилетиями своего решения.

Специалист, владеющий инструментарием ТРИЗ, способен получать решения на 1—2 уровня выше, чем даже опытный изобретатель, но не знакомый с ТРИЗ. Имеется разница и между специалистом, только что прошедшим обучение по ТРИЗ, и тем, кто пользуется теорией много лет, но не столько в уровне решений, сколько в скорости их получения (за счет более обширного фонда задач-аналогов, наработанной техники формулирования шагов АРИЗ).

Вместе с тем сегодня имеется возможность уменьшить и это различие, а также повысить уровень решений с помощью современных средств вычислительной техники. Группой специалистов по ТРИЗ под руководством В. М. Цурикова разработана интеллектуальная система поддержки изобретателя «Изобретающая машина» (ИМ). В основе системы лежит высокого уровня машинный язык «Пролог». Конечно, машина сама задачи не решает. Она предлагает решающему подходящие к той или иной конкретной задаче инструменты ТРИЗ, подсказывает задачи-аналоги, напоминает о физических, химических и других эффектах, доброжелательными вопросами помогает изменить задачу, оценить степень идеальности полученных решений. Применение ИМ позволяет не только быстро и эффективно решать задачи, но и резко ускоряет процесс освоения ТРИЗ. Сегодня на базе ИМ отрабатываются программы, целевые алгоритмы, предназначенные для отдельных типов задач, снабженные специально подобранным информационным фондом и т. п.

Из рис. 11 видно, что задачи не очень высокого уровня могут успешно решаться разными инструментами. Известны случаи, когда изобретатели-практики предпочитают использовать какой-то один инструмент, например приемы устранения технических противоречий. Однако, несмотря на то что и один инструмент может обеспечить получение приемлемых решений, комплекс инструментов выводит на более идеальные и, следовательно, более эффективные решения.

Опыт выбора инструментов, как правило, вырабатывается еще во время обучения в результате решения десятков учебных задач и закрепляется практикой. Для облегчения этого процесса могут быть предложены следующие рекомендации по работе с уже сформулированными задачами.

1. Определить тип задачи: на изменение системы; на измерение или обнаружение; исследовательская (решается в последовательности, приведенной в приложении 8).

2. Построить исходную вепольную модель задачи и преобразовать ее в зависимости от вида исходной модели по стандартам классов 1, 4. Рассмотреть возможность развития решения по стандартам классов 2, 3 и повышения его идеальности по стандартам класса 5. При необходимости могут быть привлечены указатели физических, химических и других эффектов.

3. Если в задаче сформулировано техническое противоречие, либо оно появилось при попытке решения, в том числе и по стандартам, рассмотреть возможность его устранения с помощью типовых приемов.

4. Решить задачу по АРИЗ.

Успешному решению изобретательских задач часто мешают несколько распространенных заблуждений. Вот наиболее существенные из них.

1. Решающий заявляет: «Задача поставлена неточно. Дайте мне точную формулировку, вот тогда...» Между тем изобретательские задачи никогда не бывают поставлены точно (в противном случае они решались бы автоматически). Процесс решения по ТРИЗ и состоит в последовательном уточнении условий: из расплывчатой ситуации выделяется задача, затем — модель задачи, наконец — физпротиворечие, содержащееся в выбранной модели. Уточнение и преобразование исходной формулировки — обязанность изобретателя.

2. Слушатели иногда отказываются решать задачи, не относящиеся к сфере их деятельности. Но сильное решение всегда выводит изобретателя за рамки его специальности. Научиться хорошо решать трудные задачи — значит научиться смело выходить за пределы узкой специализации. Трудности здесь в основном психологические, ибо для обнаружения принципиально нового решения подчас достаточна физика в объеме средней школы.

3. Считают, что для решения задачи необходимо собрать как можно больше информации. Это — результат использования традиционного метода проб и ошибок, когда любое, даже случайно услышанное слово может натолкнуть на идею решения. При анализе задачи по ТРИЗ излишняя информация скорее вредна, чем полезна. Более того, весь анализ осно-

ван на постепенном избавлении от всего лишнего в задаче, чтобы в итоге выделить ее ядро — физическое противоречие. Для решения задачи в первую очередь необходим специализированный информационный фонд ТРИЗ. Если же какой-либо информации в условии задачи действительно не хватает, то это выявится в процессе анализа, и найти ее будет намного проще, так как будет известно, что именно требуется.

4. Начинающие изобретатели часто не решаются анализировать задачу инструментами ТРИЗ, если не угадывают сразу ответ. Во-первых, нет смысла разбирать задачу только для того, чтобы выйти на заранее угаданное решение. Во-вторых, ТРИЗ нужен именно для «глухих» задач, где решение сразу не видно. В-третьих, даже если ответ угадан или получен с использованием одного инструмента, всегда есть смысл продолжить работу с помощью других инструментов ТРИЗ — задача может иметь не одно решение, и вполне возможно, что лучшее еще не найдено...

В заключение несколько советов.

Никогда не старайтесь угадать решение — главное четко и последовательно выполняйте шаги, правила, рекомендации ТРИЗ. При сомнениях обращайтесь к приведенным в тексте примерам и формулируйте свои задачи по аналогии с ними. Как ни парадоксально, но только четкие формулировки, а не попытки угадать обеспечивают высокую вероятность нахождения решения. Конечно, и рекомендации ТРИЗ не всегда идеальны, но они выявлены и проверены на решении тысяч задач. При желании что-то изменить, улучшить попробуйте сперва сделать «как надо», а потом экспериментировать.

Максимально используйте каждый шаг, не надейтесь, что «получится дальше». Но и не «зависайте» слишком долго на каком-то одном шаге, переходите к следующему как только почувствуете, что исчерпалась новизна, что ничего нового этот шаг не дает. Лучше через несколько шагов вернуться назад и заново выполнить «трудный шаг», используя новую информацию.

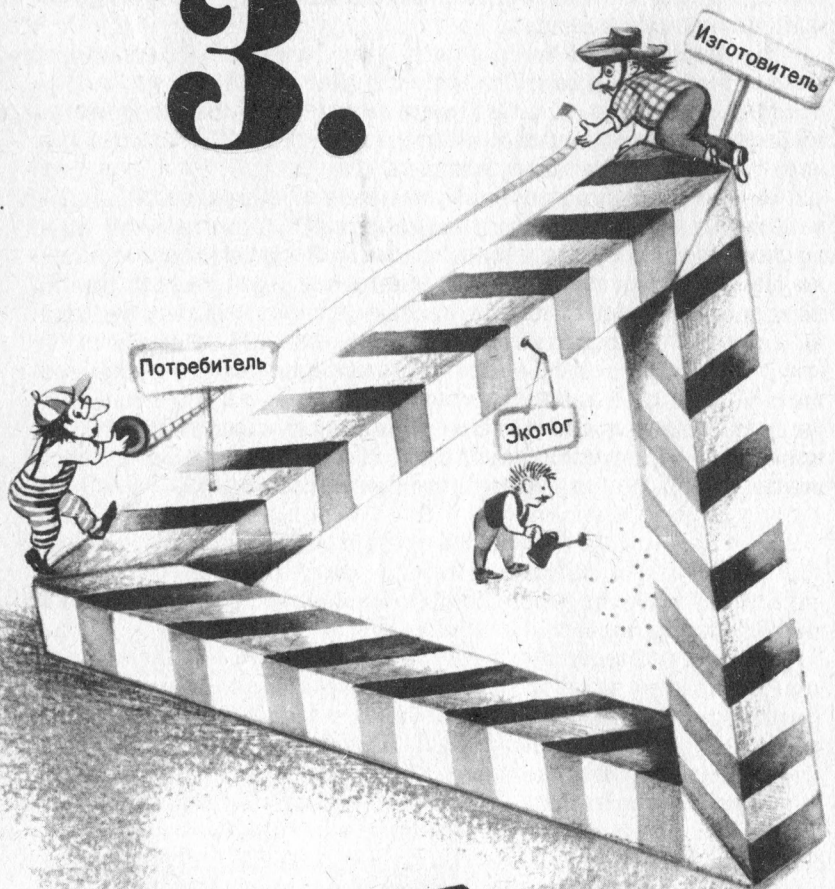
Обязательно записывайте подробно весь процесс анализа, все шаги, свои размышления, появившиеся решения, возникающие по ходу дела новые задачи. Но не «перебегайте» в процессе работы к другим задачам, даже если покажется, что иная линия анализа эффективнее. Доведите до конца анализ в выбранном направлении и потом начните новый. Не прекращайте анализ и не меняйте его направления при кажущейся невозможности решения, возрастании нелепости, даже «дикости» формулировок. Эта «дикость» — свидетельство эффективного преобразования задачи, возможности появления новых нетривиальных идей, признак того, что решение близко.

Не торопитесь, работайте в спокойном, несколько даже замедленном темпе, не бойтесь многократных возвратов назад в процессе анализа — каковы бы не были потери времени при анализе, они будут несоизмеримо меньше, чем потери, связанные с недостаточно четким, качественным, не доведенным до конца решением.

Не удовлетворяйтесь частичной победой, решениями «вроде бы неплохими». Любое решение старайтесь «дожать», сделать идеальнее, проще, дешевле и т. п. Закончив решение, проверьте — все ли инструменты, все ли возможности использованы, нельзя ли еще улучшить ответ...

Не следует также терять сразу интерес к решенной задаче, найденные идеи полезно запоминать. В значительной мере эффективность практической работы специалиста-поисковика определяется хранящимся у него в памяти информационным фондом, существенной частью которого являются задачи-аналоги — эффективные изобретательские решения высокого уровня, которые могут быть использованы в дальнейшем. Конечно, нельзя рассчитывать только на память. Задачи и их решения следует выписывать на карточки, тогда со временем образуется изобретательская картотека, существенно повышающая успех в решении задач.

3.



Комплексное применение ТРИЗ

ФСА. История создания и основные положения

Сегодня отдельные инструменты ТРИЗ и вся теория в комплексе широко используются на сотнях предприятий. Эту работу ведут как отдельные специалисты, так и специально созданные группы. Но максимальная эффективность может быть достигнута там, где использование ТРИЗ носит не эпизодический характер, а пронизывает весь цикл производства, начиная от проектирования нового изделия до последней модернизации. Такой подход реализуется в рамках системы функционально-стоимостного анализа (ФСА).

ФСА — действенный и универсальный инструмент направленного совершенствования различных аспектов производственной деятельности, объединяющий в единую систему экономические, организационные и творческие приемы и методы решения разнообразных задач и проблем.

Любая вещь, когда-либо создаваемая человеком, предназначалась для выполнения определенных полезных функций. При этом обычно интуитивно прикидывали, окупятся ли затраты на создание вещи той пользой, которую она принесет. Но со временем техника настолько усложнилась, что простые интуитивные представления перестали срабатывать, возникла необходимость в научном подходе к оценке эффективности затрат, в методике определения, насколько функции, выполняемые изделием, соответствуют стоимости их осуществления, можно ли эти же функции реализовать с меньшими затратами, либо при тех же затратах, но с большей эффективностью. Наиболее остро эта проблема встала во время второй мировой войны.

Так, перед самой войной в СССР был принят на вооружение самолет-истребитель ЛАГГ-3. В его конструкции широко использовалась так называемая дельта-древесина, требовавшая для своего изготовления большого количества фенольных смол, закупавшихся за границей. В начале войны не было возможности быстро доставлять эти смолы, и производство ЛАГГ-3 пришлось прекратить. Тогда всего за несколько месяцев генеральный конструктор С. А. Лавочкин со своими помощниками сумел превратить ЛАГГ-3 в ЛА-5 — один из лучших истребителей войны. Он не требовал дефицитных

материалов, имел меньшую стоимость и лучшие боевые качества, чем ЛАГГ-3.

Большую роль в борьбе с фашистскими бомбардировщиками сыграла 85-миллиметровая зенитная пушка образца 1939 года. Организовать ее массовый выпуск помогла модернизация, проведенная коллективом завода в 1941—1942 гг. без остановки производства. На каждом орудии удалось сэкономить до 630 кг легированных и углеродистых сталей и 51 кг цветных металлов. Трудоемкость его изготовления была снижена с 2051 до 1360 человеко-часов.

Особенно наглядно проявилась эффективность выявления резервов в истории создания ручного автоматического оружия. В 1939 году был принят на вооружение пистолет-пулемет Дегтярева, отлично себя зарекомендовавший. Трудоемкость его изготовления составляла 24 часа. В 1941 году его сменил пистолет-пулемет Шпагина — знаменитый ППШ. Его трудоемкость, благодаря широкому применению штамповки и сварки, составила 7 часов, масса уменьшилась на 600 г по сравнению с предшественником, а в 1943 году в блокадном Ленинграде в условиях острейшего дефицита было налажено производство пистолета-пулемета Судаева, который при более высоких боевых качествах имел трудоемкость всего 2,7 часа и массу на 2,2 кг меньше, чем ППШ.

Можно привести еще множество примеров того, как удавалось найти самую неожиданную замену дефицитным материалам, когда при отсутствии самых необходимых инструментов на выручку приходили изобретательность, рабочая смекалка. Работы, требовавшие по довоенным нормам многомесячной подготовки, выполнялись за неделю, один человек заменял целую бригаду, а бригада выпускала продукции больше, чем весь цех до войны. Этот период можно считать первым этапом становления ФСА в СССР, хотя само название появилось много позже.

Основные теоретические положения ФСА были разработаны примерно в одно и то же время в СССР конструктором Пермского телефонного завода Ю. М. Соболевым и работником фирмы «Дженерал Электрик» Л. Майлзом в США.

Главным исходным положением ФСА является представление о наличии в любом объекте скрытых резервов совершенствования. Откуда они берутся? Никто не заинтересован в создании резервов, более того, принимаются меры к их снижению, а они тем не менее все же появляются.

Причин тому немало: например, неэффективное использование научной и технической информации; пренебрежительное отношение конструкторов к экономической стороне

дела; неоправданное завышение технических параметров изделий, их узлов и деталей; несогласованность работы конструкторских, технологических и производственных служб на предприятии и т. п.

Нередко причиной неоправданного появления резервов оказываются временные неоптимальные решения, принятые в условиях нехватки времени или отсутствия в данный момент нужного материала, оборудования и закрепленные затем в технической документации на все время выпуска изделия. Приводит к появлению в конструкции излишних резервов недостаточная, а порой и избыточная, степень унификации изделий, когда необоснованно объединяется ряд типоразмеров изделий, каждый из которых рассчитан на массовое производство.

Но главной причиной закладки ненужных резервов является психологическая инерция специалистов, технический консерватизм, привычка к однобокому, узкому взгляду на выполняемую работу. Это не позволяет системно подойти к создаваемым устройствам, технологическим процессам, увидеть их во взаимодействии с другими системами, в динамике непрерывного развития, широко, по-государственному отнестись к получению экономического эффекта от разработки, преодолеть ведомственные интересы. Привычка к шаблону, неумение, неорганизованность, нехватка времени, а порой нежелание искать новые решения, даже страх перед новым и трудностями, связанными с его внедрением, приводят к тому, что иногда новые изделия оказываются дороже и хуже, чем давно выпускаемые советские и зарубежные аналоги.

Однако и в том случае, если изделие отлично спроектировано, его технология прогрессивна и хорошо отработана, и в момент выпуска резервов совершенствования практически нет, через некоторое время они появятся по мере создания новых материалов, более эффективных технических решений, внедрения более производительных технологических процессов, нового оборудования. Тогда наступает время проведения ФСА — целенаправленного поиска резервов. В приложении 11 приведена таблица наиболее часто встречающихся резервов совершенствования изделий.

С момента своего зарождения ФСА был направлен именно на совершенствование выпускаемой продукции и в конечном итоге на снижение затрат в производстве. В начальный период своего существования ФСА рассматривался только как средство ликвидации излишеств, при этом цель анализа представлялась чисто экономической — проверка статей затрат. Позже, на разных этапах развития, ФСА определяли как программу изучения изделия, как научную, функциональ-

но и системно ориентированную методологию комплексной рационализаторской деятельности и даже как особый способ мышления.

Соответственно неоднократно предлагались и использовались различные названия для самого анализа — от простого «стоимостного анализа» (*Valu analysis*), до сих пор широко применяемого в США, «инженерно-стоимостного анализа», «анализа затрат на основе потребительской стоимости» (*Gebrauchswert Kosten Analyse*), принятого в ГДР, и до применяемых в СССР наименований «функционально-стоимостной» или «функционально-экономический анализ».

Высокая результативность ФСА обусловила его широкое распространение в США, Англии, ФРГ, Канаде, Японии и других капиталистических странах. В социалистических странах этот метод стал применяться сначала в ГДР и Чехословакии, затем в Польше, Венгрии, Румынии, Болгарии, Югославии.

Становление системы ФСА в СССР происходило в 50—60-е годы, когда отрабатывались и использовались отдельные составные элементы современного ФСА — поэлементный анализ, комплексный технико-экономический анализ производства, научные методы поиска новых технических решений, коллективное творчество.

Одним из первых организаторов коллективной творческой работы по выявлению скрытых резервов в нашей стране (30-е годы) стал молодой инженер, впоследствии нарком, министр, а затем и заместитель председателя Совета Министров СССР Иван Федорович Тевосян. Он создал группу из лучших в металлургии специалистов, включавшую ученых и опытных производственников. Этот «кулак» (то, что мы теперь называем временной рабочей группой) во главе с самим И. Ф. Тевосяном, в то время начальником объединения «Спецсталь», выезжал на неблагополучный завод. Члены группы изучали весь производственный процесс, читали лекции и вели практические занятия с заводскими работниками, знакомили их с новейшим опытом, помогали наладить дело, выявить причины прорыва и преодолеть их. Об этом рассказывал в 1934 году с трибуны XVII съезда партии Серго Орджоникидзе (Арзуманян А. Иван Тевосян. М.: Политиздат, 1983).

Современный период развития ФСА начался в конце 60-х годов. Масштабы применения ФСА для сокращения издержек производства начали принимать определенно очерченный характер. ФСА практически используется на заводах «Уралмаш» и Свердловском машиностроительном им. Воровского, во ВНИИэлектроаппарат, на ряде других предприятий, объединений и организаций. С 1977 года ФСА широко

используется на всех предприятиях Министерства электро-технической промышленности, а в настоящее время и на предприятиях других отраслей.

Использование ФСА на предприятиях Молдавии началось в 1977 году. Первым применил его завод «Молдавкабель». Проведенный ФСА по совершенствованию проводов для комплектации погружных насосов позволил ежегодно экономить около 20 тонн меди, 250 тонн пластмассы, 800 тыс. киловатт-часов электроэнергии. На десять тысяч нормо-часов снижена трудоемкость, а общий экономический эффект превысил 13 млн. рублей.

Хорошие результаты дало применение элементов ФСА и на ряде других предприятий Молдавии.

Наиболее общее определение ФСА дано в «Основных положениях методики проведения функционально-стоимостного анализа», утвержденных постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике (1982 г.). Согласно ему, ФСА — это метод системного исследования объекта (изделия, процесса, структуры), направленный на повышение эффективности использования материальных и трудовых ресурсов.

По внутреннему своему содержанию **ФСА — это комплексно-целевая программа, объединяющая три основные составляющие — технико-экономический анализ, организационно-технические мероприятия и научную методологию поиска новых решений,— направленная на выявление и использование резервов совершенствования любых объектов.** ФСА позволяет сформулировать цель работы, наметить пути достижения цели и последовательно пройти весь путь вплоть до ее реализации, сочетая при этом самые разные, но взаимно дополняющие друг друга методы.

Технико-экономический анализ направлен в первую очередь на обоснованный выбор для проведения ФСА таких объектов, совершенствование которых может дать оптимальный для этих условий экономический эффект, высокие технические результаты. Для этого используются экономические критерии в сочетании с экспертными оценками ответственных и компетентных специалистов.

Не менее важна роль экономического подхода при выборе узлов и деталей изделия, в первую очередь подлежащих улучшению. Значимость экономических расчетов возрастает, если приходится выбирать между несколькими вариантами решения, для того чтобы найти наиболее эффективный и легко используемый вариант, самые экономичные пути его реализации.

Научная методология поиска новых решений — главное

отличие ФСА от традиционных методов экономии материальных и трудовых ресурсов, улучшения качества изделий. Эффект ФСА достигается за счет целенаправленного поиска новых, более эффективных технических и организационных решений, позволяющих изделиям выполнять функции с минимальными затратами, то есть повышать их идеальность. В этом ФСА тесно смыкается с изобретательской и рационализаторской работой. Однако традиционные формы такой работы, связанные со стихийным, ненаправленным поиском новых решений небольшим числом одаренных от природы изобретателей, оказываются трудно совместимыми с плановостью работ по ФСА. Именно поэтому с самого начала существования ФСА его связывали с теми или иными эвристическими приемами и методами, начиная от самых простых (типа предложенного Л. Майлзом метода «обдумки») [1].

В дальнейшем специалисты по ФСА постепенно, по мере освоения, переходили к использованию (кроме функционального и поэлементного подходов) мозгового штурма, морфологического анализа и других методов активизации поиска. Первые успехи ФСА в нашей стране тоже были связаны с этими простейшими методами. Они позволяли находить решения несложных задач, выявлять упущения в конструкциях и технологии, ошибки и просто глупости. Но там, где верхний слой наиболее простых решений был снят, эффект ФСА стал стремительно падать. Особенно это сказалось на предприятиях, выпускающих ограниченный ассортимент изделий. В этой ситуации у специалистов ФСА возникла необходимость в более эффективных методиках поиска нового. Получился стихийный широкомасштабный эксперимент по проверке эффективности различных методов поиска новых решений. В результате было установлено, что единственной методикой, дающей стабильные высокие результаты, доступной для овладения, оказалась ТРИЗ, которая и составляет основу методологии поиска нового при проведении ФСА (ряд других методов, о которых шла речь выше, применяются в качестве вспомогательных).

Организационно-технические мероприятия ФСА включают создание постоянно действующих органов ФСА на предприятии, организацию работ по поиску новых решений, их экспертизе и внедрению. К постоянно действующим относятся служба ФСА, организующая всю работу, и совет ФСА — руководящий орган ФСА на предприятии. Работа по поиску новых решений ведется с помощью **временной рабочей группы** (ВРГ) — своего рода комплексной творческой бригады, формируемой на время проведения данной конкретной рабо-

ты. ВРГ работает под руководством ведущего, владеющего методологией поиска новых решений. В качестве членов ВРГ приглашаются специалисты, имеющие отношение к разным этапам производственного цикла совершенствуемого изделия (или технологии), а также несколько человек, не связанных непосредственно с данной системой, но обладающих хорошей творческой подготовкой и обширными знаниями в других областях техники. ВРГ позволяет разрешить одно из наиболее существенных противоречий, возникающих при совершенствовании техники: для того чтобы совершенствовать систему, необходимо прекрасно, до тонкостей, знать эту систему, то есть быть специалистом в данной области; но именно специалисты подвержены наиболее сильно психологической инерции, мешающей находить новое; дилетанты же, пусть даже широко образованные, владеющие методами поиска, но не знающие конкретно именно этой системы, не могут рассмотреть ее комплексно, выявить задачи и отобрать именно те, которые нужно решить в первую очередь. Коллективное творчество — сотрудничество работников разных специальностей, представителей разных служб и подразделений предприятия под руководством высококвалифицированного ведущего позволяет обеспечить высокую эффективность ФСА.

Для того чтобы найденные при проведении ФСА решения могли получить путевку в жизнь, необходима еще одна творческая группа — экспертная комиссия, включающая ответственных специалистов, связанных с выпуском объекта, в составе главного конструктора, главного технолога, начальников соответствующих цехов, начальников отделов материально-технического снабжения, планово-экономического и, возможно, патентного. Руководит работой экспертной комиссии, как правило, главный инженер предприятия.

Экспертная комиссия совместно с ВРГ производит отбор предложений, определяет порядок их внедрения, разрабатывает программу необходимых исследований, доработок для обеспечения внедрения.

ФСА — комплексная программа, поэтому его успех достигается только сочетанием всех трех составляющих: экономики, организации и методов поиска нового. Вместе с тем в литературе по ФСА разные авторы акцентируют внимание на разных аспектах. В данной книге — это вопросы методологии поиска нового. Более подробно с вопросами экономики и организации ФСА можно ознакомиться в работах [13, 16].

Этапы ФСА

Как уже было отмечено, ФСА в начале применяли для совершенствования уже выпускаемых изделий. Сегодня очевидно, что такой подход не является оптимальным, так как внедрение найденных идей сталкивается с затруднениями из-за необходимости перестройки налаженного производства, что всегда болезненно. При этом наибольшие сложности возникают при внедрении предложений, связанных со значительными изменениями в конструкции, технологии.

Выгоднее всего проводить ФСА на стадии проектирования объекта, охватывая весь процесс создания изделия от первых проработок до постановки серийного производства. При этом ФСА не заменяет нормальной работы разработчиков, конструкторов и технологов, а дополняет ее.

Одним из самых ответственных этапов разработки являются предпроектные исследования, подготовка технического задания. На этом этапе определяется функциональный принцип изделия, закладываются основные черты будущей конструкции. Именно здесь наиболее опасны волюнтаризм, шаблонный подход, недостаток информации, недоработки. Ошибки, допущенные в это время, труднее всего исправить. Поэтому целесообразно начинать работу с ФСА, проводимого группой разносторонних специалистов: проектировщиков, технологов, исследователей, производителей, дизайнеров, представителей будущих потребителей, торгующих организаций и т. д. Такая группа может выработать основы будущей конструкции с учетом всех требований.

После того как ВРГ определит основные принципы конструкции, работа продолжается, как и при обычном проектировании, соответствующей конструкторской службой.

Следующий момент для включения в работу ФСА может наступить после выполнения эскизного проекта. ВРГ в прежнем составе или несколько обновленная рассматривает проект, выявляет ошибки. Такая же работа может проводиться в отношении технического проекта. После выполнения рабочих чертежей группа ФСА как бы подводит итоги проделанной работы, отыскивает возможные недостатки и пути их устранения. На этом этапе ФСА ориентируется еще и на отработку технологии, обеспечение изготовления опытных образцов.

Последний этап ФСА на стадии разработки настает после испытаний образцов, опытной эксплуатации, когда необходимо устранить замеченные недочеты, решить вопросы, связанные с развертыванием серийного производства. Изделие, полностью прошедшее такой цикл разработки, вряд ли будет

нуждаться в проведении ФСА на стадии выпуска вплоть до момента снятия с производства или модернизации.

Резюмируя сказанное, можно сформулировать одно из основных правил проведения ФСА по любым изделиям: *ФСА необходимо проводить в ключевые моменты жизненного цикла изделия* — в начале его разработки, после завершения тех или иных этапов, перед государственной аттестацией, переутверждением цены, модернизацией.

Обычно работа по совершенствованию производства проводится преимущественно технологами и работниками цехов, направлена на решение технологических проблем и мало касается конструкции, в то время как небольшие и несущественные для выполнения функций объекта изменения конструкции могут порой дать больше, чем все старания технологов.

Вместе с тем совершенствование технологии производства составляет существенную часть любого ФСА, и в некоторых случаях, например при широкой номенклатуре и малой серийности выпуска, выгодно ориентировать ФСА полностью на технологические вопросы.

Большую пользу может принести ФСА при налаживании производства новых изделий. Он поможет (с помощью «диверсионного подхода») заранее выявить узкие места, возможные причины брака, добиться устойчивости производства, избежать ошибок, небрежности, нарушений технологии.

Еще одним новым, но уже доказавшим свою эффективность применением ФСА является анализ и совершенствование рационализаторских предложений. Опыт работы показал, что нередко при ФСА «воскрешаются» отклоненные ранее рационализаторские предложения. Причем, как правило, оказывается, что, хотя отклонены они вполне обоснованно, потому что в них что-то недоделано, или в том виде, в каком они поданы, их нельзя использовать, бывает достаточно сравнительно небольшого усовершенствования, чтобы предложение могло быть с пользой внедрено. Однако при существующей системе рассмотрения предложений такая возможность не предусмотрена, и хорошее, но немного не «дожатое» предложение оседает в архиве.

С другой стороны, принятая система рассмотрения предложений последовательно разными службами без согласования между собой не позволяет полностью учесть все возможные последствия предлагаемого изменения. Случается, что выгода, полученная от рационализации на одном участке, оборачивается дополнительными затратами и затруднениями на других участках работы, приводит иногда к снижению качества. Использование методологии ФСА помогает систем-

но рассмотреть предложение, учесть все возможные результаты, а при необходимости и доработать его.

Известно, что в соответствии с экономической политикой партии каждое предприятие обязано разрабатывать и производить товары народного потребления. При этом нередко на практике возникают серьезные трудности, главная из которых — выбор объектов для выпуска, удовлетворяющих целому комплексу требований. Изделие должно пользоваться повышенным спросом, соответствовать характеру основной продукции, иметь сравнительно небольшую цену, но быть рентабельным для предприятия. При этом должны максимально использоваться отходы основного производства. При выборе изделий большой эффект дают методы ФСА.

При проведении практически каждого ФСА наряду с техническими попутно отыскиваются и организационные предложения, позволяющие порой почти без затрат получить высокий экономический эффект. Нередко новые технические решения, найденные при проведении ФСА, также требуют для своего внедрения изменения организации производства. В принципе можно проводить ФСА непосредственно по организации производства и управления.

Наряду с большим ФСА, направленным на решение задач крупного масштаба, нередко оказывается полезным и нужным микро-ФСА или экспресс-ФСА, направленный на решение отдельной конкретной задачи, например на ликвидацию узкого места в производстве, на выявление причин брака, улучшение какого-то определенного параметра изделия, причем для проведения микро-ФСА определяющее значение имеет владение методами поиска новых технических решений.

В общем, использование научных поисковых методов делает ФСА широко применимым в качестве системы управления стоимостью производства. В число возможных объектов работы включаются вопросы стандартизации, аттестации продукции, проверки обоснованности технических заданий и условий, организации производства и исследований, управления, планирования и контроля. Таким образом, ФСА превращается в универсальный инструмент, пригодный для решения самых разнообразных задач и проблем повышения эффективности производства.

В зависимости от вида объекта ФСА, его сложности могут варьировать многие параметры: цели, продолжительность работы и состав поисковой группы, применяемые методы поиска, формы рабочих и отчетных документов и т. д. Но остаются неизменными общая последовательность работы и план, направляющий поиск по оптимальному пути. В «Основ-

ных положениях методики проведения ФСА», утвержденных ГКНТ СССР, предусматривается 7 этапов работы по ФСА: *подготовительный, информационный, аналитический, творческий, исследовательский, рекомендательный и этап внедрения*, каждый из которых имеет свои цели и задачи. Часть работы осуществляется непосредственно работниками службы ФСА, на некоторых этапах привлекаются представители прочих служб предприятия. В приложении 9 приводится краткое содержание основных этапов анализа, перечислены их промежуточные результаты (основные документы, выпускаемые на разных этапах работы) и исполнители (службы и подразделения предприятия, участвующие в этой работе).

Этапы выделены условно, так как полностью обособить их друг от друга невозможно — на практике работы разных этапов довольно часто совмещаются во времени. Так, сбор информации начинается еще при подготовке и продолжается в течение всего ФСА. Трудно заранее собрать всю необходимую информацию или хотя бы определить, какая информация может понадобиться на разных этапах. Поиску решений отведен творческий этап, но первые идеи появляются еще при сборе информации и анализе объекта. Нередко приходится возвращаться к поиску и на исследовательском этапе для улучшения, доработки найденных решений. А сколько раз приходится включать творчество, когда идет внедрение!

Подготовительный этап включает: выбор объекта с соответствующим технико-экономическим обоснованием, определение конкретных целей проведения ФСА; составление рабочего плана проведения ФСА; создание временной рабочей группы; подготовку решения (приказа) о проведении ФСА.

Выбор объекта начинается со сбора информации об имеющихся на предприятиях трудностях и предложений разных служб в отношении предполагаемых объектов проведения ФСА. Инициаторами проведения ФСА также могут быть руководящие или контролирующие органы, различные подразделения предприятия. На основании этих предложений составляются перспективный и текущий планы по ФСА.

ФСА ограничен определенными сроками, требует немалых затрат труда, поэтому очень важно правильно определить цели еще до начала работы, реалистично оценить возможные результаты в соизмерении с затратами на их получение, а также перспективы внедрения.

На страницах газет и журналов часто приходится встречать заметки о том, что не внедряется какое-то изобретение или рацпредложение. Сложилось стереотипное представ-

ление: виноваты консерваторы. Но всегда ли дело обстоит таким образом? Порой «невнедряемость» заложена уже в самом изобретении. Ведь не станут же внедрять пусть прекрасную, остроумную идею, но заведомо убыточную. Какой смысл возиться с предложениями по тем видам продукции, которые запланировано вскоре снять с производства? Мало шансов на внедрение также у предложения, пусть даже и обещающего немалый эффект, но требующего остановки и переделки налаженного производства и т. п.

Причиной «невнедряемости» нередко является односторонний подход самого изобретателя: обнаружил интересную задачу, увлекся, решил. Но если бы он с самого начала сумел оценить предполагаемый результат с экономических позиций, то, возможно, и не взялся за ее решение вовсе. Сколько сил тратится на несостоящие задачи, тогда как десятилетиями ждут своего решения пусть внешне менее привлекательные, но столь насущные проблемы!

Поэтому очень важно правильно выбрать объект, сформулировать цели работы и конкретные задачи: что именно нужно получить — снижение трудоемкости, экономию определенных материалов или повышение определенных технических характеристик. Конечно, нередко удается найти решения, позволяющие сэкономить и материалы, и трудозатраты, повысив при этом качество, снизив брак и т. д. Однако, если не сформулированы цели работы, можно оказаться в положении охотника, погнавшегося за несколькими зайцами.

Сравнительно несложен выбор объектов для ФСА на предприятиях крупносерийного и массового производства, где каждая сэкономленная копейка, помноженная на многотысячный выпуск, оборачивается десятками тысяч рублей экономии.

Труднее приходится на предприятиях с мелкосерийным или индивидуальным типом производства, создающих уникальную продукцию, таких как судостроительные верфи или заводы, выпускающие химические установки, турбины, прокатное и металлургическое оборудование. Здесь максимальный эффект может дать ФСА технологии и организации производства, разработки единой унифицированной конструкции узлов массового применения. Например, хотя производство электрических машин большой мощности несерийное, в каждой из них есть десятки тысяч одинаковых стальных листов, из которых собирается сердечник статора, то есть деталей массового производства. Это позволяет проводить ФСА по конструкции и технологии листа. Типичные задачи, которые могут решаться в процессе ФСА, приведены на рис. 12 на примере электронасосных установок.

По включенному в план объекту составляется техническое задание на проведение ФСА, в котором формулируются цели, определяются ожидаемые результаты, пределы возможных изменений объекта, допустимые затраты и примерные сроки работы. Конечно, многие цифры оказываются весьма приблизительными, но без них трудно работать.

Уже на этом этапе работы могут выявиться первые проблемы (задачи), появиться идеи по их решению. Поэтому необходимо сразу завести списки задач и идей, предложений, которые будут пополняться в течение всего анализа.

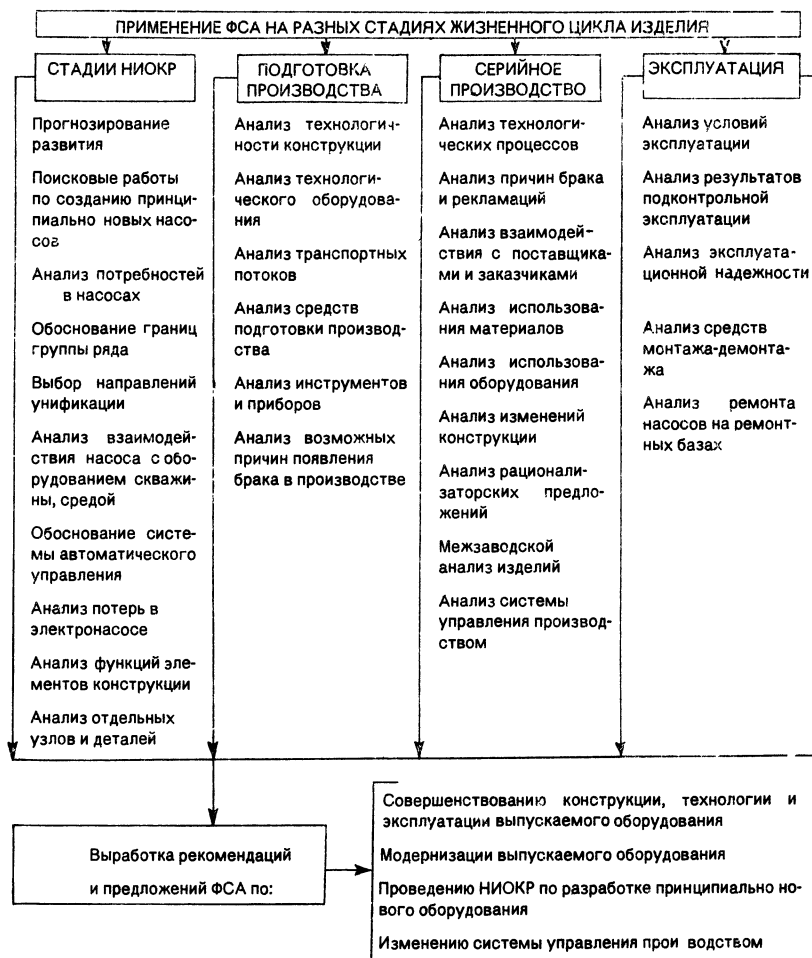


Рис. 12. Комплексная система ФСА электронасосных установок

Составление рабочего плана проведения ФСА включает определение сроков работ по этапам, разработку графика работы ВРГ. При этом учитывается недопустимость длительного отрыва ведущих специалистов от основной работы.

Работа ВРГ может производиться с полным отрывом членов группы от основной работы на короткий срок или с частичным отрывом, например по 4—6 часов в неделю. Такой режим несколько удлиняет проведение ФСА, но зато не мешает основной работе нужных для производства специалистов. Общее число заседаний планируется исходя из того, что в среднем за одно заседание удастся проанализировать конструкцию только одного узла средней сложности, в котором содержится до нескольких десятков деталей, включая крепеж; 2—3 заседания необходимы для решения организационных вопросов, ознакомления группы с объектом и методологией работы и 3—4 заседания — для подведения итогов и оформления предложений.

Кроме того, необходимо учесть, что более двух заседаний в неделю проводить нецелесообразно, в противном случае не хватит времени для серьезной к ним подготовки. Общая продолжительность работы ВРГ по одному изделию не должна превышать двух-трех месяцев, иначе интерес к работе и ее эффективность падают. При анализе сложного объекта, требующего больше времени, следует после двух месяцев сделать перерыв на две-три недели для отвлечения и предварительной оценки полученных результатов. Оптимальное время заседания 2,5—3 часа с утра, когда люди еще не устали.

Создание временной рабочей группы — наиболее ответственная работа, во многом определяющая успех ФСА. Состав привлекаемых специалистов зависит от темы и целей ФСА. Главный принцип: специалисты должны быть подобраны с таким расчетом, чтобы в группе имелась в основном вся необходимая информация по совершенствуемому объекту: техническая, экономическая, эксплуатационная и т. д. Так, в ВРГ, обычно включающей 8—12 человек, должны быть: конструктор по данному изделию, технолог, курирующий изделие в производстве, работники цехов-изготовителей, представители исследовательской и (или) испытательской службы, эксплуатационник, экономист и, как упоминалось, несколько опытных творческих специалистов, не связанных непосредственно с совершенствуемым объектом.

В процессе работы к ней могут привлекаться специалисты, не включенные непосредственно в ВРГ, — мастера и рабочие цехов, работники отделов технического контроля, представители планового отдела и отдела снабжения, технологи

по разным видам обработки, конструкторы-расчетчики, работники вычислительного центра.

Эффективность ФСА во многом зависит от настроенности всех членов временной рабочей группы на добросовестную напряженную работу с полной творческой отдачей, от их психологической совместимости. Кандидат в ВРГ должен обладать широкой технической эрудицией, иметь вкус к творческой работе, быть хорошим специалистом. Но одних этих качеств недостаточно, так как процесс коллективного творчества предъявляет особые социально-психологические требования к каждому члену группы.

Для успешной работы необходимо, чтобы все в группе были достаточно коммуникабельными, выдержанными в общении, терпимо относились к критике своих предложений, обладали достаточно быстрой реакцией, чтобы успеть понять и оценить все предложения, умели объективно подходить к оценке своих и чужих идей, обладали чувством юмора.

Подбор людей в ВРГ начинается с определения состава необходимых для работы специалистов. Просматриваются списки изобретателей и рационализаторов, отыскиваются люди, играющие важную роль в техническом прогрессе предприятия. Будущих членов ВРГ можно отобрать и на предварительных обзорно-ознакомительных лекциях по ФСА в подразделениях, которые должны участвовать в работе, обычно из числа тех, кто заинтересованно относится к делу, спорит, не остается равнодушным.

В большинстве случаев, особенно на первом этапе развертывания ФСА, когда нет возможности подобрать в ВРГ людей, уже прошедших обучение ФСА, приходится в определенной степени совмещать работу с обучением. Срок отводимый для проведения ФСА, обычно недостаточен для освоения ТРИЗ, поэтому обучение членов ВРГ ограничивается простейшими методами: как правило, только функциональным подходом и мозговым штурмом. Но, конечно, всегда следует стремиться к включению в группу как можно больше специалистов, прошедших подготовку по ТРИЗ и имеющих опыт работы в составе ВРГ. Их предложения обычно весомее и оригинальнее, чем у других, творческая активность выше.

При организации ВРГ необходимо помнить, что для ее членов работа по ФСА, как правило, дополнительная к основным служебным обязанностям, причем нелегкая, требующая большого напряжения и самоотдачи. Поэтому необходимо заранее предусмотреть возможность как морального, так и материального поощрения, стимулирующего их заинтересованность в успешной работе и результатах ФСА. С другой стороны, недобросовестность, попытка саботажа

(иногда бывает и такое) должны пресекаться, быть наказуемы. Все эти моменты должны быть оговорены в приказе о проведении работ.

Неправильный подбор людей в ВРГ может не только затормозить, но и сорвать всю работу. Такая ситуация, например, возникла во время проведения ФСА синхронного генератора средней мощности. Генератор состоит из электрической машины и размещенной сверху (на «спине») системы возбуждения. Не ожидали, что удастся найти большие резервы совершенствования собственно машины — это типовая, сильно «дожатая» конструкция с хорошо налаженной технологией производства. Гораздо больше надежд возлагали на систему возбуждения, которая была разработана на другом заводе и к моменту проведения ФСА основательно устарела. Однако с самого начала руководитель сектора систем возбуждения, участвовавший в работе, занял негативную позицию: он не соглашался ни с одним предложением, требующим от его сектора хотя бы малейшего труда по разработке, испытанию или внедрению. В результате двухмесячной работы было внесено 21 предложение по самой машине и только одно предложение по системе возбуждения, которое, впрочем, он отказался подписать.

Таким образом, важная часть работы была полностью сорвана по субъективной причине. Правда, после подведения итогов на техсовете предприятия виновник получил строгий выговор и был обязан в кратчайший срок провести ФСА своих систем.

При проведении поиска новых решений самые большие требования предъявляются к ведущему. Особенность его позиции состоит в том, что, не будучи в большинстве случаев специалистом по анализируемому объекту, он должен руководить работой опытных специалистов, хорошо знающих объект, и направлять поиск. Это возможно только при хорошей общетехнической подготовке ведущего и знании общих законов развития техники, владении инструментарием ТРИЗ.

Подготовка приказа о проведении ФСА — заключительная стадия подготовительного этапа. В приказе формулируются цели работы, указываются службы и лица, непосредственно ответственные за выполнение тех или иных ее частей, утверждаются состав, график и регламент работы временной рабочей группы, приводится список информационных материалов, которые должны представить службы предприятия.

Когда созданы все условия для работы, закончена подготовка, наступает очередь следующего этапа.

Информационный этап включает: сбор, систематизацию и предварительный анализ информации об объекте ФСА и его

аналогах, в том числе данных по конструкции, технологии, затратам, патентных и нормативных материалов. При этом сбор и систематизацию информации проводит обычно ведущий, а предварительный анализ, знакомство с этой информацией происходит на первом заседании ВРГ.

Трудоемкость этапа велика, в особенности таких работ, как сбор и изучение патентной и другой технической информации. Тем не менее такой поиск всегда считался обязательным, так как позволял найти уже готовые решения, которые можно использовать; несмотря на большие затраты времени на изучение патентной и технической информации, поиск решений самостоятельно методом проб и ошибок требовал еще больших затрат. С использованием ТРИЗ при проведении ФСА ситуация существенно меняется: проще придумать решение заново, чем отыскать его в разных источниках информации. Конечно, впоследствии, при определении патентоспособности найденных решений, поиск все равно придется проводить, но в этом случае уже известно конкретно, что нужно искать, поэтому объем поиска сужается, в то время как на информационном этапе еще неизвестно, что может понадобиться, и приходится копить информацию с избытком.

Отказ от патентного поиска на информационном этапе позволяет разгрузить его, уделяя главное внимание знакомству с объектом и позволяя привлечь к работе ВРГ уже на этом этапе, а не на аналитическом, как было принято. Другая же информация, а именно чертежи, технологическая документация, карты технического уровня, технические условия, государственные и другие стандарты, инструкции, акты, протоколы испытаний, сведения о браке и рекламациях и т. д., должна быть представлена на первое заседание ВРГ. Полезно также поднять из архива и подготовить для коллективного обсуждения ВРГ старые рационализаторские предложения, многие из них, отклоненные в свое время по различным причинам, могут оказаться нужными на новом этапе.

Очень важно, чтобы информация была представлена в удобном для восприятия виде, а экономические материалы — в виде простых и наглядных таблиц или, что еще лучше, в виде диаграмм, на которых виден удельный вес каждой детали или операции в общей стоимости объекта.

Очень помогают в работе и комплекты фотоснимков, запечатлевшие последовательно различные моменты производства.

Работа группы идет намного лучше, живее, когда кроме комплекта чертежей имеется изделие в натуре, которое каждый может взять в руки, рассмотреть со всех сторон, разобрать и собрать. Под руками должны быть инструмен-

ты, бумага, клей, ножницы, тонкая медная фольга, куски пенопласта, пластилин — все, что может понадобиться для переделки и доработки деталей, изготовления простых моделей, макетов. Конечно, далеко не всякое изделие можно поставить на стол, например многотонную машину. Тогда есть другой путь — проводить ФСА рядом с цехом. Пусть условия не очень комфортные, зато есть возможность в любой момент изучить объект ФСА на месте, выяснить спорные технологические вопросы, здесь же проверить некоторые идеи, воспользоваться цеховым оборудованием для переделки отдельных деталей.

Следует отметить, что уже для объектов средней сложности (до 500—1000 деталей) объем конструкторской и в особенности технологической документации настолько велик и труднодоступен, что представлять ее всю на заседание ВРГ невозможно. В этом случае целесообразно руководствоваться принципом, что лучший источник информации — знающие свое дело специалисты. В их головах, в ящиках их письменных столов хранится большая часть нужной информации, они знают, где искать те материалы, которые могут понадобиться во время работы. Поэтому с самого начала информационного этапа важно установить контакт со специалистами — будущими участниками ВРГ.

По этой же причине ведущий ВРГ должен как можно лучше ознакомиться с объектом анализа: побывать на рабочих местах, там, где объект эксплуатируется, на испытаниях (а если есть возможность, то и поработать на разных операциях), побеседовать с рабочими, проектировщиками, потребителями продукции, представителями экономических служб, отделов технического контрол, госприемки. Особо желательно знакомство с заводской свалкой, местами для сбора бракованной продукции и отходов, с составом металлолома. Чрезвычайно полезно поинтересоваться, на какие операции приходится привлекать в конце месяца дополнительных людей и т. д. Собранные таким образом сведения окажутся весьма полезными на данном и в особенности на аналитическом этапах.

Следует также предупредить, что часто приходится сталкиваться с отсутствием важных данных, с нежеланием многих служб их представлять, а также с недостоверностью получаемой информации. Так, в большинстве случаев недоступна или не соответствует действительности информация по браку. Например, в отчетах указывается, что брак составляет доли процента, а на свалке его количество явно на один-два порядка больше. Или официально указывается, что вся продукция сдается с первого предъявления, а на самом

деле целый участок занят доделками, доработками, исправлением брака. Возможны и другие виды фальсификации, приписок, например представление на аттестацию образца, имеющего мало общего с серийно выпускаемыми.

Самое трудное положение — с экономической информацией. Сплошь и рядом по изделиям ведется только укрупненная, позаказная калькуляция без выделения подетальных и пооперационных расходов. Практикуется и так называемый котловой метод учета расходов, когда фактические суммарные расходы цеха разносятся по разным видам продукции просто на глаз или пропорционально количеству деталей. Плохо обстоит дело и с определением трудоемкости, так как на большинстве заводов существуют по крайней мере три разные системы определения трудоемкости: нормативная, цеховая, общепроизводственная. Путаница в нормах и расходах позволяет экономистам выполнять расчеты так, чтобы получилось сколько нужно. Из-за этого нередко возникает ситуация, когда хорошее и явно выгодное предложение вдруг оказывается при внедрении невыгодным. Бывает и так, что после исключения каких-то операций или детали изделие непонятным образом становилось не дешевле, а дороже. Царит неразбериха и в ценах на материалы, полуфабрикаты и т. п.

Все эти сложности приводят к тому, что на экономиста ВРГ ложится огромная нагрузка по перепроверке и добыванию необходимых сведений, часто приходится самому проводить хронометраж, причем тайком, чтобы не травмировать рабочих и администрацию...

Дальнейшая работа по информационному этапу направлена на ознакомление группы со всем спектром вопросов, так или иначе связанных с анализируемым изделием.

Формируются списки задач и проблем, найденных по ходу работы идей. Постепенно, по мере накопления информации, группа переходит к анализу, более активному поиску новых решений — информационный этап трансформируется в аналитический, а затем в творческий. При анализе сложных, многоузловых изделий этот же цикл изучение—анализ—творчество повторяется в миниатюре при рассмотрении каждого отдельного узла.

Первое заседание ВРГ — чрезвычайно ответственный момент. Часть участников знает, что такое ФСА, другие лишь кое-что слышали, некоторые недовольны тем, что их отрывают от работы. Скептическое выражение на лицах — мало кто верит в успех.

Непосредственно работа начинается с ознакомления членов группы с графиком и регламентом работы, содержанием

ФСА и простейших методов поиска новых технических решений. Проводится показ использования этих методов на входящих в анализируемый объект деталях. На этом же заседании заранее подготовленные члены группы делают краткий обзор конструкции и технологии выбранного объекта. Ведущий предлагает несколько вопросов по выявлению недостатков изделия и простейших предложений по его совершенствованию, для затравки. Возникают первые споры, люди втягиваются в работу.

На втором заседании знакомство с методами поиска решений и практикой их применения продолжается, более подробно изучается объект ФСА путем расчленения его на функциональные узлы, построения структурной и технологической схем. На этом этапе с помощью членов ВРГ полезно провести прогнозирование развития объекта, используя простые экспертные методы [20, 21]. Это помогает увидеть дальние перспективы работы и растормозить членов группы, отвлечь от сиюминутных проблем.

Структурная схема отражает связи элементов в системе, их иерархию (система, подсистема, узел, деталь, элемент детали, материал). Удобно строить схему, разбирая объект на узлы и детали с учетом их взаимодействия. И здесь возможны неожиданности — полученная схема может не совпасть с конструкторской разбивкой деталей на сборочные единицы, отраженной в чертежах, когда одна и та же деталь входит в разные узлы, а назначение некоторых деталей непонятно.

Иногда при построении структурной схемы выявляются удивительные вещи. Например, при анализе одного из объектов недоумение вызвало то, что обечайка сваривалась из двух листов. Попытались найти логическое объяснение — возможно, это мера борьбы с температурными деформациями или же средство повышения жесткости? Все оказалось гораздо проще. Выяснилось, что в тот период, когда изделие проектировалось, завод не получал листов стали нужного размера; потом, когда перестали поступать узкие листы, в заготовительном цехе широкие листы стали резать, а в корпусном сваривать, делая ненужную работу.

Еще больше информации можно выявить при построении *технологической схемы*, отражающей последовательность операций при изготовлении изделия. Почти всегда обнаруживаются отклонения в фактической технологии от того, что содержится в технологических картах; такие отклонения — важный симптом несовершенства, на который слéдует обратить особое внимание. Всплывают десятки «почему» и требуют ответа.

На структурной и технологических схемах удобно наносить дополнительную информацию: стоимость материалов, деталей и операций, выявленные недостатки, предложения. С этими пометками схемы, вычерченные на больших листах ватмана или миллиметровой бумаги, к концу анализа начинают напоминать карты боевых действий.

Результатом информационного этапа должно быть глубокое знакомство членов ВРГ с объектом ФСА, появление навыков коллективной творческой работы.

Аналитический этап направлен на выявление, формулирование задач и проблем по совершенствованию изделия, подлежащих решению на творческом этапе, и включает: фиксирование известных задач; формулирование новых задач и проблем; оценку правильности постановки задач, их преобразование и выбор из общего списка тех, решение которых может дать наибольший эффект.

Фиксирование известных задач — внесение в список задач, заранее известных специалистам. Среди них обычно есть горящие, требующие немедленного решения, и задачи вечные, давно стоящие, к которым уже притерпелись.

Формулирование новых задач и проблем — важнейшая работа аналитического этапа. Самым сложным при проведении ФСА нередко оказывается не решение той или иной общей проблемы, а отсутствие конкретно сформулированных задач. Где искать резервы, на что обратить внимание в первую очередь — неясно. Ситуация аналогична той, что возникает при выборе объекта ФСА. В относительно простых изделиях можно попробовать поочередно проанализировать все детали. А как быть, например, с автоматическим выключателем, имеющим более трех тысяч деталей?

Выявить актуальные задачи помогает *функциональный подход* (см. с. 43) — анализ функций, выполняемых изделием, его узлами и деталями, их классификация, проверка эффективности выполнения тех или иных функций, определение их значимости для работы системы в целом, поиск элементов, недостаточно нагруженных выполнением полезных функций.

Удобно проводить такой анализ, заполняя специальные таблицы — *матрицы функций*, где по вертикали записывают функции, выполняемые системой и ее частями, по горизонтали — наименование частей системы, узлов и деталей, а при необходимости и элементов деталей в порядке их иерархического подчинения в соответствии со структурной схемой.

При формулировке функций необходимо придерживаться некоторых правил, позволяющих избежать ошибок. Записи должны быть по возможности лаконичными (желательно из

двух слов — глагола и существительного, иногда допускается еще одно — определение). Это позволяет эффективно расчленить проблему на простейшие элементы, облегчает дальнейшую поисковую работу. Формулировка функций должна быть достаточно конкретной, однако чрезмерная конкретизация автоматически привязывает поиск к какому-то одному варианту, ограничивая возможности преобразования системы. Если функции не удастся кратко и точно сформулировать, это говорит о том, что изделие недостаточно изучено и имеются какие-то неясности в его работе, а значит, на данный узел или деталь следует обратить самое пристальное внимание.

При заполнении матрицы также рекомендуется разделить функции на основные, второстепенные и вспомогательные. Выполнение основных функций обеспечивается вспомогательными, а последних — вспомогательными низших порядков. Таким образом строится схема функционирования объекта («дерево функций»). Она позволяет подойти к исследованию объекта системно, не пропустив той или иной функции.

Большинство второстепенных функций так или иначе тоже связаны с выполнением основных и являются полезными. Однако нередко какие-то функции оказываются ненужными, а порой и вредными, наносящими ущерб работе объекта либо другим объектам или внешней среде. Причем очень часто от вредной функции трудно избавиться, так как она является следствием полезной. Так, шум пылесоса, безусловно ненужный и даже вредный, тесно связан с его работой. Анализ сочетаний полезных и вредных функций дает возможность сформулировать готовую задачу для творческого этапа — разрешить техническое противоречие, найти способ устранения или уменьшения вредных функций при сохранении связанных с ними полезных.

Матрицы позволяют наглядно увидеть *функциональную значимость* тех или иных элементов системы, их вклад в выполнение изделием своей главной функции. В тех случаях, когда имеются различные варианты выполнения одной и той же функции, матрицы позволяют обоснованно сравнить альтернативы. Одна из трудностей функционального анализа состоит в том, что даже для сравнительно небольших изделий матрицы получаются весьма объемистыми. Поэтому лучше выполнять их в порядке иерархии — сперва матрицу объекта без детальной проработки всех вспомогательных функций, потом поузловые и поддетальные матрицы.

Построенные таким образом схемы и матрицы отражают внутренний аспект функционирования системы. Не менее

важно при проведении ФСА построить также функциональные схемы и матрицы, отражающие ее внешние связи с другими системами, требования, предъявляемые к ней на разных этапах,— при проектировании, производстве, транспортировке, монтаже, эксплуатации. При составлении таких схем следует использовать в максимальной степени нормативно-технические документы: стандарты, технические условия, инструкции по монтажу и эксплуатации.

Для определения очередности и направления совершенствования тех или иных узлов и деталей применяется *диагностическая таблица*, суммирующая разные оценки системы и акцентирующая внимание на наиболее важных проблемах. После заполнения функциональных матриц группа экспертным методом определяет для всех узлов величины относительной функциональной значимости в процентах, принимая значимость всего изделия за 100%. Эти величины функциональной значимости узлов сводятся в таблицу, в которую заносятся также экономические данные: стоимость материалов и трудоемкость данного узла в процентах от общей стоимости изделия. Это позволяет достаточно объективно установить очередность анализа. Если значимость узла велика при относительно малых издержках, его можно считать благополучным и, при отсутствии особых причин, рассматривать в последнюю очередь. Если же малозначачий узел имеет повышенную стоимость, им заниматься необходимо.

Другая группа оценок отражает «уровень беспокойства» (в %), вызываемого тем или иным узлом, деталью. Опрашиваются разные специалисты, в том числе и не входящие в ВРГ: работники ОТК, снабженцы, специалисты по оснастке и др. Существенное значение имеют оценки потребителей, специалистов по эксплуатации, ремонту.

Аналогично диагностической таблице по частям системы может быть построена такая же таблица по технологическим процессам, учитывающая значимость операций, материальные и трудовые затраты, уровень беспокойства, степень брака и т. д.

Формулировка функций, построение аналитических таблиц кажутся на первый взгляд простыми операциями, и заполнять эти таблицы иногда поручают конструкторам или технологам до начала работы ВРГ или же их вынужден готовить самостоятельно ведущий. Ошибка здесь двойная. Во-первых, кажущаяся простота обманчива — это весьма серьезная работа, требующая соответствующей аналитической подготовки, с одной стороны, и глубокого знания объекта, с другой, которыми обычно не может располагать отдельный специалист. Во-вторых, сами по себе заполненные таблицы

эвристической ценности практически не имеют. Важен процесс анализа, дискуссии, его сопровождающие, глубокое проникновение в проблему и, в результате, формулирование задач.

Список задач, полученных с помощью описанных выше процедур, может быть пополнен за счет применения таблицы «Скрытые резервы совершенствования продукции» (см. приложение 11), а также использования методики прогнозирования развития технических систем (приложение 13).

Оценка правильности постановки, преобразование и отбор задач для решения — обязательная стадия аналитического этапа. Дело в том, что, используя инструменты и информационный фонд ТРИЗ, коллективное творчество ВРГ, можно решить большинство задач из списка, но это бессмысленно, так как приведет к напрасной трате времени из-за того, что среди них всегда есть неправильно сформулированные, надуманные, дублирующие друг друга. В первую очередь это замечание относится к задачам известным. Поэтому необходимо провести анализ и тщательный отбор задач, во многих случаях требуется их полная переформулировка или замена.

Великий русский механик Н. Е. Жуковский говорил, что механик — это не тот, кто умеет записывать уравнения движения, а тот, кто умеет записывать их так, чтобы они интегрировались. Аналогичная картина и при постановке изобретательских задач: для того чтобы они были решены, необходимо их сформулировать в понятиях и моделях ТРИЗ: в виде технических или физических противоречий, вепольных моделей. Эту непростую работу проводит ведущий вместе с другими членами ВРГ, владеющими ТРИЗ.

Сложность формулирования задач обуславливается несколькими причинами. Одна из них связана с иерархичностью технических систем, приводящей к тому, что очень часто «болезнь» технической системы проявляется не там, «где болит», а в других ее частях, причем по-разному. Аналогией может служить пример с реальным больным, которому один врач при головных болях пропишет пирамидон и посоветует больше бывать на свежем воздухе, а другой проведет исследование и выяснит, что головные боли у пациента связаны с недостатками в сердечной деятельности, и примет меры к ее улучшению.

Другая причина — явление привычного объяснения. За многолетнюю практику проведения ФСА практически не было случаев, чтобы специалист на вопрос «Почему это сделано так, а не иначе?» ответил, что не знает. Всегда дается какое-то объяснение, которое на поверку нередко оказывается не-

верным. Секрет этого явления кроется в психологии человека, которого непонимание всегда тревожит, создает психологический дискомфорт, а это заставляет принимать на веру любое хоть сколько-нибудь правдоподобное объяснение.

Пример. При проведении ФСА по электрическому аппарату был отмечен большой процент брака изоляционных коробок. Брак заключался в том, что электрическое сопротивление коробки относительно корпуса, в который она устанавливалась, оказывалось ниже нормы. Технолог объяснял это плохим качеством пластмассы, из которой изготавливалась коробка. Но ведущего насторожил тот факт, что из любой партии пластмассы получались как годные, так и бракованные детали, а химический анализ партий не давал отличий. Поэтому приведенное объяснение не было принято. Сформулировали исследовательскую задачу: объяснить непонятное явление снижения электрического сопротивления. После обращения задача формулировалась следующим образом: как снизить электросопротивление хороших деталей? На этот вопрос был найден простой ответ: ввести в хорошую пластмассу вещество, понижающее сопротивление, естественно, из ресурсов. Таким ресурсом оказались металлические крепежные элементы, закладываемые в пресс-форму. Достаточно их заложить поглубже в материал детали, чтобы уменьшилась толщина изоляции. Когда все проверили, гипотеза подтвердилась: из-за небрежности рабочих и неудачной конструкции пресс-формы крепежные элементы иногда оказывались на несколько миллиметров глубже допустимого.

Опыт показал, что на практике специалист почти всегда предлагает для решения неправильно поставленную задачу (в противном случае он бы и сам решил ее). Это нисколько не умаляет квалификацию специалиста, просто постановка задачи — особая технология, которую нужно освоить. Выявить ошибки, переформулировать задачу должен ведущий. В этом ему могут помочь список типовых ошибок в постановке задач и приемы их преодоления, приведенные в приложении 15.

Самой простой формулировкой задачи является ее запись в виде **нежелательного эффекта** (НЭ). К нежелательным эффектам относятся недостаточная эффективность полезных функций, наличие вредных или ненужных функций, сложность системы, потребность в дорогих и дефицитных материалах, высокая трудоемкость, большая доля ручного, тяжелого труда, недостаточная надежность продукции и т. д. Для удобства работы целесообразно расписать нежелательные эффекты по узлам, деталям (операциям) на структурной (технологической) схеме.

Для каждого нежелательного эффекта необходимо сформулировать две задачи: как его не допустить и как его исправить, устранить последствия.

Среди задач «на исправление» встречаются как технологические, так и конструкторские. Соответственно «исправительными» могут быть как операции технологического процесса, так и узлы в конструкции. Например, операция снятия

заусенцев вводится из-за того, что на предыдущих операциях эти заусенцы образуются. Аналогично для гашения вредных вибраций установки вводятся виброгасящие элементы.

Обычное инженерное мышление воспринимает необходимость решения исправительных задач как нормальное явление: раз нежелательные эффекты существуют, их нужно исправлять. Но с позиций ТРИЗ решение исправительных задач нежелательно, гораздо идеальнее не допускать появления таких задач.

Из множества сформулированных на информационном и аналитическом этапах задач следует выбрать одну или несколько **ключевых**, то есть таких, решение которых может дать максимальный эффект. Ключевая задача должна удовлетворять следующим требованиям:

- снимать максимальное количество нежелательных эффектов;

- устранять максимальное количество исправительных операций и элементов для их выполнения;

- исключать подготовительные, не работающие напрямую на конечный результат операции (обработка технологических баз, предварительное травление поверхности перед нанесением покрытия и т. п.).

Выявление ключевых задач позволяет сосредоточить усилия в наиболее перспективном направлении, не распылять их. Но самой эффективной процедурой аналитического этапа является **функционально-идеальное моделирование (свертывание)** [15]. Оно направлено на формирование технической системы с минимальным количеством элементов, но выполняющей все основные функции (то есть максимально приближенной к идеальной), и достигается путем ликвидации всех элементов (узлов, деталей, операций) — носителей вспомогательных (подготовительных, исправительных), ненужных, а по возможности и второстепенных функций. Последние передаются элементам, выполняющим основные функции и не подлежащим свертыванию.

нологий — операции, предшествующие свертываемой (вклю-

Свертывание происходит следующим образом. Для каждого элемента записывается «формула свертывания» по схеме: «элемент» (указать наименование) можно исключить, если (указать, при каких условиях это возможно). Обычно условия эти представляют собой требования к ресурсам (внутрисистемным, внешнесистемным и надсистемы) данной технической системы. Для конструкции наиболее предпочтительными в качестве ресурсов оказываются соседние по отношению к свертываемым элементам подсистемы, а для технологий — операции, предшествующие свертываемой (вклю-

чая поставку материалов), либо последующие (включая сборку, упаковку, транспортировку).

В тех случаях, когда условия-требования не могут быть удовлетворены известными средствами, формулы свертывания превращаются в формулировку задач, из которых также можно выбирать ключевые.

Отобранные в результате такого подхода задачи обладают следующими особенностями:

их гораздо меньше, чем исходных нежелательных эффектов;

они, как правило, комплексные, решение их позволяет совершенствовать не отдельные элементы объекта ФСА, а оптимизировать его в целом (большинства этих задач не было в первоначальном списке, они появились в результате преобразования, свертывания объекта);

уровень их обычно выше, чем исходных, для их решения требуется привлекать инструменты ТРИЗ.

Исследование нежелательных эффектов, функционально-идеальное свертывание с успехом применяются при проведении полного ФСА, то есть со всеми этапами, с анализом объекта в полном объеме. Вместе с тем, как уже было сказано, иногда проводится «экспресс-ФСА», задачи которого гораздо уже. В этих случаях для трудоемкой работы функционально-идеального свертывания нет времени, да и цели преследуются более мелкие, например «расшить» узкое место, решить одну или несколько актуальных задач. Тем не менее задачи эти тоже нуждаются в правильной постановке и не свободны от ошибок, о которых уже шла речь. Получив такую задачу, ведущий в первую очередь должен провести **реконструкцию изобретательской ситуации**, то есть помимо изучения системы, в которой возникла задача, рассмотреть и ее надсистему, выявить причины возникновения задачи и возможности ее решения на другом уровне.

Задача 28. *В химическом реакторе две жидкости распыляются навстречу друг другу. Капли этих жидкостей встречаются, реагируют между собой, образуя конечный продукт. Однако в нем остается много примесей исходных продуктов. Для очистки построили специальную установку, но степень очистки оказалась недостаточной. Как ее повысить?*

В принципе возможно решение задачи именно в такой постановке (мини-задачи): построить исходную вепольную модель и решать по стандартам, сформулировать техническое противоречие, решать по АРИЗ. Но на практике всегда необходимо реконструировать изобретательскую ситуацию, выяснить причины, приведшие к необходимости решать задачу

увеличения степени очистки. Задача в приведенной выше постановке — явно исправительная, то есть очистка — исправление нежелательного эффекта, возникающего во время химической реакции, а именно наличия примесей. Как было сказано, не допустить появления нежелательного эффекта, как правило, выгоднее, чем исправлять его последствия (в нашем случае исправление обернулось огромными расходами на создание очистной установки и расходы еще предстоят, если строить дополнительную для повышения степени очистки). Следовательно, возможна другая постановка задачи: как не допустить появления примесей? Примеси — это остатки непрореагировавших исходных жидкостей. Значит, для уменьшения количества примесей необходимо увеличить количество прореагировавшего продукта. Решение этой задачи оказалось очень простым: достаточно зарядить вступающие в реакцию капли разных жидкостей разноименным электричеством. Эта мера позволила увеличить выход нужного продукта, в результате чего дополнительной очистки не потребовалось.

В более сложных случаях исправительная операция бывает не одна, а несколько, идущих последовательно, образуя цепочку. В этих случаях при выборе задачи нужно руководствоваться теми же соображениями, что и при выборе ключевой задачи.

Иногда трудности, возникающие при решении задач на творческом этапе, связаны с тем, что на аналитическом этапе не проведен анализ полученных задач на элементарность, то есть не исключена ситуация, когда под видом одной задачи прячется клубок, путанка из нескольких, тесно взаимосвязанных задач. Такую задачу-путанку необходимо разделить на серию элементарных (подзадач), каждая из которых вносится в список отдельно. Среди них также может оказаться ключевая, решение которой позволяет распутать весь клубок.

Постановка задач — сложная работа, в которой необходимо использовать все приведенные операции многократно и параллельно: реконструкцию изобретательской ситуации, выбор ключевых задач, функционально-идеальное свертывание и т. д. Здесь ведущий может воспользоваться методическими рекомендациями по выявлению и формулированию задач (приложение 12).

Как уже было сказано, трудно отделить процесс формулирования задач от попыток их решения, да и не нужно. Более того, необходимо помнить, что преобразование (переформулирование) часто настолько меняют задачу, что она

на любом шаге может существенно упроститься, так что решение ее окажется очевидным. Такие преждевременные решения нужно фиксировать и продолжать работу по плану.

Постепенно список проблем и задач почти перестает пополняться, зато растет список предложений — аналитический этап переходит в творческий.

Творческий этап включает выработку предложений по совершенствованию объекта и их предварительный отбор для реализации.

Этот этап — ключевой для ФСА. Только его успех обеспечивает успех всей работы. Без новых решений не имеют смысла все другие этапы, не дают эффекта ни самый грамотный экономический анализ, ни действенные меры по внедрению. Именно поэтому невозможно проводить ФСА, рассчитывая только на стихийное вдохновение, на озарение, на удачу при переборе неисчислимого количества различных вариантов. ФСА как плановая работа должен ориентироваться на надежные, дающие гарантированный результат приемы и методы поиска.

Работа начинается с сортировки задач, так как они обычно бывают разного творческого уровня. Можно выделить три группы:

1. Задачи, не содержащие противоречий, то есть решаемые известными методами и средствами без ухудшения характеристик системы. К ним обычно относятся задачи на устранение излишних запасов прочности, неоправданных усложнений, завышенных параметров, нерационального использования материалов. Решить эти задачи можно без труда, для этого достаточно обычных инженерных навыков. Но их выявлению мешает психологическая инерция, которую нужно преодолеть. Выявить и решить задачи помогает список контрольных вопросов функционального анализа (приложение 10). Относиться к этим несложным задачам пренебрежительно не следует — иногда именно они дают большую часть экономического эффекта от проведения ФСА, так как простые решения простых задач, как правило, легче внедряются и быстро начинают давать экономию.

2. Задачи с противоречиями, допускающими компромиссное решение, то есть частично удовлетворяющее противоречивым требованиям. Техническое противоречие при этом не устраняется, но его последствия сглаживаются. К таким задачам относятся проблемы снижения массы конструкции при сохранении прочности и надежности; подбор оптимальных материалов, состава, формы и т. д. Компромиссные решения могут потребовать трудоемких расчетов, применения специальных методов оптимального проектирования, прове-

дения экспериментов по выбору наилучшего варианта.

3. Задачи с противоречиями, не допускающие компромиссных решений, также могут быть разного уровня. При решении задач невысокого уровня можно воспользоваться методами психологической активизации творчества. Помогает также специальный изобретательский опыт ведущего, позволяющий ему переносить решения, известные в других областях, на имеющиеся задачи, разносторонний состав ВРГ, коллективное творчество. Задачи высокого уровня решаются с использованием всего инструментария ТРИЗ. Именно их решение двигает вперед технический прогресс и приносит максимальный эффект с государственных, общечеловеческих позиций.

Поиску решений мешает чрезмерно строгая, официальная обстановка, излишняя серьезность. Поэтому полезно использовать в работе игровые моменты, соревнование между членами группы.

Для уменьшения психологической инерции группы целесообразно использовать мозговую штурм, особенно когда нужно бороться с барьером специализации. Так можно назвать ситуацию, когда один из специалистов непримиримо возражает против какой-то идеи, не давая рассмотреть ее глубже, выявить имеющиеся рациональные стороны и найти на базе этого, возможно, непригодного решения новую полезную идею. В этом случае можно объявить мозговую атаку, исключаящую критику, заставляющую самых ярых противников снять свои возражения и включиться в работу.

Большой эффект дает распределение между членами группы определенных ролевых установок: «критик», «изготовитель», «потребитель», «ремонтник», «продавец», «эколог» и т. д. Нередко возникает типичная ситуация — предложение одного из членов группы другому не нравится, завязывается длительный спор. Когда становится ясно, что обе стороны привели все возможные доказательства, но к соглашению не пришли, ведущий может предложить спорщикам поменяться ролями: автор идеи должен ее критиковать, а оппонент — отстаивать. Такая перемена ролей, помогающая увидеть предмет спора с разных сторон, позволяет найти рациональное зерно в предложении и конструктивно разрешить спор.

Роль ведущего ВРГ сродни роли дирижера в оркестре. Он не столько ищет решения сам, сколько направляет поиск в соответствии с методологией ТРИЗ и ФСА, помогает преодолевать психологические барьеры и реализовать преимущества коллективной работы. В этом плане очень важно для ведущего владение основами психологии и техникой общения. По этим вопросам имеется немало публикаций, но наиболее удобны для практического применения приемы и реко-

мендации, разработанные еще в 30-е годы Дейлом Карнеги (США) на основе серьезных исследований, включавших анализ огромного количества биографий людей, известных своей общительностью и умением добиваться поставленных целей. В результате этой работы были выявлены наиболее эффективные приемы, впоследствии многократно проверенные в процессе обучения, которое Карнеги вел в течение многих лет в созданном им Институте ораторского искусства и человеческих отношений. Приведем рекомендации, основанные на работах Карнеги (Как приобретать друзей и оказывать влияние на людей. Пер. с англ.— М.: Прогресс, 1989) и адаптированные с учетом опыта руководства ВРГ при проведении ФСА:

1. Проявляйте искренний интерес к людям, расширяйте круг своего общения (служебный и неслужебный), старайтесь налаживать с людьми сердечные отношения, не сводящиеся к чисто служебным. Чрезвычайно важно с самого начала работы ВРГ запомнить фамилии и имена участников работы, наладить свободную и дружескую атмосферу, стимулирующую высказывание любых мыслей и исключаящую опасения быть высмеянными, подвергнутыми осуждению.

2. Заводите разговор на тему, интересующую членов группы, меньше говорите сами, старайтесь внимательно слушать, приобщайте других к разговору заинтересованными вопросами. Дайте им почувствовать превосходство в данном вопросе, ваш интерес и благодарность за полученную информацию.

3. Избегайте споров, особенно на темы несущественные, не допускайте эскалации спора, перехода на личности. Не говорите человеку прямо, что он не прав: если неправы сами — признавайте это быстро и категорично, не пытайтесь увернуться. Если идея хороша — хвалите выдвинувшего ее человека, называя его. Если плоха — критикуйте идею, не называя ее автора. Дайте возможность человеку «сохранить лицо», покажите, что ошибку легко исправить. Начиная с критики собственных ошибок, недостатков. Для доказательства своих мыслей используйте простые и понятные, наглядные доводы, аналогии.

4. Вовлекайте людей в творческую работу, помогайте человеку почувствовать себя соавтором идеи, ощутить счастье творчества.

5. Относитесь с сочувствием к побуждениям и желаниям других, старайтесь использовать эмпатию. Добиваясь от человека тех или иных действий, прибегайте к благородным мотивам, бросьте человеку вызов, заставьте соревноваться. Создайте человеку хорошую репутацию, чтобы он стремился ее оправдать.

6. Старайтесь вызывать у членов группы взаимные симпатии. Чаще улыбайтесь, начинайте всегда с дружеского тона, вместо приказов задавайте вопросы, поступайте так, чтобы человек был счастлив выполнить вашу просьбу, пожелание.

7. Стараясь наладить отношения с людьми, не перегибайте палку — не допускайте фамильярности и панибратства, оставайтесь для людей руководителем, который может при необходимости и потребовать и наказать.

В принципе приведенные выше приемы фактически описывают поведение просто хорошего, от природы коммуникбельного человека. Формальное их использование есть лицемерие и, как правило, производит действие, прямо противоположное ожидаемому: отталкивает людей. Правильнее всего воспринимать эти рекомендации как программу перестройки собственной личности в «хорошего человека». Для этого можно использовать систему Станиславского (вживание в роль), методы самовнушения. Задача не простая, но вполне решаемая. Необходимо также понимание, что приведенные приемы действенны в относительно нейтральных обстоятельствах, когда в принципе возможно принятие альтернативных решений. Они не могут заставить человека действовать против собственных интересов, нарушить долг и т. д. Но подавляющее большинство ситуаций, возникающих в работе ВРГ (да и в других случаях), относятся к нейтральным.

Еще несколько правил, полезных для ведущего ВРГ:

1. Верьте специалисту, когда тот утверждает, что предложенная идея хороша, что она может быть реализована.

2. Сомневайтесь, если специалист утверждает обратное, но не выражайте своих сомнений явно; найдите обходной путь, возможность задать тот же вопрос позже, в иных обстоятельствах, с другим обоснованием. Помните, что любое, самое категоричное «этого нельзя сделать, потому что...» означает лишь то, что перед вами новая задача, которую можно и нужно попробовать решить.

3. Не спорьте со специалистом в области, где он компетентнее вас, не пытайтесь аргументировать свои идеи с «его позиции». Обосновывайте ваши предложения с позиций ТРИЗ и ФСА.

4. Не преуменьшайте и не преувеличивайте своих знаний в чужих областях. Не подчеркивайте свою правоту, если оказались правы.

5. Специалист прав, пока не доказано обратное. Бремя доказательства лежит не на нем, а на ведущем (своего рода «презумпция невиновности» специалиста).

6. Подвергайте сомнениям общепринятые объяснения, правила, чертежи, расчеты, инструкции и т. п. Ни один аргумент не должен приниматься на веру, без проверки с позиций здравого смысла, физики, ТРИЗ.

7. Работая по тем или иным методикам ТРИЗ и ФСА, не опускайте произвольно те или иные шаги, не допускайте формализма в формулировках.

8. Не забирайтесь преждевременно в детали (в «винтики»), не теряйте из виду общих позиций.

9. Не вмешивайтесь в работу группы чересчур часто, но и не упускайте управления ее работой.

10. Не пытайтесь создавать свой авторитет с административных позиций. Ваш авторитет — в результатах работы ВРГ.

11. Ни в коем случае не приписывайте себе результатов работы ВРГ.

12. Помните: нет плохих объектов, нет плохих ВРГ, есть плохие ведущие!

Ведущий должен внимательно следить за работой специалистов, за разногласиями между ними, не позволяя отклоняться от предмета обсуждения. В ситуации, когда поиск идет активно, специалисты увлечены, роль ведущего сводится к тому, чтобы незаметно направлять поиск редкими, точно поставленными вопросами. Но если ведущий недостаточно вмешивается в работу, появляется опасность потери управления работой ВРГ.

Работая с группой, ведущий не должен забывать, что помимо цели — решение задач, у него должна быть еще одна не менее важная цель — подготовка людей, которые впоследствии смогут сами использовать методологию ТРИЗ и ФСА в своей работе, составят своеобразный золотой фонд предприятия. Поэтому работа должна совмещаться с ненавязчивым обучением, демонстрацией возможностей тех или иных методов.

Не следует думать, что на творческом этапе мы имеем дело с уже готовыми задачами, сформулированными окончательно на аналитическом этапе. И здесь продолжается уточнение условий задач, появляются новые формулировки. Уточнение условий обычно происходит в виде диалога ведущего с членом ВРГ, наиболее компетентным в данной области. При этом другие члены ВРГ задают вопросы, дополняют. Наилучшую позицию ведущего можно выразить так: «Я, конечно, не специалист по Вашим... Вам виднее, но с позиций ТРИЗ здесь нужно... лучше...» Или: «Позвольте задать наивный вопрос... А почему нельзя сделать...?» В вопросах и репликах ведущего не должно быть категоричности, без-

апелляционности, намеков на примитивность предлагаемых решений. Таких же правил должны придерживаться и остальные члены ВРГ.

Во время уточнения условий группа задает массу вопросов, часто ненужных, предлагает свои решения. Такой слепой перебор вариантов нужно пресекать, но не сразу, иногда полезно дать людям возможность «поштурмовать» сложную задачу, чтобы они, во-первых, лучше ее поняли, во-вторых, ощутили бесперспективность такой работы, контраст между неорганизованным штурмом и последующей работой по ТРИЗ.

При использовании инструментов ТРИЗ, в особенности АРИЗ, приема «обращения исследовательской задачи», по мере углубления в анализ формулировки становятся все более необычными, даже «дикими», что трудно воспринимается необученными членами ВРГ. У них возникает желание уйти от непривычного назад, к более понятному. Ведущий должен стараться не допускать отступления, вести группу вперед.

На первых заседаниях неопытные в поиске члены ВРГ не верят, что им удастся найти много разных и хороших идей. Поэтому склонны останавливаться на первом сколько-нибудь подходящем решении, не хотят идти дальше, развивать идею, искать другие, более идеальные варианты. Особенно это проявляется в нежелании продолжать анализ по АРИЗ, если какие-то идеи подсказаны уже его первыми шагами. Причина этого — главным образом неверие в возможности свои и группы, опасение, что ничего другого найти не удастся — типичные проявления психологии изобретателей, работающих методом проб и ошибок. И здесь ведущий должен, преодолевая сопротивление, вести группу дальше. В таких случаях можно сказать: «Хорошо, решение есть, но допустим, что оно непригодно. Поищем другое...»

Как правило, на каждом заседании подвергаются анализу два узла: заканчивается анализ одного из них, начатый на предыдущем заседании, и начинается анализ другого. Это не только разнообразит поиск, но и позволяет проводить необходимую дополнительную работу по узлу между заседаниями: систематизировать предложения, оценивать их, собирать недостающую информацию. Причем полезно суммировать все предложения по данному узлу и его деталям, в том числе и те, которые возникли попутно, при анализе других частей системы, так как от 10 до 25% предложений, полученных при анализе данного узла, относятся к другим частям объекта. Это результат отвлечений, случайной ассоциации или просто того, что анализ нового узла помог лучше разобраться в других. Между заседаниями проводятся также ин-

дивидуальные консультации с членами ВРГ или с другими, не входящими в нее специалистами, технологические эксперименты, расчеты и т. д.

Так как во время работы ВРГ ведущему не всегда удается фиксировать предложения, необходимо выделить одного человека для ведения подробной записи хода анализа. Возможна и запись на магнитофон с последующей расшифровкой. Кроме того, все участники группы ведут свои записи, делают эскизы и т. д. После окончания работы на базе этих записей готовятся предложения ФСА, оформляются заявки на изобретения, рационализаторские предложения.

Серьезную трудность иногда вызывает определение авторства отдельных предложений. Хотя каждая идея всегда имеет своего конкретного автора, выявить его обычно очень сложно. При коллективном творчестве вряд ли справедливо считать автором человека, высказавшего окончательную идею — чаще всего его навел на мысль кто-то другой, который, в свою очередь, обязан третьему... Очень важно с самого начала работы ВРГ четко оговорить вопросы авторства, чтобы не возникало искушение скрыть какие-то идеи для последующей подачи самостоятельных рационализаторских предложений и заявок на изобретение. В практике ФСА используют разные подходы: можно, например, договориться заранее, что авторами предложений, найденных во время заседания, являются все члены ВРГ, присутствующие на заседании (кстати, чаще всего это действительно так и бывает). Иногда сразу после заседания при просмотре записей можно коллективно определить состав авторов по каждому предложению. Если предложения выработаны членами ВРГ самостоятельно, не во время заседаний, то авторами должны считаться те, кто их нашел, хотя сами предложения входят в число найденных при ФТА. То же относится и к рационализаторским предложениям, ранее отклоненным, но «реанимированным» при ФСА.

Владея методами поиска и занимаясь, в отличие от других членов группы, только данным объектом, ведущий может найти многие решения самостоятельно. Запас заранее заготовленных решений очень помогает вести работу, ликвидировать угрозу срыва, когда ни у кого нет идей и группа молчит. Чтобы не снизить эффективность поиска, ведущий должен вывести на эти решения группу с помощью наводящих вопросов. Решение, найденное во время заседаний, всегда предпочтительнее для группы, так как у ее членов возникают к нему «родительские чувства», желание дальше его разрабатывать, улучшать, внедрять.

Творческий этап — самый интересный и может длиться

долго. Постоянно появляются новые решения, кажется, что улучшать можно до бесконечности, однако поджимают установленные сроки. По мере приближения к окончанию работы все большее внимание уделяется обсуждению, оценке, проверке и оформлению полученных предложений. Постепенно это становится основной работой.

Исследовательский этап включает предварительную оценку выдвинутых предложений, разработку эскизов и выполнение необходимых расчетов, опытную проверку и анализ вариантов совместно со специалистами, не входящими в ВРГ, комплексную технико-экономическую оценку и отбор наиболее ценных предложений для представления экспертной комиссии, оформление предложений ФСА.

На этом этапе ВРГ рассматривает все предложения с самого начала, отбирает то, что может быть использовано, дать экономический или какой-то другой полезный эффект. По ходу дела проводится поиск для решения дополнительных проблем, связанных с тем или иным предложением.

На этом этапе работы очень часто появляются новые идеи, более эффективные, чем найденные прежде, или их дополняющие. Во время последних заседаний вся проделанная работа как бы повторяется в убыстренном темпе и часто с более высокими результатами. Характерно, что в этот период возрастает роль экономиста группы. Он должен обладать большим опытом и соответствующей подготовкой, чтобы суметь быстро сравнить и оценить разные варианты решения и в каждом конкретном случае дать ответ. Например, что выгоднее: получить деталь литьем «в землю» с последующей механической обработкой или изготовить дорогостоящий кокиль? Что лучше: использовать дорогие подшипники с большим ресурсом работы или предусмотреть легкую их замену запасными?

И на этом этапе в качестве инструмента полезно использовать ТРИЗ, в частности, рассмотреть степень достижения идеального конечного результата, разрешения физического противоречия, соответствия решения законам техники и т. д., позволяющие оценить достоинства найденного решения и, при необходимости, развить его, отыскать новые области применения полученных идей.

При этом особенно важно выявить сверхэффекты и вредные системные свойства, проследить возможные изменения во всей технологической цепочке, конструкции, которые произойдут при внедрении новых решений. Всем сверхэффектам нужно найти применение, по возможности их развить с целью получения максимальной пользы. Для этого может потребоваться ввести какие-то дополнительные усовершенствования.

В отношении вредных системных свойств необходимо сформулировать задачи по их недопущению либо устранению последствий. Для выявления вредных системных свойств целесообразно использовать «диверсионный» подход.

Помимо оформления заявок на изобретения и заявлений на рационализаторские предложения, на этом этапе каждое предложение оформляется по принятой на предприятии форме, включающей следующие моменты: порядковый номер предложения, наименование объекта (детали, узла), к которому предложение относится, перечень документов, затрагиваемых предложением, описание существующего положения, суть предложения. Кроме того, должны быть указаны преимущества и возможные недостатки предлагаемого решения, необходимые для его внедрения мероприятия, ожидаемый экономический и другие эффекты. Каждое предложение подписывается всеми членами ВРГ (при необходимости — с замечаниями). Также должно быть предусмотрено место для окончательного заключения экспертной комиссии.

Помимо предложений, оформленных в описанном выше порядке, ВРГ готовит краткую пояснительную записку, а также наглядные материалы: плакаты, макеты, модели.

Рекомендательный этап включает проведение экспертизы предложений ВРГ, анализ заключения экспертизы, принятие окончательного решения руководством организации, разработку планов по доработке предложений и их внедрению.

Экспертиза проводится экспертной комиссией на совместном заседании с ВРГ. Члены ВРГ защищают и разъясняют свои предложения.

Все предложения подразделяются на 3 группы:

1) не требующие при внедрении серьезных изменений конструкции и технологии, в частности, перепланировок рабочих площадей, замены дорогостоящего оборудования, изготовления сложной оснастки, новых штампов, пресс-форм и т. д.; как правило, они быстро внедряются, особенно те, которые направлены на отмену тех или иных операций, деталей. Почти при каждом ФСА удается найти несколько таких предложений;

2) предусматривающие значительные изменения технологии, но не требующие переутверждения технических условий, изменения действующих государственных и других стандартов;

3) серьезно изменяющие конструкцию, внедрение которых возможно только при модернизации или замене выпускаемого объекта.

По каждой группе экспертная комиссия назначает различные сроки (очередность) внедрения. Отдельно указывают-

ся предложения, которые нуждаются в экспериментальной или какой-либо иной проверке для принятия решения о внедрении. Протокол экспертизы подписывается всеми членами экспертной комиссии и ВРГ.

После экспертизы проводится доработка предложений с учетом замечаний экспертной комиссии службами главного конструктора, главного технолога и ФСА, совместно согласовываются и разрабатываются планы-графики внедрения предложений. Протокол заседания экспертной комиссии, тексты предложений ВРГ с эскизами и расчетами и подготовленные планы-графики представляются совету ФСА предприятия или объединения. Председателем совета ФСА является, как правило, директор предприятия или главный инженер. В совет ФСА входят представители администрации — заместитель директора по производству, по экономическим вопросам, главный бухгалтер, главный инженер, главный технолог, главный конструктор (если на предприятии представлены различные направления производства, то главные конструкторы по основным видам продукции), представители общественных организаций. В некоторых случаях роль совета ФСА может выполнять научно-технический совет предприятия.

Результаты работы докладываются на совете ФСА, который принимает решение о включении рекомендаций ФСА в планы различных подразделений. Предложения ФСА включаются в планы организационно-технических мероприятий по повышению эффективности производства, планы по новой технике, планы по экономии материалов, экономии трудоемкости и т. д.

Этап внедрения. Подразделения и службы предприятия, получившие плановые задания по разработке и внедрению предложений ФСА, проводят эту работу в процессе своей производственной деятельности. При этом служба ФСА периодически контролирует состояние работ по внедрению и при необходимости оказывает техническую помощь.

После того как предложения внедрены в производство, получены акты о внедрении, служба ФСА участвует в определении фактической экономической эффективности и готовит окончательный отчет перед вышестоящими организациями о результатах проведения функционально-стоимостного анализа по единому объекту.

Таким образом, правильная организация ФСА позволяет реализовать на практике системный подход к совершенствованию объекта, в комплексе рассмотреть его с различных позиций: технической, экономической, может быть, и эстетической, с точки зрения производителя и потребителя. В ра-

бочем порядке выявляются и разрешаются противоречия между различными службами, прослеживаются все последствия, в том числе и нежелательные, вносимых в объект и в производство изменений.

У большинства специалистов, прошедших через обучение ФСА, через работу в группах ФСА, меняется отношение к работе, усиливается творческая направленность. Это — дополнительный эффект ФСА, который невозможно оценить в рублях. Даже после официального прекращения работы ВРГ ее бывшие члены продолжают следить за судьбой своих предложений, при необходимости помогают внедрению. Многие из них стараются пройти обучение по ТРИЗ, стихийно собираются в инициативные группы для решения производственных проблем и за рамками ФСА, активно участвуют в работе групп и кружков качества.

Практика проведения ФСА

Несколько лет назад работа по внедрению ФСА на крупном предприятии, выпускающем разнообразную продукцию, в основном электротехнические изделия, начиналась с эксперимента — нужно было проверить, действенен ли этот, пока малоизвестный метод, способен ли он дать серьезные результаты? Скептиков разных мастей хватало. Высказывались различные мнения: улучшать ничего не надо, все и так отлично; улучшать нужно, но все равно не удастся; возможно, найти какие-то идеи и удастся, но кто захочет их внедрять; захотеть, может, и захотят, но все равно не внедрят, а если внедрят, то экономического эффекта не получат и т. д.

Немало было и прямых противников — тех, кто возражал против нового метода просто на всякий случай, и тех, кто, немного зная о возможностях ФСА, опасался, что анализ вскрыет их ошибки, недоработки. Например, одним из противников проведения ФСА был начальник цеха, выпускающего предполагаемый объект анализа. Его опасения были вполне понятны: он не хотел, чтобы ФСА вскрыл, вытащил на всеобщее обозрение тщательно скрываемые им (как и любым другим начальником того периода) резервы, потому что при планировании «от достигнутого» у цеха не останется возможности выполнить необоснованно увеличенный план. После первого анализа, убедившись, что ФСА не только не «вычерпывает» его резервов, но и указывает на множество новых, ранее неизвестных, начальник цеха полностью изменил свое отношение. Но вначале сопротивление было очень сильным, и только внимание и поддержка руководства объединения обеспечила проведение ФСА.

При выборе объекта для первого анализа не ставилась цель получения значительного эффекта — гораздо важнее было доказать действенность метода. Именно поэтому был выбран контактор — электрический аппарат, предназначенный для выполнения переключений в цепях постоянного и переменного тока. Он выпускался уже более 25 лет и считался полностью «дожатым» изделием с отлично отработанной технологией, которую, казалось, невозможно существенно улучшить. Тем более заманчиво было провести его анализ — удача убедительнее любой агитации.

Руководителем работы был назначен один из авторов этой книги, имевший к тому времени небольшой опыт преподавания и практического применения ТРИЗ для индивидуального и коллективного решения изобретательских задач. К сожалению, этого опыта оказалось недостаточно, было совершено немало ошибок, очень многому пришлось учиться на ходу.

Нелегко оказалось подобрать людей во временную рабочую группу, на всем предприятии не было ни одного работника, знакомого хоть немного с методологией ФСА. Поэтому решили на первых порах совмещать проведение анализа с обучением. Кого же включать в группу? Кто из специалистов, занимающихся контакторами, обладает необходимыми знаниями и личными качествами? Беседы с руководителями подразделений, изучение материалов в БРИЗ и патентном отделе, личные беседы со многими кандидатами в ВРГ позволили отобрать нужных людей.

В ВРГ вошли опытные и творческие специалисты: конструктор, ведущий текущую работу по контакторам, ответственный за их производство; технолог из отдела главного технолога; заведующий лабораторией испытания электрических аппаратов, отлично знающий физику работы и особенности эксплуатации контакторов; технологи механического и сборочного цехов, досконально изучившие производственные проблемы. Кроме того, в группу вошли два инженера, чьи специальности не связаны с контактором. Именно они, не скованные психологической инерцией, имеющие большой «неконтакторный» опыт, выдвигали, как правило, самые «дикие», неожиданные, но перспективные и полезные идеи.

Приказом, подписанным директором предприятия (являющимся председателем совета ФСА), были утверждены план работы, список членов ВРГ и экспертной комиссии, состав информации, которую должны представлять для проведения анализа различные службы предприятия. Было дано право привлекать к работе всех, кто понадобится для ФСА, получать любые консультации.

На информационный этап по плану-графику было отведено две недели. Мы были уверены, что, по крайней мере, этот этап не потребует большой работы: все службы дадут нужную информацию, останется только систематизировать ее. Теперь это вспоминается как проявление крайней наивности. Пришлось немало потрудиться, чтобы получить хотя бы часть нужной информации. Ведущий неделю провел в цеху, наблюдая за изготовлением объекта ФСА, по возможности участвуя в этом процессе (пригодились полученные еще в юности навыки слесаря-инструментальщика).

Местом проведения анализа по контактору был выбран «красный уголок» сборочного цеха. На стенах развесили экономические таблицы, чертежи, на широкой классной доске закрепили листы белой бумаги, приготовили цветные карандаши, фломастеры, чтобы, обсуждая идеи, рисовать все что нужно и не бояться, что рисунки сотрутся или потеряются. На длинный стол водрузили выделенный руководством цеха новенький контактор. К концу нашей работы он стал неузнаваемым: исцарапанный от бесчисленных сборок и разборок, с переделанными частями, долепленными пластилином, был голен разве что в металлолом. Но цена его гибели — десятки предложений по экономии металла, снижению трудоемкости и брака, улучшению условий труда и техники безопасности, повышению качества и долговечности.

На первых заседаниях члены ВРГ хорошо познакомились с контактором (одно заседание провели целиком на ногах — прошли по всей технологической цепочке производства, посмотрели на испытания, на упаковку...). Но главное — люди познакомились друг с другом, «притерлись» — поначалу нередко были типичные столкновения. Вот идет спокойное, неторопливое деловое обсуждение, и вдруг:

Технолог: «Еще проблема! Изготовление магнитных сердечников. Раньше брали прутки с квадратным сечением 10×10 мм, фрезеровали его до размера $10 \times 9,6$, потом нарезали кусочками через 8 мм. Теперь вместо фрезерования используем протяжку, это гораздо производительнее, но трудно выдержать точный размер, идет большой брак. Хорошо бы увеличить допуск».

Конструктор: «Нельзя! Это расчетный размер, от него зависит эффективность гашения дуги при размыкании контакта».

Исследователь: «А зачем вообще нужна обработка? Пусть бы было 10 мм, чем больше сечение, тем лучше гашение дуги, а места здесь хватает...»

Технолог: «Это же ваши расчеты!»

Через минуту уже спорят, перебивая друг друга. Вопрос

волнует всех. В итоге выясняется, что 9,6 мм — минимально допустимый расчетный размер! Меньше быть не должно, а больше — сколько угодно. Так из-за старой ошибки более 25 лет делается ненужная работа и фактически ухудшается качество изделия. Простейшее решение — исключить обработку сердечника — попадает в список исключений.

ФСА контактора длился полгода. Была проделана большая работа. Получены очень объемистые функциональные и диагностические таблицы (по этой причине они здесь не приводятся). Коснемся лишь отдельных моментов ФСА контактора.

Поэлементному анализу подвергались все детали контактора, для которых диагностическая таблица показала несоответствие между стоимостью и функциональной значимос-

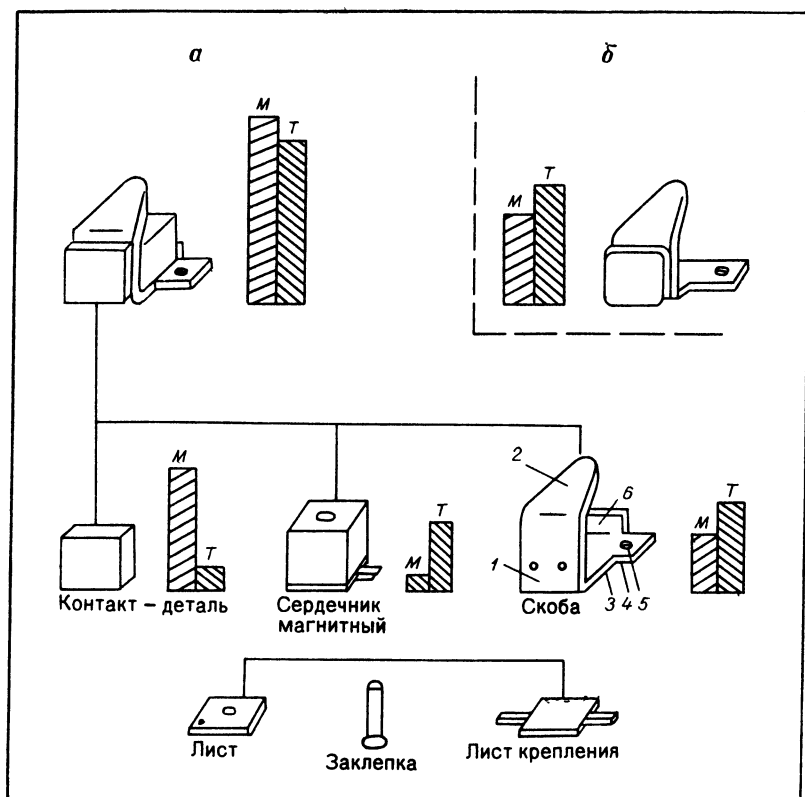


Рис. 13. Контакт неподвижный:

а — до проведения ФСА; б — после ФСА. М — материалоемкость; Т — трудоемкость; детали скобы: 1 — торец; 2 — «рог»; 3 — основание; 4 — лепесток; 5 — отверстие; 6 — отгиб

тью, а также те, которые вызывали по разным причинам повышенную озабоченность специалистов. И первой из таких деталей с непропорционально высокой трудоемкостью и материалоемкостью, вызывающей максимальные затруднения в производстве и эксплуатации, оказался контакт неподвижный (рис. 13).

Основные функции контакта — осуществлять замыкание электрической цепи и способствовать гашению электрической дуги при размыкании контактов. Непосредственно замыкает ток контакт-деталь, изготавливаемая из серебряно-кадмиевого сплава. Это самая дорогостоящая часть узла и, естественно, внимание в первую очередь было уделено ей. Временная рабочая группа исследовала несколько сотен контактов, побывавших в работе, и обнаружила, что замыкание происходит в основном по центру пластинки, а ее углы практически в работе не участвуют.

Простейшее предложение — выполнять пластинки со скругленными углами — позволило снизить расход дефицитного серебра на 10%, что дает экономию только на одном типоразмере контактора до 20 кг в год.

Магнитный сердечник выполняет вспомогательную функцию при выключении тока. Возникающее в нем поле способствует выталкиванию электрической дуги из зоны контакта на отогнутые «рога» и тем самым растягиванию, охлаждению и быстрому разрыву дуги. Чтобы при работе контактора на переменном токе в сердечнике не возникали потери от вихревых токов, он выполняется наборным из отдельных пластин стали (шихтованным). Трудоемкость изготовления и сборки сердечника явно не соответствует его сравнительно скромной роли в выполнении изделием своих функций. Поиск альтернативных вариантов показал, что сердечник лучше всего выполнить из магнитной металлокерамики, обладающей высоким электрическим сопротивлением и хорошими магнитными свойствами.

Идея оказалась не новой — еще лет пять назад это предлагал сделать один из технологов, но тогда предложение не могло быть реализовано, и о нем забыли. ФСА «реанимировал» полезную идею. Безусловно, ее автором считается технолог, когда-то подавший рационализаторское предложение (он получит вознаграждение), но без группы ФСА об этом и не вспомнили бы, поэтому предложение с полным правом заняло место среди других предложений группы.

При рассмотрении функций сердечника было выявлено, что его ввели в конструкцию для повышения долговечности, когда контакт-деталь изготавливали из медного сплава, а мощность механизма, обеспечивающего размыкание кон-

тактов, была меньше и поэтому разрыв дуги происходил медленнее. После внесения в систему коренных изменений никто не проверял, нужен ли теперь сердечник. Проведенные по предложению группы ФСА испытания показали, что более половины типоразмеров выпускаемых контакторов могут вообще обойтись без него, а в остальных прекрасный эффект дает металлокерамика.

Особое внимание при проведении анализа привлекло несоответствие «времени жизни» всего контактора и неподвижного контакта. Согласно техническим условиям, контактор должен выдерживать до миллиона циклов включение—отключение, в то время как контакт — только около 200 тыс. циклов. Поэтому при необходимости контакторы комплектуются запасными контактами. Вызвало удивление то, что вместе с негодным контактом всегда выбрасывается и магнитный сердечник, который не изнашивается в процессе работы. Связано это с тем, что сердечник крепится к контакту неразъемным соединением — отгибом лепестков. При проведении ФСА был предложен ряд вариантов крепления сердечника (для тех модификаций контактора, где он нужен) к самому контакту или к стенкам дугогасительной камеры.

Самой сложной в изготовлении деталью контакта является скоба, с помощью которой контакт крепится к дугогасительной камере. На скобе закреплены все остальные детали контакта (см. рис. 13). Из матрицы поэлементного анализа скобы (табл. 1) видно, что один из элементов — отгиб в задней части контакта — не выполняет ни одной основной функции и связан с вредной функцией (мешает контакт-детали), то есть является чисто вспомогательным элементом. Тем не менее на его долю приходится до 10% стоимости материалов, из-за него усложняется технология штамповки и пайки. Так, контакты других типов, не имеющие отгиба, паяют на полуавтоматической машине, в которой контакт-деталь и место, к которому она припаявается, сжимаются с двух сторон и разогреваются коротким импульсом тока. Отгиб в скобе не позволяет использовать эту машину. Приходится пользоваться ручным приспособлением, в котором нагрев производится током, протекающим вдоль скобы. Пайка с помощью этого приспособления, как показал хронометраж, проведенный членами ВРГ, занимает в 2—3 раза больше времени, чем на машине, при этом довольно велик процент брака. Последовало предложение убрать отгиб (сердечник там, где он нужен, может упираться в стенку дугогасительной камеры).

ФСА позволяет находить не только чисто технические решения. Анализ технологии пайки контакта выявил органи-

Матрица функций элементов скобы

| Функция | Элементы | | | | | | Серебряное покрытие |
|---|----------|-----|-----------|----------|-----------|-------|---------------------|
| | Торец | Рог | Основание | Лепесток | Отверстие | Отгиб | |
| 1. Крепление к дугогасительной камере | — | — | — | О | О | — | — |
| 2. Соединение с токоподводящей шиной | — | — | — | О | — | — | — |
| 3. Крепление контакт-детали | О | — | — | — | — | — | — |
| 4. Крепление магнитного сердечника | — | — | В | — | — | — | — |
| 5. Упор магнитного сердечника | — | — | — | — | — | В | — |
| 6. Подвод тока к контакт-детали | О | — | О | О | — | — | — |
| 7. Растягивание электрической дуги | — | О | — | — | — | — | — |
| 8. Предохранение от окисления лепестка | — | — | — | — | — | — | О |
| 9. Предохранение от окисления других частей скобы | — | — | — | — | — | — | Вр |
| 10. Затруднение пайки контакт-детали | — | — | — | — | — | Вр | — |

Примечание Здесь и далее в таблицах: О — основная функция, В — вспомогательная, Вр — вредная или ненужная.

зационно-экономический недочет: неожиданно обнаружилось, что, вопреки здравому смыслу, нормы трудоемкости таковы, что пайка на полуавтомате вдвое дороже, чем на ручном приспособлении. Среди прочих предложений ФСА появилось и чисто организационное — изменить нормы на участке пайки контактов.

Передний отгиб («рог») неподвижного контакта выполняет одну, но чрезвычайно важную функцию: при размыкании контактов электрическая дуга переходит на рог, благодаря его изгибу постепенно растягивается и дойдя до самого конца рога, разрывается и гаснет. Внимательное исследование бывших в работе контактов показало, что больше всего изнашивается место начала отгиба по простой причине — дуга задерживается перед местом перегиба, как бы набирая силы. Этого можно избежать, если сделать перегиб плавным, как это делается во многих конструкциях. Сделать и в нашем контакторе отгиб плавным оказалось само собой разумеющимся предложением. Только было непонятно, почему этого не сделали давным-давно?

Поэлементный анализ контакта показал, что имеется еще одно несоответствие: предохранять от коррозии серебряным покрытием необходимо только нижнюю часть лепестка, контактирующую с токоподводящей шиной, тем не менее серебром покрывается весь контакт (большую часть загружают в сетку и опускают в серебросодержащий раствор), что приводит к неоправданному перерасходу дорогого и дефицитного материала.

Технолог объяснил, что это несоответствие уже пытались ликвидировать — было придумано приспособление, в которое укладывались контакты так, что лепесток торчал вниз. Приспособление устанавливалось на края ванны, и лепестки погружались в раствор. Однако при этом пришлось придумывать сложные системы регулировки уровня раствора и часть контактов шла в брак. При проведении ФСА была сформулирована функция искомого приспособления: сохранять постоянное расстояние от приспособления до уровня жидкости в ванне. После этого почти очевидным стало решение, обеспечивающее идеальное выполнение этой функции, — установить приспособление на поплавки.

Только по контакту благодаря использованию простейших средств из арсенала специалиста по ФСА (функционального и поэлементного анализов) было найдено девять решений, дающих в сумме около 60 тыс. рублей годовой экономии.

Еще одним «неблагополучным» элементом оказался блок-контакт (рис. 14, а), обеспечивающий управление работой контактора, выдачу сигналов типа «контактор открыт» или «контактор замкнут». У сравнительно простой по конструкции детали — пластмассовой колодки с закрепленными на

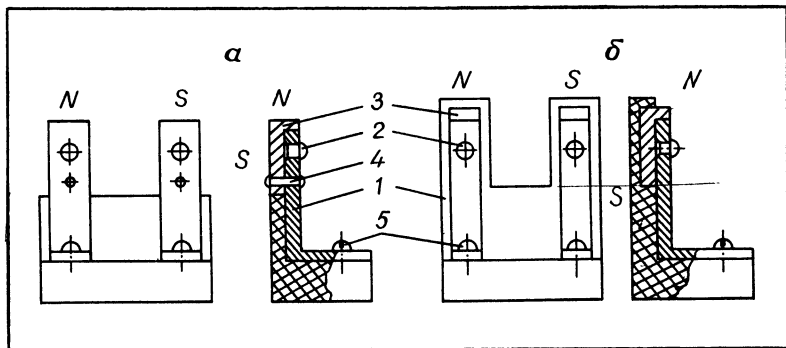


Рис. 14. Блок-контакт:

а — до проведения ФСА; б — после проведения ФСА; 1 — уголок; 2 — серебряный контакт, 3 — магнит; 4 — заклепка; 5 — винт крепежный

ней медными уголками неподвижных контактов — оказалась довольно сложная технология, на упрощение которой было затрачено немало времени. Сегодня такую работу можно сделать гораздо быстрее, логичнее благодаря использованию методологии функционально-идеального свертывания, о которой уже было рассказано. Поэтому приведем описание анализа этой детали в современной форме.

Нежелательные эффекты. (НЭ) возникают практически на любой операции, но чаще всего с ними мирятся по разным причинам. Например, при прессовке пластмассовых колодок возникает облой, который потом приходится снимать вручную. Причинами НЭ являются необоснованно сложная форма колодки и изношенность пресс-форм (многие из них работают по 10 лет). Но изготовить новые пресс-формы нет возможности — перегружен инструментальный цех. Немало подобных НЭ выявлено было и при изготовлении уголка. Но максимальные затраты и другие трудности были связаны с изготовлением магнитов и приклепкой их к уголкам.

НЭ 1: магниты изготавливают литьем по выплавляемым моделям из твердого магнитного сплава. В них предусмотрено отверстие под заклепку диаметром 0,5 мм. Так как сплав твердый, отверстие изготавливают литьем, что усложняет операцию и повышает ее трудоемкость.

НЭ 2: после литья в отверстие остается формовочная масса, спекшаяся в твердую керамику. Ее приходится удалять (операция прочистки отверстия).

НЭ 3: операция прочистки трудоемка. Попытки высверливать массу оказались неудачными из-за ее высокой твердости; вытравливание щелочью потребовало специального оборудования, и процедура эта из-за малого диаметра отверстия длительна. Решили удалять массу выбиванием.

НЭ 4: при выбивании часть магнитов раскалывалась.

НЭ 5: магниты необходимо маркировать. Их намагничивают так, чтобы одна половина была намагничена в одном направлении, другая — в противоположном. На одной из них ставят красной краской точку. Операция маркировки из-за малости размеров магнита — кропотливая и трудоемкая.

НЭ 6: высокая трудоемкость операции намагничивания. Магниты берут пинцетом по одному и укладывают на специальное приспособление для намагничивания.

НЭ 7: не все магниты намагничиваются одинаково. Приходится вводить операцию контроля намагниченности.

НЭ 8: операция контроля — дополнительная трудоемкость (магниты укладывают в контрольные приспособления и проверяют намагниченность).

НЭ 9: часть магнитов на этой операции отбраковывается.

Готовые магниты приклепывают к уголкам с помощью пневматического пистолета. При этом возникают:

НЭ 10: магниты приклепывают парами. Необходимо следить за правильным их расположением по намагниченности.

НЭ 11: высокая трудоемкость приклепки.

НЭ 12: при клепке иногда ломаются магниты. В этом случае идет на переплавку весь уголок с закрепленным на ней серебряным контактом. Брак не регистрируется, но в некоторых партиях магнитов достигает 10—20%!

НЭ 13. (выявился только при анализе): из-за ударов при клепке снижается намагниченность магнитов. Проверка показала, что после закрепления ни один из магнитов не имеет намагниченности, требуемой согласно технической документации.

Из приведенного выше списка видно, что многие НЭ представляют собой звенья одной цепочки, тянущиеся друг за другом, являются причиной новых исправительных операций. Следовательно, необходимо приступить к свертыванию технологии. Формула свертывания приводилась ранее: «данную операцию можно не делать, если...» В результате были выявлены две ключевые задачи: а) заменить способ крепления магнитов с исключением НЭ 1 — НЭ 4; НЭ 11 — НЭ 13; б) изменить способ намагничивания магнитов с исключением НЭ 5 — НЭ 10.

Решить первую задачу удалось с помощью ресурсов. увеличить высоту пластмассовой колодки и крепить магнит во время сборки, прижимая его уголком. Некоторое увеличение расхода пластмассы и необходимость небольшой доработки пресс-формы компенсируются значительным снижением трудоемкости и брака (рис. 14, б).

Решение второй задачи заключалось в переходе к намагничиванию магнитов в сборе прямо на колодке, одновременно контролируя величину намагниченности. Простую установку для этой цели можно было изготовить в течение недели, причем операция намагничивания практически не требует времени, так как работница, осуществляя окончательную сборку колодки, устанавливает ее в приспособление, как вилку в розетку, откуда она сама выпадает в транспортную коробку.

Эффект от этих двух предложений — снижение на 10% расхода металла, в том числе меди, серебра, магнитного сплава, уменьшение трудоемкости ориентировочно на 5000 часов в год.

А всего при проведении ФСА по контактору было найдено 52 предложения, направленных на снижение трудоемкости, энергоемкости и материалоемкости, повышение ка-

чества, высвобождение производственных площадей и увеличение надежности контактора. Не все предложения были приняты, но только по принятым расчетная экономия превысила 250 тыс. рублей в год — около 20% от стоимости годового выпуска контакторов. И эта экономия не осталась лишь расчетной — уже в первый год было внедрено одно предложение, снижающее трудоемкость на 12 тыс. нормо-часов. Второй год внедрения дал свыше 50 тыс. рублей экономии. Внедряются и остальные предложения, кроме нескольких, которые, согласно решению экспертной комиссии, будут использованы в дальнейшем при разработке новых контакторов.

К сожалению, некоторые предложения, выгодные для государства, так и не попали в окончательный список. Одно из них, например, относилось к изменению ряда номинальных токов контакторов с целью согласования его с рядом номинальных мощностей выпускаемых промышленностью электродвигателей. Сложилось так, что они не соответствовали друг другу. Ряд номинальных токов контактора — 25, 50, 100, 150 ампер и т. д., электродвигателей — 67, 110, 160 ампер и т. д. В результате приходилось использовать дая электродвигателей контакторы с заведомо излишним запасом по току и, следовательно, более дорогие. Переделать 50-амперный контактор на 67-амперный несложно — запас прочности большинства деталей позволяет почти ничего не менять (нужно только увеличить число витков в катушке да усилить возвратную пружину). Но тогда завод окажется в убытке — более мощный контактор дороже, его выгоднее продать для двигателя на 67 ампер, чем переделанный 50-амперный! И руководство запретило упоминать об этой идее.

Рассмотрим более подробно выполнение элементов аналитического и творческого этапов ФСА на примере анализа бытовой ручной мясорубки. Эта работа преследовала две цели: получить реальный эффект и научить людей методике ФСА.

Проведение ФСА включило в несколько сокращенном объеме выполнение всех основных этапов работы: был экономически обоснован выбор объекта, составлено техническое задание на проведение работы, подготовлен приказ о проведении ФСА. На информационном этапе были изучены советские и зарубежные аналоги, начиная от старинной мясорубки до перспективных пластмассовых моделей.

Благодаря общему знакомству с объектом построение структурной схемы не вызвало затруднений (рис. 15). Однако на этом начальном этапе при полной разборке мясорубки в процессе составления структурной схемы удалось выявить серьезный недостаток конструкции: между втулкой 5.2 и кор-

пусом мясорубки попадает сок мяса, и это вызывает неприятный запах.

Значительное количество информации было получено при составлении технологической схемы (рис. 16). Непосредственно на схеме знаком «*» отмечены операции, вызывающие затруднения в процессе производства.

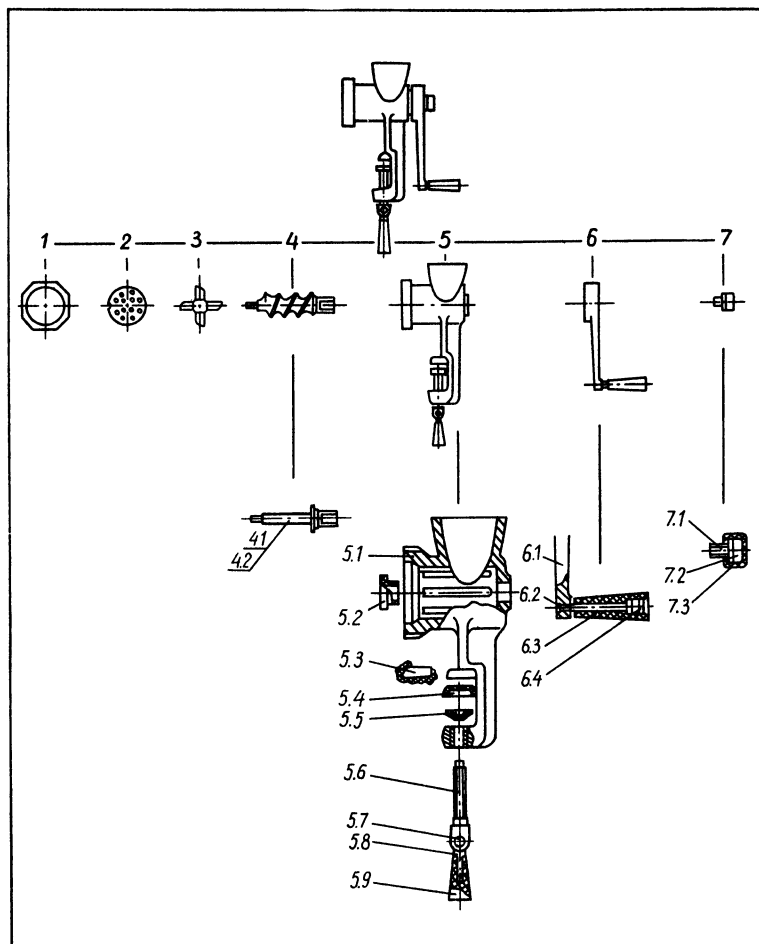


Рис. 15. Структурная схема мясорубки бытовой:

1 — гайка; 2 — решетка; 3 — нож; 4 — шнек (4.1 — валик; 4.2 — витки); 5 — корпус в сборе (5.1 — корпус; 5.2 — втулка; 5.3 — закрытие; 5.4 — колпачок; 5.5 — шайба; 5.6 — винт; 5.7 — валик; 5.8 — серьга; 5.9 — ручка); 6 — ручка в сборе (6.1 — ручка; 6.2 — валик; 6.3 — рукоятка; 6.4 — пробка); 7 — винт в сборе (7.1 — винт; 7.2 — головка; 7.3 — колпачок)

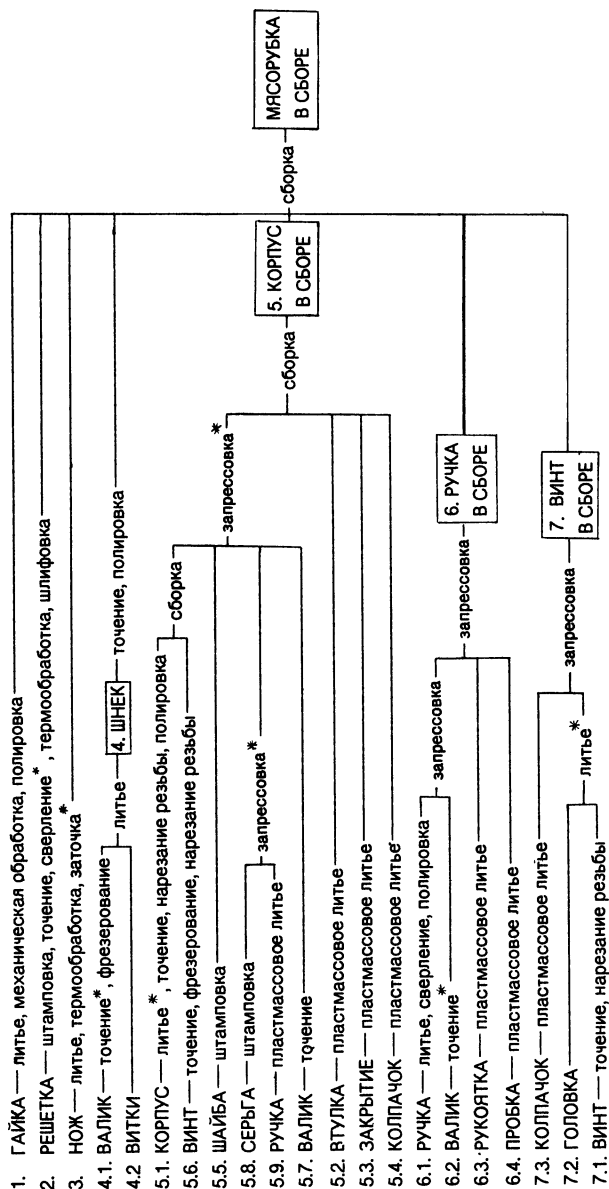


Рис. 16. Технологическая схема производства мясорубки

Таблица 2

Матрица функций мясорубки (фрагмент)

| Функции | Узлы и детали | | | | | | | |
|--------------------------|---------------|----------|------------|--------|---------|-----------|----------|---------|
| | Мясорубка | 1. Гайка | 2. Решетка | 3. Нож | 4. Шнек | 5. Корпус | 6. Ручка | 7. Винт |
| Перерабатывает мясо: | О | — | О | О | В | В | — | — |
| подает | В | — | — | — | О | О | В | — |
| режет | О | — | О | О | — | — | — | — |
| сминает | — | — | Вр | Вр | Вр | Вр | — | — |
| Объединяет детали | В | О | — | — | — | О | — | О |
| Крепит мясорубку к опоре | В | — | — | — | — | О | — | — |

Глубоко разобраться в недостатках деталей и отдельных элементов этих деталей позволил функциональный анализ и заполнение функциональных (табл. 2, 3) и поэлементной матриц (рис. 17, табл. 4). Особенно много информации о слабых местах конструкции и технологии дало заполнение диагностической таблицы (табл. 5). Некоторые обнаруженные несоответствия между уровнем материалоемкости и трудоемкости и величиной функциональной значимости потребовали дополнительных объяснений технолога цеха. Например, повышенная трудоемкость и высокая степень беспокойства имеющего малую значимость винта 7. Оказалось, что при заливке головки винта алюминием частично заливаются и витки, что заставляет дополнительно «прогонять» резьбу. Большую озабоченность конструкторов вызывала решетка 2, так как сверление отверстий в выполненной из твердой инструментальной стали решетке требо-

Таблица 3

Матрица функций струбцины (фрагмент)

| Фрагмент | Детали | | | | | | |
|----------------------------------|-------------|---------------|------------|-----------|------------|-------------|------------|
| | 5.1. Корпус | 5.4. Колпачок | 5.5. Шайба | 5.6. Винт | 5.7. Валик | 5.8. Серьга | 5.9. Ручка |
| Крепит мясорубку к опоре: | О | О | В | О | — | — | В |
| сжимает опору | О | О | — | О | — | — | — |
| вращает винт | — | — | — | — | В | В | О |
| направляет винт | О | — | — | — | — | — | — |
| Предохраняет стол от повреждений | — | О | — | — | — | — | — |

вало много ручного труда и нередко в конце месяца самих конструкторов посылали в цех помогать сверлить.

Все недостатки, проблемы, задачи, выявленные на аналитическом этапе, были систематизированы и занесены в специальный список.

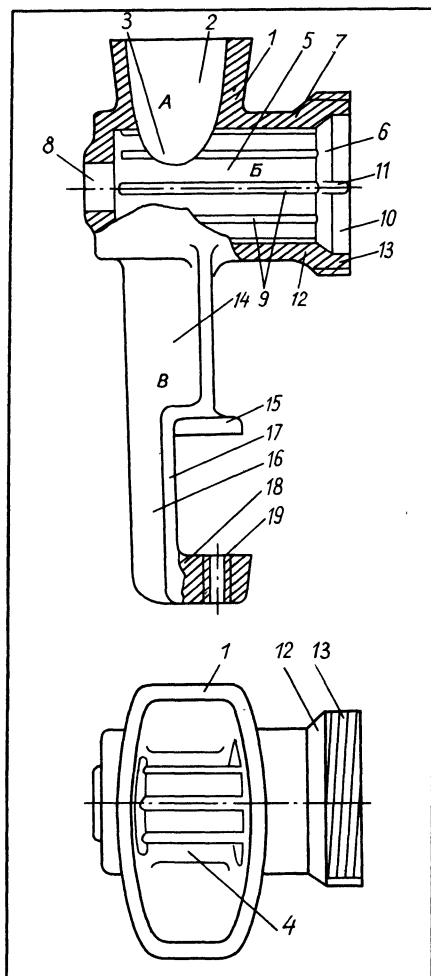


Рис. 17. Корпус мясорубки:

А. Бункер: 1 — стенка; 2 — зона накопления; 3 — зона подачи; 4 — зона захвата; Б. Рабочая часть: 5 — зона подачи; 6 — зона переработки; 7 — стенка; 8 — отверстие; 9 — ребра; 10 — расточка; 11 — фиксатор; 12 — раструб; 13 — резьба; В. Струбцина: 14 — кронштейн; 15 — опора; 16 — кронштейн; 17 — ребро; 18 — бобышка; 19 — резьба

Таблица 4

Матрица функций корпуса мясорубки (поэлементный анализ, фрагмент)

| Функции | Элементы | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|----------|---------------|-----------|-------|----------|----------|-----------|-------|-----------|-------|---------|
| | Бункер | Рабочая часть | Отверстие | Ребро | Расточка | Струбина | Кронштейн | Опора | Кронштейн | Ребро | Бобышка |
| | А | Б | 8 | 9 | 10 | В | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Накапливает мясо | О | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Подает мясо | О | О | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Предотвращает закручивание мяса | — | В | — | О | — | — | — | — | — | — | — |
| Удерживает решетку | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Крепит втулку | — | — | О | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Крепит мясорубку | — | — | — | — | — | О | В | В | О | В | В |
| Воспринимает усилие винта | — | — | — | — | — | В | О | О | — | О | О |

Таблица 5

Диагностическая таблица

(в процентах)

| Узлы, детали | Характеристики и эксперты | | | | | | | | Условная суммарная оценка (Σ) |
|-----------------|------------------------------|--------------|------------------|----------------------|-------------------------|------------------|---------------------------------------|-------------|-------------------------------------|
| | функциональная значимость | трудоемкость | материалоемкость | степень беспокойства | | | | | |
| | | | | конструктор | технолог по оснастке | технолог цеха | отдел технологического контроля | потребитель | |
| | | | | | | | | | |
| ВРГ | экономист | экономист | | | | | | | |
| 1. Гайка | 5 | 5 | 4 | 5 | — | 5 | — | 15 | 39 |
| 2. Решетка | 10 | 5 | 3 | 60 | 5 | 40 | 50 | 10 | 183 |
| 3. Нож | 15 | 15 | 2 | 5 | 5 | 5 | 20 | 10 | 77 |
| 4. Шнек | 15 | 20 | 20 | 5 | 20 | 10 | — | 5 | 95 |
| 5. Корпус | 50 | 30 | 60 | 20 | 60 | 25 | 30 | 35 | 280 |
| 6. Ручка | 4 | 15 | 10 | 2 | 5 | 5 | — | 20 | 61 |
| 7. Винт | 1 | 10 | 1 | 3 | 5 | 10 | — | 5 | 35 |

Список недостатков, проблем, задач
(фрагмент)

1. Гайка

При сборке мясорубки в домашних условиях гайку бывает трудно завернуть с нужной силой. Выступы и ребра повышают расход материала и ухудшают внешний вид. Необходимо обеспечить удобное крепление гайки.

2. Решетка

А. Из-за большой толщины и твердости материала решетки ее приходится сверлить вручную, при этом быстро тупятся и часто ломаются сверла, велика трудоемкость операции. Необходимо перевести на штамповку.

Б. После сверления и шлифовки в отверстиях часто остаются заусенцы, которые трудно удалять. Необходимо предотвратить появление заусенцев или найти эффективный способ борьбы с ними.

В. После использования мясорубки потребителю приходится прочищать отдельно каждое отверстие в решетке. Необходимо сделать так, чтобы решетка хорошо очищалась.

3. Нож

А. Нож изготавливается литьем по выплавляемым моделям, потом шлифуются и каждая режущая кромка затачивается вручную. Последняя операция весьма трудоемка. Необходимо снизить трудоемкость изготовления.

Б. Имеется значительный брак из-за недостаточной твердости ножей после термообработки. Необходимо улучшить закалку.

4. Шнек

А. Вал шнека имеет сложную форму, технология его изготовления включает фрезерные и токарные операции, при обработке снимается много материала. Необходимо упростить конструкцию и технологию изготовления.

И т. д.

На основании диагностической таблицы были разработаны «Рекомендации по направлению и очередности анализа по деталям мясорубки бытовой, ручной»:

1. Корпус (Σ280, см. табл. 5):

снижение общей материалоемкости за счет выбора оптимальной конструкции и толщины материала изделия;

снижение трудоемкости и сложности оснастки (форм для литья).

2. Решетка (Σ183):

снижение степени беспокойства конструкторов и технологов, вызванного затруднениями со сверлением отверстий. Поиск возможности перевода технологии изготовления решеток со сверления на штамповку;

снижение брака из-за заусенцев, остающихся в отверстиях после сверления.

3. Шнек (Σ95):

упрощение оснастки.

4. Нож (Σ77):

снижение трудоемкости (на операции заточки);

уменьшение брака (преимущественно из-за плохой термообработки).

5. Ручка (Σ61):

снижение трудоемкости изготовления;

повышение удобства пользования.

6. Гайка (Σ39):

повышение удобства эксплуатации (обеспечение удобного откручивания и закручивания).

7. Винт (Σ35):

снижение трудоемкости изготовления и уменьшение трудностей из-за необходимости дополнительной прогонки резьбы после заливки головки винта алюминием.

В процессе работы были решены задачи всех типов.

Задачи I типа. Вал шнека имеет толщину 20 мм и выполнен из стали. Его размеры позволяют передать огромный момент, хотя в мясорубке момент такой величины возникнуть не может. Ясно, что можно без ущерба уменьшить тол-

щину этого вала. При этом снизятся расход материала и трудоемкость обработки.

При анализе выяснилось, что глвная функция шнека — подача мяса в зону резания — выполняется плохо, так как шнек не доходит до решетки на толщину ножа. Достаточно было понять это, чтобы решение стало очевидным: нужно увеличить длину шнека, снабдив его выступом, доходящим до режущей кромки ножа. Как показал опыт, это увеличивает производительность мясорубки и исключает наматывание жил на вал шнека.

Для внедрения этого предложения возникла необходимость решить дополнительно ряд исследовательских и конструкторских задач: подобрать оптимальный размер и геометрию выступа, согласовать конструкции шнека и ножа.

Задачи II типа. Одна из таких задач возникла при сравнительном поэлементном анализе чугунной и алюминиевой мясорубок. Все размеры кронштейнов, струбцин, корпусов оказались примерно одинаковыми, несмотря на значительное различие в прочности чугуна и алюминия. Это говорит о том, что в чугунной мясорубке заложены излишние запасы прочности (что вполне естественно, так как первые такие мясорубки были изготовлены в прошлом веке без всяких расчетов на прочность, в дальнейшем форма традиционно повторялась). Но и алюминиевая мясорубка тоже, по-видимому, изготовлена без расчетов и повторяет форму чугунной.

Поэлементный анализ позволил выявить также неоправданную симметричность выполнения опорных поверхностей

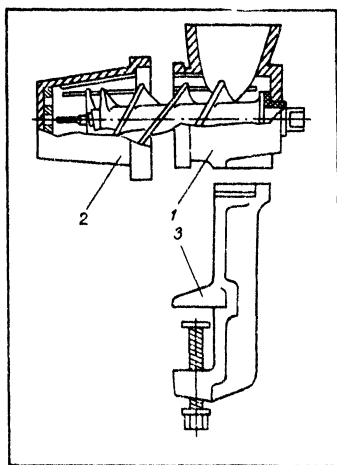
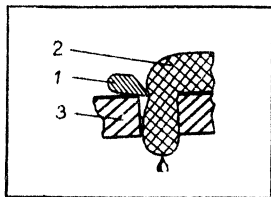


Рис. 18. Корпус мясорубки из сборных элементов:

1 — бункер; 2 — гайка; 3 — струбина

Рис. 19. Резание мяса:

1 — нож; 2 — мясо; 3 — решетка



мясорубки. Ведь вращающий момент действует всегда только в одну сторону. Выполнение опоры асимметричной позволит сэкономить пластмассу и алюминий и уменьшить массу и габариты мясорубки.

Кроме того, традиционная форма корпуса нетехнологична, требует сложного литейного оборудования. Разделение корпуса на три элемента (рис. 18) позволяет значительно упростить его изготовление.

Задачи III типа. Целый ряд задач, выявленных в результате анализа, был решен с использованием АРИЗ и других элементов ТРИЗ, например задача уменьшения выжимания сока из обрабатываемого мяса. Приведем краткую запись решения по шагам АРИЗ-85В.

1.1. Мини-задача. Техническая система для измельчения мяса включает ножевое лезвие, отверстия в решетке и мясо. **ТП-1:** толстое лезвие прочно, хорошо отрезает кусочки мяса, попавшие в отверстия, но давит на мясо, выжимая из него сок (рис. 19). **ТП-2:** тонкое лезвие не выжимает сок, но сложно в изготовлении и легко ломается, при этом кусочки могут попасть в мясо, что недопустимо.

1.6. Модель задачи. Дано изделие — мясо и сдвоенный инструмент: толстое лезвие и решетка. Очень толстое лезвие хорошо передает усилие, но давит на мясо, выжимая из него сок. Необходимо ввести икс-элемент, который, сохранив хорошее усилие, устранил давление на мясо.

3.3.ФП на макроуровне. Лезвие должно двигаться перпендикулярно к режущей кромке отверстия, чтобы резать,

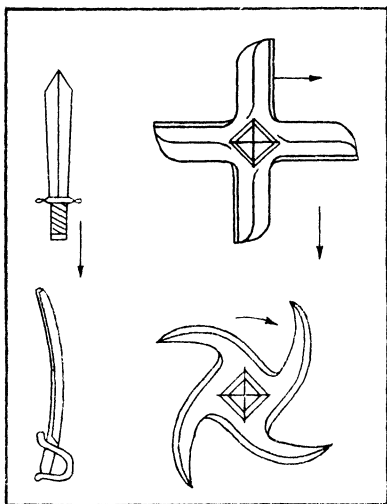
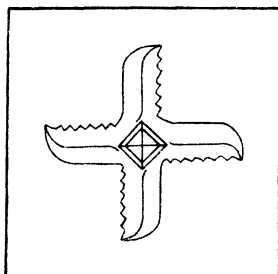


Рис. 20. Трансформация формы ножа мясорубки

Рис. 21. Пилообразная форма ножа мясорубки (после ФСА)



и не должно двигаться перпендикулярно, чтобы не выжимать сок.

После этой формулировки решение стало очевидным: нужно заменить лезвие-меч изогнутым лезвием-саблей, которое не только рубит, но и режет, двигаясь одновременно в двух направлениях (рис. 20).

После информационного поиска выяснилось, что такой нож уже пытались применять, но безуспешно. Оказалось, что изогнутый нож-сабля либо отжимает мясо к периферии решетки, либо, при обратном наклоне, прижимает его к центру, в связи с чем решение не было внедрено. Поэтому при проведении ФСА было сформулировано новое противоречие: нож должен быть саблеобразным, чтобы лучше резать, и не должен быть саблеобразным, чтобы не отжимать мясо. Примирить противоположные требования удалось путем системного перехода — объединили две сабли с прямым и обратным наклоном в единую систему — нож с зубцами (рис. 21). Проведенный эксперимент показал, что нож-пила повышает производительность труда, снижает усилия, необходимые для вращения рукоятки, уменьшает выжимание сока из мяса.

Большую помощь при решении задач оказали законы развития технических систем. Так, например, большинство мясорубок крепятся к столу с помощью винта струбицы. В старых мясорубках винт оканчивался барашком. Этот барашек должен иметь большой размер, чтобы его было удобно закручивать, и должен был быть небольшим, чтобы не упираться в доску столешницы. В анализируемой мясорубке это противоречие было разрешено использованием шарнирной рукоятки. Однако это удорожало конструкцию.

Для совершенствования изделия было использовано понятие идеальности. Идеальной рукоятка может считаться тогда, когда ее физически нет, а ее функции выполняются. Нужно что-то вроде гаечного ключа, которым можно было бы заворачивать винт, причем в качестве такого ключа желательно использовать какую-нибудь деталь, которая уже есть в мясорубке (функциональный ресурс). Для выполнения этой роли годится ручка. Если сделать конец винта аналогичным концу шнека, то можно будет ручкой крепить мясорубку (рис. 22).

По аналогии было предложено использовать ту же самую ручку для завинчивания гайки, крепящей решетку. В этом случае можно выполнить гайку простой формы, без ребер и выступов, и будет ликвидирована одна из основных претензий, предъявляемых потребителями, — трудность крепления гайки.

Закон повышения динамичности конструкции подсказал возможность изготовления рукоятки мясорубки изменяемой длины — это удобно в том случае, если попалось жесткое мясо и необходимо приложить большое усилие.

Вепольный анализ подсказал возможность введения теплового поля для дробления замороженного мяса. В домашних условиях это, наверное, неприемлемо, а в промышленности может быть использовано.

На некоторые вопросы найти ответ не удалось. Есть еще широкое поле для дальнейшей работы. Известно, например, как много полезных эффектов связано с электрической и магнитной обработкой воды. В мясе ее немало. Что будет, если решетку намагнитить? Или подвести к ней и к изолированному от нее шнеку электрический ток?

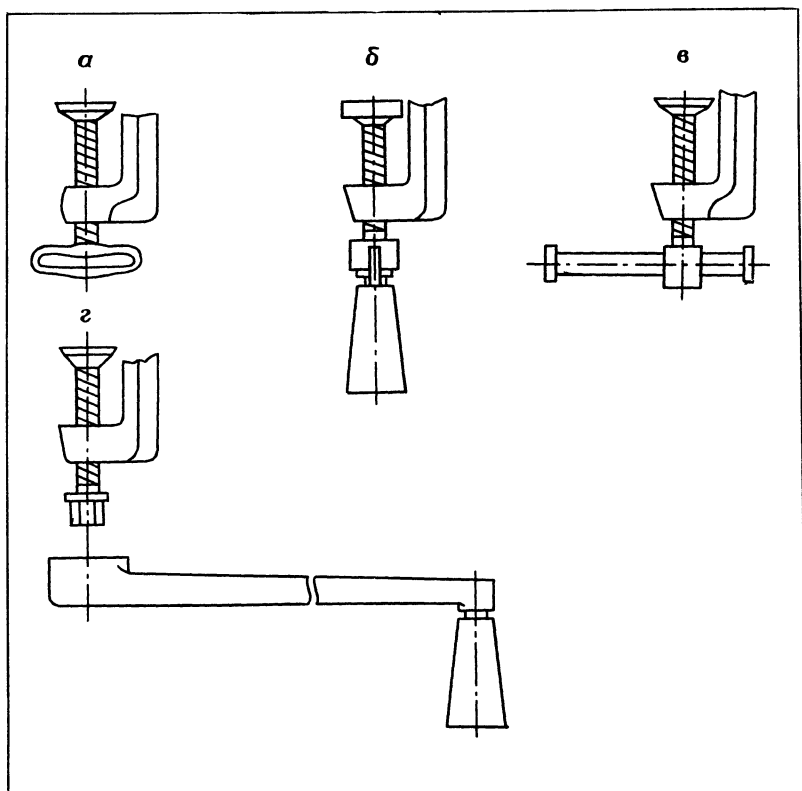


Рис. 22. Варианты выполнения винта струбцины мясорубки:
 а — с барашком, б — с шарнирной рукояткой, в — со скользящей рукояткой; з — с шестигранной головкой и ручкой-ключом (предложенной при ФСА)

В общем, при проведении анализа было найдено более 30 решений, направленных на улучшение практически всех узлов мясорубки. Некоторые из этих предложений можно использовать для совершенствования конструкции выпускающейся ручной мясорубки, некоторые могут быть применены при проектировании принципиально новой модели. Ряд решений позволяет улучшить и электрические бытовые, и промышленные мясорубки. Часть решений направлена на улучшение производства, на решение сложных технологических вопросов.

Одновременно с анализом проводилось оформление полученных результатов по принятой для ФСА форме.

Пример оформления предложения ФСА

1. Предложение — № 23.
2. Объект — мясорубка бытовая.
3. Детали — решетка, гайка.
4. Существующее положение — отверстия в решетке диаметром от 4 до 7 мм в количестве от 18 до 44 штук на одну решетку сверлятся в пластинах из стали У8 вручную.
5. Недостатки:
 - большая трудоемкость ручной работы;
 - большой расход сверл;
 - после сверления необходимо удалять заусенцы;
 - большой расход дефицитной инструментальной стали.
6. Предложение временной рабочей группы — выполнять решетки из стали толщиной до 3 мм и получать отверстия штамповкой. Для обеспечения необходимой жесткости выполнить на гайке ребро, упирающееся в центральную часть решетки (рис. 23).
7. Мероприятия по внедрению:
 - изготовить опытный образец тонкой решетки и гайки с ребром, провести испытания;
 - разработать и изготовить необходимую технологическую оснастку — штамп для штамповки отверстий в решетке, пресс-форму для литья гайки с ребром;
 - выпустить извещение на изменение конструкции.
8. Техничко-экономические преимущества:
 - уменьшение трудоемкости производства, замена ручного труда штамповкой;
 - экономия инструментальной стали;
 - упрощение прочистки отверстий в тонкой решетке.
9. Недостатки предложения:
 - увеличение расхода материала на гайку, усложнение ее конструкции, необходимость изменения оснастки. Ребро может мешать выходу мяса из мясорубки.
- Недостатки можно убрать, если ребро сделать обтекаемой формы. Затраты на излишек металла и переделку оснастки допустимы, так как окупятся за счет выигрыша.
10. Подписи членов ВРГ.
11. Заключение экспертной комиссии.
12. Подписи членов экспертной комиссии.

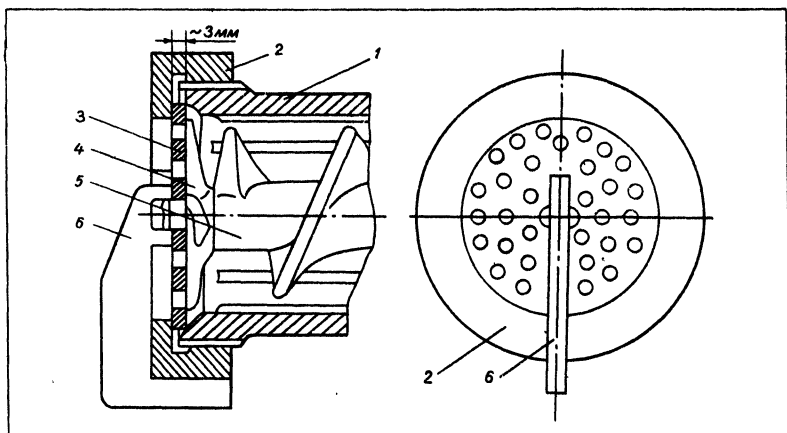


Рис. 23. Мясорубка с тонкой штампованной решеткой:
1 — корпус; 2 — гайка; 3 — решетка; 4 — нож; 5 — шнек; 6 — ребро

Пример проведения ФСА по повышению надежности

На предприятии, выпускающем погружные электронасосы для подъема воды из скважин, после проведения ФСА по улучшению конструкций и технологии насосов был проведен цикл работ, направленных на повышение надежности и срока службы насоса. Проводилась работа силами ВРГ, члены которой — наиболее авторитетные специалисты предприятия, большинство из них прошли обучение ТРИЗ, имели опыт работы в ВРГ.

Как повысить надежность насоса? Для ответа на этот вопрос нужно знать его слабые места, причины отказов. Некоторые из них были известны, какая-то работа в этом направлении велась, но нужны были новые подходы. Было решено использовать прием обращения задачи в сочетании с «диверсионным» подходом.

Ведущий объявил: «Допустим, наш насос совершенно безукоризнен, полностью удовлетворяет всем требованиям. Что можно сделать, чтобы его испортить, используя всевозможные ресурсы? Что можно сделать на стадии проектирования, изготовления, транспортировки и монтажа, эксплуатации?»

Диверсионный подход в ВРГ использовался впервые, поэтому такая постановка задачи вызвала сначала некоторое недоумение специалистов, но работа по «придумыва-

нию неприятностей» всех заинтересовала. Опыт показал, что использование этого метода всегда вызывает у участников работы большой энтузиазм, приступы веселья и обостренную изобретательность. Ряд вариантов был предложен сразу, начался анализ имеющихся в распоряжении ресурсов, способных вывести насос из строя.

Следующее заседание ВРГ было проведено на расположенном за городом заводе по ремонту сельскохозяйственной техники, где ремонтировались и вышедшие из строя насосы. Администрация очень обрадовалась приезду специалистов, высказала много пожеланий и проблем относительно ремонта насосов, предложила показать лучшее, что есть на заводе. Но главный объект, куда направилась ВРГ — свалка металлолома. В углу площадки обнаружили массу испорченных, насквозь промытых обойм насосов. Промыв — одна из основных причин выхода из строя насоса. Последний представляет собой несколько расположенных друг за другом одинаковых ступеней (одна из них приведена на рис. 24). Вода входит в рабочее колесо, в котором закручивается и выбрасывается наружу, проходит через неподвижные направляющие лопатки, бьет с силой в стенку стальной обоймы и идет в следующую ступень. Скорость воды — несколько метров в секунду, нередко она несет с собой песок; неудивительно, что в конце концов в стенках обоймы появляются дырки, насос нужно вынимать из скважины и ремонтировать. Обычное, давно известное дело. Но здесь сразу выявились неожиданности. Вот обойма со сквозным отверстием конусной формы, которое раскрыто снаружки. Разве может так промыть текущая внутри вода (рис. 25)?

«Дефект металла», — после некоторых раздумий говорит один из членов ВРГ и с облегчением отбрасывает странную обойму. Но, оказывается, таких обойм много. Нашли целый насос, выброшенный на свалку из-за полной невозможности. На каждой его ступени были обнаружены необычные отверстия, причем расположенные по одной образующей, как будто насос прошили пулеметной очередью.

Когда все окончательно убедились, что обойм с конусными отверстиями много, объяснение типа «дефект металла» было признано необидительным. Тогда, посоветовавшись, специалисты вынесли единодушный приговор: «кавитация». Такое объяснение грозило завести работу в тупик. В любой специальности есть свои маленькие «привидения» — вещи, в которых никто толком не разбирается и на которые можно свалить любое непонятное явление, типа блуждающих токов в электротехнике, наводок в радиотехнике и т. п. Для специалистов по насосам кавитация — также самый сложный

процесс, мало изученный. Теперь можно не ломать голову, объяснение найдено. Но что делать дальше?

Ведущий снова стал копаться в металлоломе. И нашел обойму, а потом еще несколько, в которых конусные углубления не доходили до потока воды, то есть не были сквозными. Теперь стало ясно, что поток воды и, следовательно, кавитация, здесь ни при чем. Группа озадаченно молчала. А ведущий радовался: снят слой психологической инерции, привычных объяснений, теперь можно нормально работать. Он переформировал задачу: «Допустим, нам нужно получить отверстия такой формы. Как это можно сделать? Но, конечно, мы не можем воспользоваться металлорежущими станками, другим сложным оборудованием — все должно быть из ресурсов!»

Итак, перед группой была поставлена обращенная задача. Для ее решения нужно воспользоваться инструментами ТРИЗ. Группа выяснила исходную вепольную модель: V_1 — металл обоймы. По стандарту 1.1.1 нужно достроить веполь,

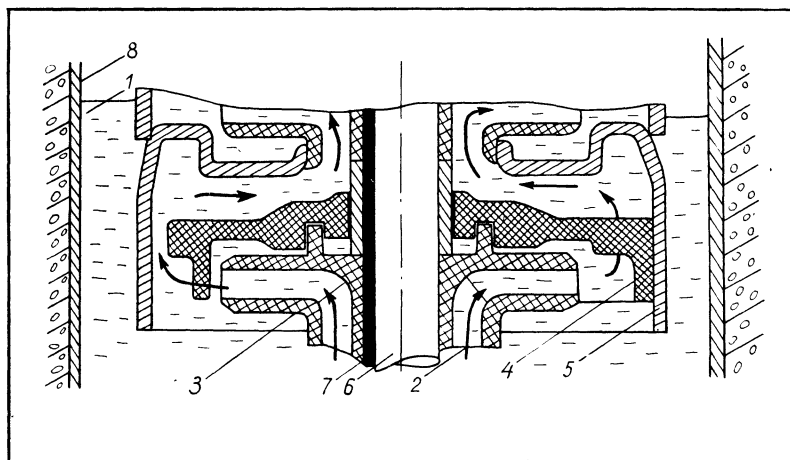


Рис. 24. Ступень скважинного центробежного насоса:

1 — вода; 2 — направление движения воды; 3 — рабочее колесо, 4 — направляющий аппарат (отвод); 5 — обойма; 6 — вал; 7 — шпонка; 8 — обсадная труба скважины

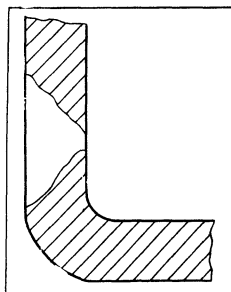


Рис. 25. Отверстие в стенке обоймы насоса

введя недостающие вещество B_2 и поле П. После анализа возможных полей остановились на электрическом поле — в сочетании с водой оно может обеспечить электролитическое растворение металла, если на него подать положительный заряд. Но откуда в скважине электрическое поле? Группа уверенно заявила, что среди ресурсов его нет. Да и конусную форму отверстия электрорастворением объяснить невозможно. Забраковать идею? Вернуться назад? Нельзя! Ведущий сформулировал новую задачу: как «сделать» электрическое поле из имеющихся ресурсов? Токи рассеяния электродвигателя отбросили: они создают переменное поле, а нужно постоянное, да и в зону насоса они не могут попасть. А вот получить электризацию трением оказалось возможным. В насосе только сама обойма стальная, а рабочие колеса и направляющий аппарат изготовлены из пластмассы. Вода может заряжаться при трении о пластмассу, затем, попадая на обойму, отдавать ей накопленный заряд. Разрядившись, она входит в следующую ступень, и все повторяется сначала! Получается, что у нас не насос, а нечто вроде генератора Ван-де-Граафа — устройства, вырабатывающего высокое напряжение за счет электризации трением.

Еще один вопрос: как получить конусные отверстия? И почему в некоторых насосах отверстия располагались по одной образующей? Обычно форма отверстий задается формой электрода. Как получить конусный электрод? Тем же способом — электролитическим переносом. При растворении металл с анода переходит на катод — начинает расти выступ. В этом месте напряженность поля возрастает (она всегда выше на острых краях, углах), и в дальнейшем процесс сосредоточивается именно здесь (в качестве катода — стальная обсадная труба, формирующая скважину, в которую опущен насос): при протекании электрического тока на обсадной трубе растет конус-электрод, а в обойме насоса — соответствующее ему конусное отверстие.

Нашлось объяснение и для «пулеметной очереди»: для того чтобы отверстия возникали с одной стороны, нужно в этом месте создать поле большей напряженности, чем в других местах. Для этого достаточно расположить насос в скважине со сдвигом от ее центральной оси. Процесс начнется там, где расстояние между насосом и обсадной трубой будет минимальным.

Ответы были получены на все вопросы. Но почему такой серьезный эффект не заметили давным-давно? Оказалось, пластмассовые детали ввели вместо металлических сравнительно недавно — лет 15—20 назад. Дополнительные исследования в связи с заменой не производились. Ведь чтобы их

провести, нужно понять необходимость этого, то есть построить теорию, предсказывающую эти неприятные явления.

Итак, при ФСА была поставлена и решена совершенно новая задача, неизвестная ранее специалистам. Устранить вредную электризацию в насосе можно по-разному, например, заземлить корпус, соединив его гибкими проводниками (лепестками), закрепленными на обойме, с обсадной трубой скважины. В конечном итоге конструкторы разработали обойму, в которой наружная поверхность и направляющий аппарат выполнены из пластмассы как одно целое.

На последующих заседаниях ВРГ, используя «диверсионный» подход и последовательно рассматривая различные явления, сопровождающие работу насоса как источники ресурсов для его повреждения, выявила серию различных возможных механизмов повреждения и убедилась, что многие из них реально действуют.

Так, было установлено, что во многих случаях насос качает не чистую, а «газированную» жидкость. Вода в водоносных слоях часто насыщена газами (обычно — просто воздухом) в количестве, соответствующем глубине, с которой воду качают (иначе — давлению столба воды в скважине на этой глубине). При работе насоса давление воды в скважине снижается до соответствующего глубине 1—10 метров. В результате из воды происходит бурное выделение газов, что, в свою очередь, может привести ко многим нежелательным эффектам в работе насоса, в частности к снижению коэффициента полезного действия (а эта возможность не учитывалась). С этим выводом специалисты так и не захотели согласиться (иначе пришлось бы признать, что выпускаемые насосы не соответствуют паспортным данным).

Обычно считали, что электродвигатель насоса работает в чистой воде (она служит для охлаждения и ее заливают перед опусканием насоса в скважину). Однако анализ показал, что, благодаря осмотическому давлению растворенных в воде скважины солей и газов и наличию зазоров в уплотнениях, состав воды внутри электродвигателя в процессе его опускания полностью выравнивается с составом окружающей воды. А это означает, что при пуске насоса, когда давление в скважине быстро падает, газы выделяются внутрь двигателя. Если им удастся порвать или сдвинуть уплотнение, двигатель останется в воде после выхода газов. Если же уплотнение окажется достаточно прочным, верхние лобовые части двигателя будут работать не в водяной, а в газовой среде. Но рассчитаны они на водяное охлаждение, значит, обязательно сгорят.

Были найдены и другие варианты повреждений насосов: алюминниевые лобовые части ротора и медно-графитовые опорные подпятники могут составить электрохимическую пару, в которой разрушается алюминий; клапан насоса при закрывании может создавать гидравлический удар, передающийся по валу на опорный подпятник; система трансформатор—электропроводящий кабель—электродвигатель представляет собой колебательный контур (трансформатор и двигатель играют роль индуктивных сопротивлений, а кабель — распределенная емкость), в котором могут возникать резонансы напряжений, приводящие к пробоям изоляции. Возможности повреждений были выявлены в процессе изготовления, транспортировки, монтажа, эксплуатации. С ними можно теперь целенаправленно бороться, принимать меры к их недопущению заранее, что позволило бы повысить качество насосов, их надежность и долговечность.

Решение отдельных производственных задач

Задача 29. *Цельнокатанные трубы получают на трубопрокатном заводе следующим образом. Сначала разогретый до высокой температуры слиток цилиндрической формы прошивают на прессе. В полученное отверстие в центре слитка вставляют дорн — длинный (по размеру будущей трубы) стальной стержень, и подают на прокатный стан, где раскаленную болванку раскатывают и обжимают вокруг дорна. Если все режимы выдерживаются (болванка достаточно раскалена, дорн достаточно холодный, вязкость стали соответствует норме), дорн после окончания прокатки извлекается из готовой трубы с помощью мощного выдергивателя. Но если что-то не так (небольшая задержка, например, приводит к остыванию болванки сильнее допустимого), дорн извлечь не удастся. На заводе говорят: «закатали дорн». Конечно, работа из-за этого не останавливается (на предприятии имеется запас дорнов), но изготавливаются дорны из нержавеющей стали высокого качества, стоят немало, поэтому нужно закатанные дорны извлекать. Обычно это делает опытный газорезчик, осторожно разрезая трубу. Но, к сожалению, дорн при этом очень часто повреждается газовым пламенем. Такой дорн можно еще использовать, например, переточив его на меньший диаметр, но это не выход из положения. Заводы ежегодно из-за закатывания дорнов несут миллионные убытки. Как быть?*

Исходная вепольная модель: B_1 — дорн, B_2 — оболочка, П — вредное поле (механическое). Имеем вредный веполь. Обратимся к стандартам группы 1.2. Поскольку ввести

между дорном и оболочкой вещество нельзя, стандарты 1.2.1, 1.2.2 исключаются. По стандарту 1.2.4 можно попробовать ввести противополо. Начнем с механического (по МатХЭМ). Центробежные силы? Раскрутить дорн вместе с оболочкой до высокой скорости... Но масса дорна с трубой около 10 тонн... Давление? Достаточно высокое давление может разжать изнутри стенки трубы, надавить на торец дорна. Но опять потребуется дорогое оборудование. Хотели уже и от этого варианта отказаться, но заводчане сообщили, что совсем рядом с прокатным станом расположен испытательный стенд, где готовые трубы испытывают давлением до 300 атмосфер. Раз в месяц, когда цех останавливается на обязательный трехдневный планово-предупредительный ремонт, на этом стенде, используя установку высокого давления и упомянутый выше выдергиватель, можно раскатать все закатанные дорны.

После предварительных расчетов оказалось, что в некоторых случаях даже совместного действия выдергивателя и давления не достаточно для освобождения дорна. Как быть?

Нужно сделать более эффективным противовеполю. По стандарту 2.1.1 нужно перейти к цепному веполю, действующему тоже против вредного. Например, ввести тепловое поле, снижающее прочность трубы и его источник. Снова газовая резка? Да, но не простой возврат к известному решению. Раньше газорезчик, вскрывая трубу, рисковал повредить дорн. Сейчас достаточно трубу лишь надрезать или даже просто нагреть по образующей — давление растянет изнутри нагретый металл...

Решение заводчанам понравилось. А насколько оно идеально с позиций ТРИЗ? По настоянию заказчика задача решалась в их постановке. Но из условия задачи очевидно, что она исправительная. В таких случаях рекомендуется (см. приложение 10) искать причину исправляемого нежелательного эффекта и устранить ее, а если это невозможно или сложно, то постараться совместить исправительную операцию с основной, например, сделать так, чтобы диаметр дорна сам уменьшался после окончания операции прокатки. Реализовать такое решение в принципе можно, используя эффект «память формы» [на него выходим по Указателю (см. приложение 6), графа «Изменение размеров»]. Изготовить дорн из сплава с эффектом «память формы» (ЭПФ), подобранного так, чтобы диаметр дорна несколько увеличился при сильном нагреве. Тогда при соприкосновении с горячей болванкой он «потолстеет» до заданной величины, а потом, когда все остынет, «похудеет» и сам выскользнет

из готовой трубы... Хорошая идея, вот только сплавы ЭФФ пока большая редкость.

Задача 30. На металлургическом заводе вырабатывают гранулированный никель. Он падает каплями в воду, превращаясь в гранулы. Но некоторые из капель в момент резкого охлаждения и соприкосновения с водой трескаются, даже рассыпаются в пыль из-за температурных напряжений. Этой неприятности можно избежать, увеличив время пролета капли либо вводя дополнительное подстуживание во время полета, но это приведет к большим дополнительным затратам. Как быть?

Исходная вепольная модель: V_1 — капля никеля, V_2 — вода, P — вредное тепловое поле. Для разрушения вредного веполя можно воспользоваться стандартом 1.2.1 или 1.2.2: между каплей и водой ввести V_3 , например пену. Пена заполняет объем грануляционной башни и существенно увеличивает отъем тепла у летящих капель, одновременно подтормаживая их, уменьшая удар о воду.

Задача 31. На том же металлургическом заводе медь сначала выплавляют из руды, а затем очищают от примесей электролизом. Листы неочищенной меди подвешивают в электролизной ванне в качестве анода, а в качестве катода используют затравку из меди высокой чистоты. При прохождении тока анод постепенно растворяется, слой чистой меди нарастает на катоде, а примеси выпадают на дно ванны. Поверхность катода получается пористой, в поры проникает некоторое количество электролита. Страшного в этом ничего нет, на химический состав меди это не влияет — потребитель все равно ее переплавляет. Но медь перед отправкой часто лежит на улице, во влажной атмосфере, при этом электролит выступает из пор и образует на ее поверхности черные и зеленые пятна, ухудшающие товарный вид. Наличие пятен не допускается по стандарту, кроме того, при поставке меди за границу пятна снижают сортность, что приводит к большим финансовым потерям. Для того чтобы этого избежать, медь тщательно моют, выдерживают сутками в горячей воде, но результаты неудовлетворительные, пятна, хоть и реже, но все равно появляются. Как повысить эффективность мытья меди?

Исходная вепольная модель: V_1 — медь, V_2 — вода, P — механическое поле. Имеем неэффективный веполь, эффективность которого можно повысить с помощью стандартов классов 2—3. В первую очередь рассмотрим возможности введения других полей с помощью аббревиатуры MaTXЭM.

Механическое поле. К моменту постановки задачи уже

пробовали мыть медь струями воды под давлением. Получалось немного лучше, но все еще далеко от идеала. Идея использовать переменное механическое поле — ультразвук — специалистам была известна. При его воздействии в воде возникает кавитация — появление и схлопывание мельчайших пузырьков, которые могут существенно улучшить отмывание. Внедрение этого метода сдерживалось отсутствием необходимого оборудования.

Тепловое поле. Медь мыли горячей водой, практически кипятком, поэтому специалисты утверждали, что улучшить что-либо невозможно. Но при обсуждении этого вопроса один из проходивших обучение слушателей вспомнил учебную задачу-аналог. В ней было необходимо повысить эффективность гидромонитора, который струей воды под огромным давлением ломает скалы. Повышение эффективности обеспечил переход к использованию перегретой воды. В камере гидромонитора вода находится при температуре 200—300°C и не испаряется благодаря высокому давлению. Не успевает она испариться и за тот миг, что струя летит от жерла пушки гидромонитора до скалы. Давление вбивает перегретую воду в мельчайшие щели, где она тут же вскипает, разрывая камень. Почему бы не попробовать этот же способ и для мытья меди? Идею специалисты взяли на заметку. Тут же прикинули, что вместо перегретой жидкости можно использовать жидкость, насыщенную газами под давлением.

Химическое поле. Специалисты объяснили, что уже перепробовали все мыслимые моющие средства. Тогда было предложено использовать прием «наоборот» — вместо того чтобы мыть, закрыть поры, например, перевести соли, прячущиеся в порах, в нерастворимое состояние. Такой вариант специалистами не рассматривался.

Электрическое поле. Было предложено использовать для мытья электрогидравлический удар, создаваемый электрическим разрядом в жидкости. При этом возникают мощные ударные волны, способные создавать кавитационные пузырьки не хуже ультразвука, а устройство электрогидравлической установки значительно проще.

Магнитное поле. В принципе возможно использование вместо электрогидравлического удара магнитно-импульсного воздействия, но оборудование потребует более сложное. Да и трудно сказать, насколько эффективно оно будет, — на этот раз «вздрагивать» будет не вода, а сам медный лист...

Сегодня много пишут об использовании в разных производствах омагниченной (подвергнутой магнитной обра-

ботке) воды. В некоторых публикациях, например, отмечается, что ее применение на хлопчатобумажных фабриках позволяет экономить краску, воду при ее отмывке. Возможно, что эффективность отмывания такой водой также может повыситься.

Из предложенных выше решений особенно интересными показались идеи мыть медь перегретой водой, закупоривать поры, использовать омагниченную воду. Но эти решения, за исключением последнего, требуют некоторого усложнения существующего производства. Конечно, затраты окупятся, ведь убытки от плохо вымытой меди намного больше. Но с позиций ТРИЗ нужно реконструировать изобретательскую ситуацию, проверить, не нужно ли заменить задачу. Первый вопрос: почему возникают поры?

Специалисты объяснили, что поры возникают из-за большого тока, протекающего в электролизной ванне. Можно ли уменьшить ток? Можно, но тогда упадет производительность. Налицо противоречие: ток должен быть большим, чтобы была высокая производительность, и должен быть малым, чтобы не было пор. Разрешить это противоречие можно во времени: сначала вести процесс на большом токе, а в конце на малом. Тогда поры закроет тонкий поверхностный слой, плотный, без пор. Это решение оказалось самым простым, для его реализации почти ничего не нужно менять.

Интересно, что новую задачу избавления от пор оказалось намного проще решить, чем задачу улучшения мытья меди. Но во всем мире медь моют... За психологическую инерцию нужно платить.

Задача 32. *В литых корпусах насосов для стиральных машин иногда получают сквозные раковины. Как их отбраковывать?*

Задача на обнаружение. Исходная вепольная модель: V_1 — корпус. По стандарту 4.2.1 нужно достроить веполь, введя вещество V_2 и поле, выносящее информацию о системе. Технически проще всего оказалось использовать разнородность электромагнитного поля (оптическое), то есть установить внутри корпуса мощный источник света при затемнении в помещении. Раковина сразу становится видна.

Задача 33. *Статор двигателя электронасоса находится внутри корпуса (длинной трубы довольно малого диаметра). Это мешает укладке обмотки, не позволяет использовать механически обмоточные станки. Трудоемкость операции можно было бы снизить, если бы статор наматывался отдельно, а потом вставлялся в корпус-трубу. Однако обеспечить надежное крепление статора внутри корпуса можно только при помощи горячей посадки или сварки. А это недо-*

пустимо, так как при нагреве будет повреждена обмотка. Как быть?

В условии задачи четко видно противоречие. Сформулировали **мини-задачу**. Техническая система для изготовления двигателя включает статор и трубу. **ТП-1:** если труба горячая, то статор в нее входит, но недопустимо перегревается. **ТП-2:** если труба холодная, статор не перегревается, но и не входит в трубу. Необходимо при минимальных изменениях в системе обеспечить введение статора в трубу без перегрева.

ИКР-1: икс-элемент, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, не допускает (устраняет) перегрев статора, не мешая статору входить в трубу.

На этом шаге стало ясно, что нужно ввести в оперативную зону, в частности в полость статора, охлаждающий агент. Оставалось только вспомнить, что обмотки погружного насоса не боятся воды. Окончательное решение — закрыть статор снизу пробкой, охватывающей лобовые части, и залить водой.

Однако задача еще не решена окончательно. Выяснилось, что при надевании горячей трубы на охлажденный статор труба может остыть и застрять. Необходимо было найти возможность постоянно подогревать трубу во время этой операции. Решение подсказал вепольный анализ. Нужно ввести подогревающее поле, например, поместить трубу в

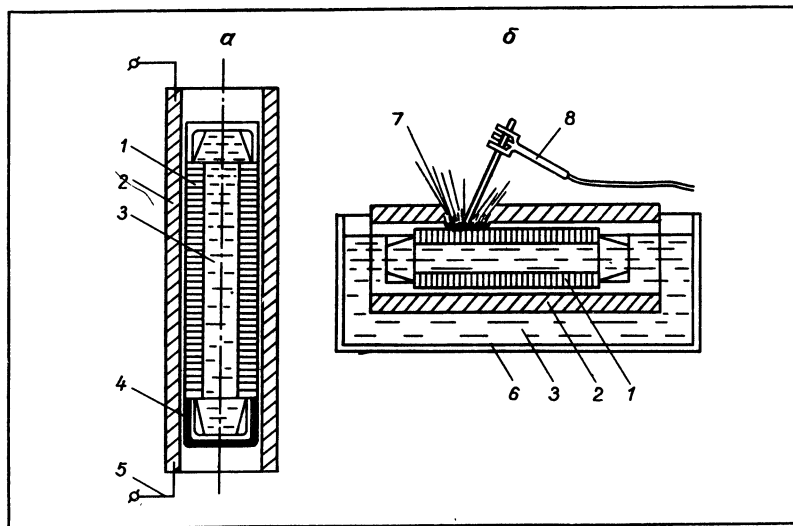


Рис. 26. Крепление статора погружных электродвигателей:
 a — насадкой, b — сваркой, 1 — статор, 2 — труба-корпус; 3 — вода, 4 — пробка; 5 — подвод
электротока; 6 — ванна, 7 — электрозащелка, 8 — сварочное устройство

высокочастотный индуктор или, еще проще, пропускать по трубе электрический ток (рис. 26, а).

Но такое решение годилось только для тех двигателей, у которых наружная поверхность статора перед сборкой протачивается. В двигателях, где проточки нет, невозможно обеспечить точные размеры, необходимые для горячей посадки. В этом случае для крепления годится только сварка. По аналогии с найденным ранее решением было предложено приваривать статор к трубе в ванне, заполненной водой (рис. 26, б). Участвовавший в решении задачи технолог вспомнил, что искомая ванна есть (среди ресурсов надсистемы), в нее при изготовлении опускают корпус для проверки электроизоляции обмоток. Остается только совместить операции — перед проверкой приваривать статор к корпусу.

Задача 34. При усовершенствовании автоматического электросварочного агрегата возникла необходимость улучшить конструкцию тормоза. Обычно сварочная проволока сматывается с большого барабана под действием протягивающего механизма, находящегося в сварочной головке. Сварка идет быстро, барабан вращается. При прекращении сварки барабан продолжает вращаться по инерции, при этом он мнет и запутывает проволоку. Как быть?

Делались попытки разместить рядом с барабаном электромагнитный тормоз, срабатывающий при прекращении сварочного тока. Однако это оказалось по ряду причин неудобным. Тогда установили постоянно действующий тормоз, все время мешающий вращению. Это исключило аварии, но заставило увеличить мощность протягивающего механизма, следовательно, пришлось увеличить массу, габариты и потребление электроэнергии сварочной головкой.

На шаге 3.2. АРИЗ был сформулирован **усиленный ИКР**:

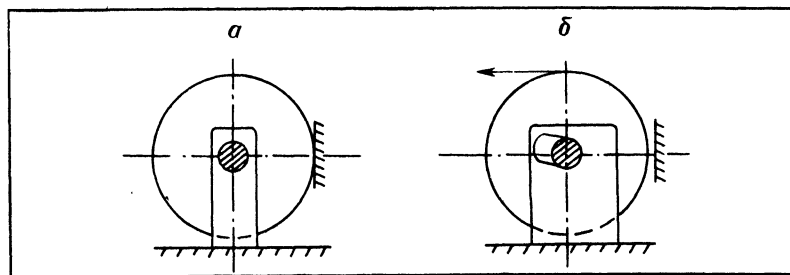


Рис. 27. Катушка сварочного агрегата:
а — до проведения ФСА; б — после ФСА

барабан сам останавливает свое вращение при прекращении сварки, сохраняя возможность вращения без помех, пока идет сварка. **Физическое противоречие** имело вид: поверхность барабана должна прилегать к неподвижным частям для обеспечения торможения и не должна прилегать к ним для обеспечения свободного вращения.

Разрешить такое противоречие можно во времени и пространстве одновременно. В разное время барабан должен занимать разное положение, то есть передвигаться. Для этого можно ввести что-то со стороны, но закон стремления к идеальности требует, чтобы использовались вещества и поля, уже имеющиеся в системе. Среди полевых ресурсов есть усилие протяжки сварочной проволоки и гравитационное (фоновое) поле. Решение оказалось очень простым — ось барабана устанавливается с возможностью перемещения на наклонной плоскости таким образом, чтобы собственный вес барабана прижимал его к тормозным частям, а натянутая проволока отводила от них (рис. 27).

Задача 35. На заводе, выпускающем электрические и телефонные кабели, был проведен ФСА по второстепенной с виду, но на самом деле очень важной проблеме — транспортировке катушек с кабелем. По техническим условиям их можно перевозить, только установив на ребро, но при этом катушка может перекатыться по вагону при движении поезда, что совершенно недопустимо. Поэтому под каждую катушку укладывается полукруглая деревянная подставка, на изготовление которой расходуется немало ценной древесины и человеческого труда. Как избавиться совсем от подставок?

Было сформулировано **физическое противоречие**: катушка должна быть круглой, чтобы ее было удобно использовать,

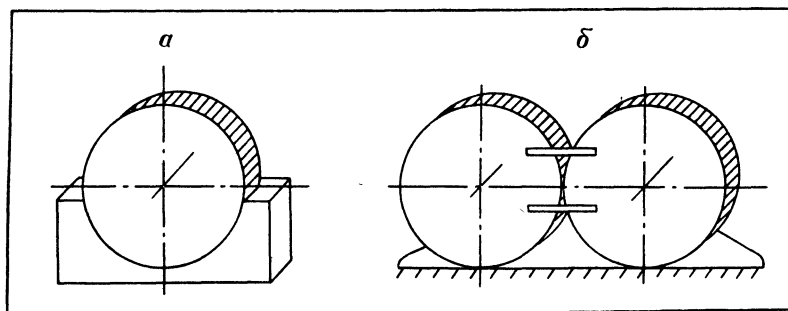


Рис. 28. Транспортировка катушек кабеля:
а — до проведения ФСА, б — после ФСА

и не должна быть круглой, чтобы не перекатываться по вагону. Разрешить такое противоречие удалось с использованием системного перехода (приложение 3, системный переход 1-в), согласно которому для решения необходимо создать из отдельных элементов систему, причем первая часть противоречия разрешается за счет свойств элементов системы, а вторая — за счет нового системного качества, возникающего при их объединении. Следовательно, в вагоне необходимо объединить катушки, например, попарно (рис. 28). Сама катушка круглая, а система — не круглая! Решение крайне простое, но ведь десятилетиями катушки всюду транспортируют только на подставках! Очень часто красивые изобретательские решения оказываются такими простыми, что возникает вопрос — как до этого раньше не подумались?!

Задача 36. При проведении ФСА тиристорных преобразователей анализировали следующую ситуацию. Для контроля усилия прижима к пружине приваривается стальная стрелочка. В процессе эксплуатации тиристора из-за вибрации, создаваемой переменным магнитным полем, стрелочка иногда отваливается, вызывая замыкания в электрических цепях. Были сделаны попытки изготавливать стрелку из немагнитной стали, но это усложняет ее крепление — вместо сварки приходится крепить ее механически, что не очень надежно. Предлагали также покрывать стрелку изоляцией, чтобы она не могла вызвать замыкание, но изоляционное покрытие осложняло сварку. Как быть?

Было сформулировано **физическое противоречие**: стрелочка должна быть, чтобы обеспечить контроль за усилием прижима, и не должна быть, чтобы не усложнять эксплуатацию. По стандарту 4.1.2. было предложено заменить стрелоч-

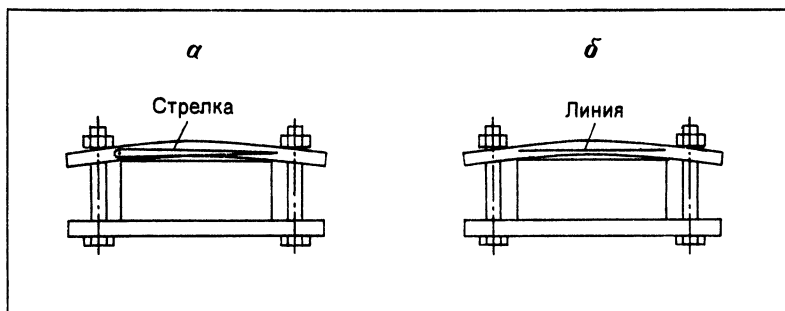


Рис. 29. Крепление тиристоров:
а — до проведения ФСА. б — после ФСА

ку ее оптической копией. Технически это осуществляется так: после изгиба пластины заданным усилием на ее торец наносят краской прямую линию. Теперь при изменении изгиба пластины отклонение сразу будет видно по искажению линии. При необходимости это поможет его исправить. Получилось идеальное решение (рис. 29): стрелки нет, а ее функции выполняются!

Задача 37. При изготовлении электродвигателей пазы статора заполняют компаундом — веществом, которое после соответствующей термообработки затвердевает, крепит и изолирует обмотки статора. Но возникла проблема: компаунд плохо проходил в пазы. Сделать его более жидким было нельзя — он потом плохо затвердевал. Как быть?

Физическое противоречие: компаунд должен быть текучим, чтобы хорошо заполнять пазы, и не должен быть текучим, чтобы хорошо потом затвердевать. Поскольку нельзя использовать чересчур жидкий компаунд, нужно найти способ управления его текучестью. Исходная вепольная модель: V_1 — компаунд, V_2 — стенки паза, P — смачивание, капиллярный эффект. Поскольку поле недостаточное, нужно повысить эффективность веполя. По стандарту 2.1.2. вводим второе поле. Какое? Дальше воспользовались аббревиатурой MaTXЭM.

Механическое поле. Добавить давление, помогающее компаунду проникать в пазы? В принципе можно, но потребуется довольно сложная установка. И потом основная цель — управление текучестью. С этой проблемой прекрасно справляется ультразвук: известен ультразвуковой капиллярный эффект — увеличение в несколько раз способности жидкости проникать в капилляры при воздействии ультразвука. Техническая реализация решения достаточно проста — к существующей пропиточной установке добавляется ультразвуковой излучатель.

Задача 38. При анализе автоматического выключателя было выявлено, что в момент включения подвижный контакт-ролик ударяет с большой силой по неподвижному, из-за чего через некоторое время цилиндрическая поверхность ролика скругляется, ролик становится бочкообразным, а на неподвижном контакте выбивается неровная полукруглая канавка — желоб. При скруглении ролика отслаивается его наружный серебряный контактный слой, на меди появляется выступающий заусенец, ролик становится непригодным для работы. Как быть?

В соответствии с законом согласования-рассогласования форм было предложено сделать ролик заранее округленным, а на неподвижном контакте заранее выполнить желоб, что

позволило увеличить ресурс работы почти вдвое и снизить расходы на изготовление запасных роликов (рис. 30).

У читателя может вызвать недоумение тот факт, что в главе о практическом проведении ФСА рассказывается о применении преимущественно инструментов ТРИЗ и почти не упоминаются другие методы, обычно рекомендуемые для поиска на творческом этапе (за исключением мозгового штурма, употребляемого в качестве метода организации коллективной работы). Это объясняется отсутствием у авторов данной книги и в других публикациях убедительных примеров их эффективности. Исключением из этого списка является, как уже было сказано, метод фокальных объектов, функциональный и поэлементный анализ.

Пример. При проведении занятий по ФСА была начата работа по совершенствованию выпускаемого предприятием товара народного потре-

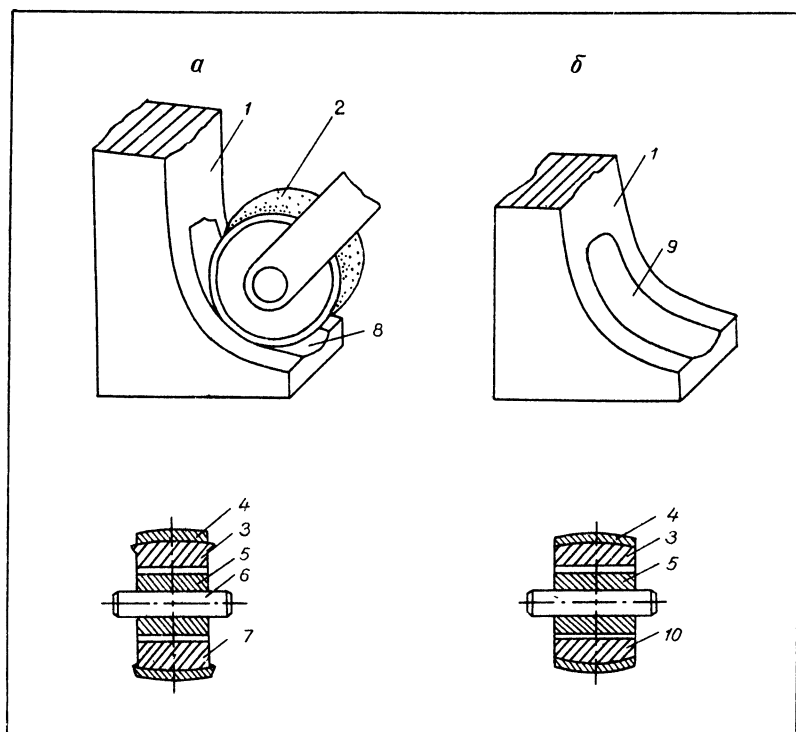


Рис. 30. Контактная группа автоматического выключателя:
 а — до проведения ФСА, б — после проведения ФСА; 1 — неподвижный контакт; 2 — подвижный контакт-ролик, 3 — медный ролик; 4 — серебряный контактный слой; 5 — втулка; 6 — ось, 7 — заусенец, 8 — желоб на неподвижном контакте, возникающий при износе; 9 — специально выполненный желоб, 10 — скругленный ролик

ния — закаточной машинки для консервирования (методом фокальных объектов). Из популярного журнала были выбраны случайные объекты — корабль, золото, велосипед, затем выписаны их признаки:

корабль — морской, большой, парусный...;

золото — пластичное, нержавеющее, самородное, дорогое...;

велосипед — двухколесный, гоночный, с мотором, складной, tandem ...

Далеко не все признаки, прилагаемые к закаточной машине, дали интересные сочетания, но словосочетание «велосипед с мотором» подсказало возможность закаточной машинки с приводом от электромотора, а эта сама по себе малополезная идея подсказала конструкцию с передаточным механизмом. Ранее приходилось вращать всю машинку вокруг банки, теперь вращают лишь небольшую рукоятку, торчащую сбоку, придерживая банку, а машинка сама обкатывается вокруг, закатывая крышку. «Тандем» подсказал конструкцию, позволяющую одновременно закручивать несколько банок. Но самое лучшее решение связано со словом «самородное». По ассоциации возникла идея самозакрывающейся банки. «Самозакрывающаяся банку машинка» — это кольцо, сделанное из металла с «памятью» формы, которое надевается на крышку стерилизуемой банки. После охлаждения его диаметр уменьшается, и оно плотно обжимает крышку.

Функциональный и поэлементный анализ использовались авторами как в классическом виде, так и в рамках функционально-идеального свертывания (в последнем случае работа идет намного эффективнее).

Пример. При проведении ФСА стиральной машины была поставлена задача усовершенствовать узел слива воды из бака (рис. 31, а). Он состоял из 8 деталей: решетки, предотвращающей попадание белья в слив, шланга, крепящегося к патрубку, вваренному в бак контактной сваркой, с помощью хомута со шплинтом. Решетка крепилась к баку с помощью двух опор, приваренных к дну бака, и латунных винтов. Нередко в месте приварки патрубка появлялись течи, давление воды срывало шланг с патрубка при слабой затяжке хомута, а при сильной — хомут повреждал шланг.

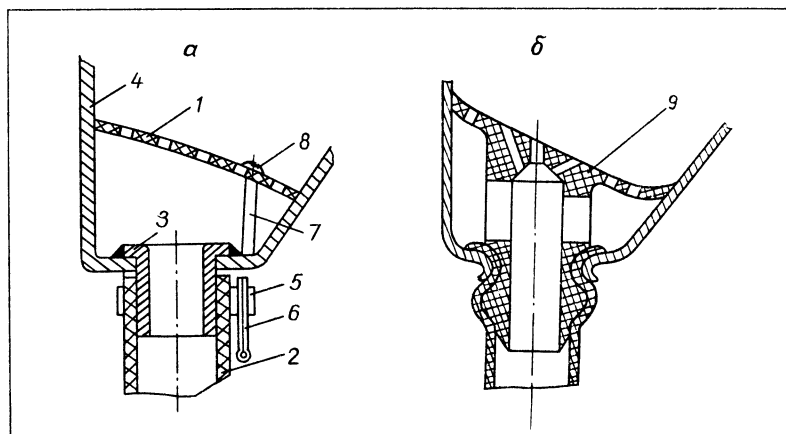


Рис. 31. Узел слива воды из бака стиральной машины:

а — до проведения ФСА, б — после ФСА, 1 — решетка; 2 — шланг; 3 — патрубок; 4 — стенка бака машины; 5 — хомут; 6 — шплинт; 7 — винт, 9 — грибок

Сформулировали основные функции узла: защита от проникновения беля в слив; крепление шланга. Поставил задачу: постараться свернуть весь узел, выполнив его в виде одной детали. Решение (рис. 31, 6): пластмассовый или алюминиевый литой грибок защищает слив и крепит шланг. Такого рода соединения применяются в других отраслях техники и обладают высокой надежностью.

Задача 39. *Криогенные жидкости (жидкий азот или гелий) при перевозке в сосудах Дьюара плещутся, в результате чего увеличивается их испарение. Устранить плескание можно, положив на поверхность жидкости поплавков (так в деревне при переноске ведер с водой на коромысле кладут в ведра фанерные круги). Но у сосуда очень узкая горловина. Тогда решили набросать в сосуд легких пенопластовых шариков. Однако они только ухудшили дело, так как при толчках и вибрациях шарики окунались в жидкость и всплывали смоченными, увеличивая поверхность испарения. Как быть?*

Ясно, что шарики должны держаться как одно целое. Как этого добиться? Исходная вепольная модель: V_1 — один шарик, V_2 — другой. Необходимо поле для их соединения. Стандарты 1.1.2. и 2.4.1 подсказали переход к фепольной системе: в каждый шарик ввести немного ферромагнитного порошка и намагнитить. Теперь благодаря магнитному полю шарики держатся на поверхности сплошной массой. При этом возник новый системный эффект — сверхэффект. Суммарное магнитное поле шариков оказалось довольно сильным и позволило легко измерять уровень криогенной жидкости, что всегда было очень сложно, так как горловина сосуда во время работы закрыта переливным устройством, а измерять количество жидкости через толстую многослойную экранно-вакуумную изоляцию чрезвычайно трудно.

Можно привести еще множество примеров, но и вышеприведенных вполне достаточно, чтобы убедительно доказать высокую эффективность инструментов ТРИЗ и некоторых других поисковых методов как при проведении ФСА, так и при решении отдельных производственных задач.

Внедрение ФСА на предприятии

Сегодня в стране накоплен немалый опыт внедрения ФСА, к сожалению, не всегда положительный. Но даже там, где оно идет успешно (например, в Ленинградском производственном электромашиностроительном объединении «Электросила»), ФСА далеко не реализовал всех своих потенциальных возможностей.

В данной книге речь идет в основном о применении ФСА для решения технических проблем, в то время как ФСА (ком-

плексная система поиска резервов развития) в сочетании с мощным аппаратом ТРИЗ может использоваться для решения любых задач и проблем. Поэтому можно представить себе некую программу-максимум, предусматривающую широкое овладение методологией ФСА всеми сотрудниками предприятия и постоянное ее использование во всех видах деятельности. Для этого на предприятии нужно не просто организовать службу ФСА, а создать объединенный центр, включающий специалистов по ФСА, прогнозистов, промышленных психологов и социологов, используемый в качестве «мозга», готовящий предложения по развитию предприятия, решения наиболее сложных проблем разного характера для руководства. Центр обеспечит периодическое обучение сотрудников разных подразделений, построенное на решении не только учебных, но и в значительной степени практических задач, важных для данного подразделения. Такое постоянное обучение (по типу японских «кружков качества») обеспечит общий высокий уровень работы подразделений, выпускаемой продукции. (Часто полагают, что кружки качества создаются для решения производственных проблем. Японцы же главной целью этих обязательно добровольных кружков считают обучение методам хорошей работы, а получаемые при этом решения — полезным, но не главным результатом [31].)

Начать реализацию такого рода программы-максимум необходимо с программы-минимум — создания и включения в нормальную деятельность предприятия подразделения ФСА. При этом особое значение имеет место службы ФСА в системе этой деятельности.

Известны различные организации службы ФСА, например, при отделе главного технолога или главного конструктора по тому или иному виду выпускаемой продукции. Такой вариант службы ФСА пригоден для сравнительно небольших предприятий с крупносерийным или массовым характером производства и небольшой номенклатурой выпускаемой продукции. Но даже и в этом случае, как показал опыт, возникает опасная тенденция сведения ФСА к чисто техническому его приложению, и игнорированию экономических вопросов, к использованию ФСА в основном для решения только конкретных проблем данной службы, что в конечном итоге снижает полезный эффект ФСА.

Другой вариант — размещение службы ФСА в подчинении главного экономиста, в отделах технико-экономических исследований. При этом тесная связь с экономическими и планирующими службами оказывается полезной, создается возможность постоянного контроля работы по внедрению.

Опыт показал, что существуют свои плюсы и минусы у

каждого из приведенных выше вариантов, и в принципе не очень существенно, в каком именно подразделении создана и кому подчинена административно служба ФСА. Важно только, чтобы функционально она подчинялась руководителю самого высокого уровня — директору или главному инженеру. ФСА — работа комплексная, объединяющая, как было сказано, экономический, организационный и технический подходы, а потому находится на пересечении интересов различных подразделений предприятия. Служба ФСА испытывает сильное давление с их стороны, вплоть до попыток ее «задушить», ограничить доступ к необходимой информации, «оттереть» при внедрении предложений, скрыть или занижить цифры полученного экономического эффекта. Поэтому эффективное функционирование службы ФСА невозможно без постоянной и целенаправленной поддержки высшего руководства предприятия.

Для нормальной работы службы необходимо понимание сути дела и поддержка со стороны научно-технической ответственности предприятия. Поэтому лицо, ответственное за создание службы ФСА, наряду с организационной работой должно вести широкую пропаганду возможностей метода, знакомить с ними руководителей подразделений предприятия, рядовых работников. Для этого можно использовать выступления на деловых совещаниях, лекциях по линии ВОИР, НИО, общества «Знание», занятия групп повышения квалификации, технической и экономической учебы. Особенно полезно совмещать такую лекционно-ознакомительную работу с отбором творческих специалистов в организуемое подразделение ФСА, кандидатов на обучение и работу во временных рабочих группах.

Обучение специалистов предприятия методологии ФСА и ТРИЗ является главным условием успешного внедрения системы ФСА на предприятии, поэтому целесообразно его проводить параллельно с созданием службы ФСА.

На предприятиях со сравнительно малой номенклатурой выпуска возможно проведение ФСА постоянными профессиональными группами, занимающимися совершенствованием одного объекта. Но и на таких предприятиях, как показал опыт, с созданием постоянных групп появляется дублирование функций соответствующих конструкторских бюро, возникают конкуренция и конфликты между КБ и группой ФСА.

На предприятиях с большой номенклатурой удобнее иметь постоянную службу, осуществляющую подготовку к проведению ФСА по конкретным объектам, контроль за внедрением результатов ФСА, решение сравнительно небольших вопросов и проблем по ходу текущей работы предприятия. Анализ

же конкретных объектов лучше проводить силами временных рабочих групп, формируемых заново для каждого объекта под руководством ведущего работника службы ФСА. В анализе, как правило, должен участвовать еще один работник службы ФСА — экономист.

Временные рабочие группы целесообразно использовать для решения крупных проблем, имеющих значение в масштабе всего предприятия. Наряду с этим на предприятии может быть постепенно создана система неосвобожденных инженеров-организаторов ФСА в подразделениях для решения методами ФСА большого количества проблем, носящих локальный (для подразделения) характер, а также каких-то конкретных технических задач той или иной службы. Эти высококвалифицированные творческие специалисты, прошедшие курс обучения методам ФСА, могут составить временную рабочую группу из работников своего подразделения (с привлечением при необходимости работников других служб) и провести решение той или иной задачи.

Полностью развернутая служба ФСА должна выполнять следующие функции на предприятии:

- проводить плановые работы — циклы ФСА по объектам, имеющим важное для предприятия значение;

- участвовать в межотраслевой работе по ФСА совместно с заказчиками, смежниками, поставщиками и т. п.;

- проводить экспресс-ФСА по «горящим» вопросам (по указанию руководства);

- руководить работой по ФСА в подразделениях предприятия;

- проводить обучение методологии ФСА и ТРИЗ на разных уровнях; разрабатывать методические и учебные материалы по ФСА и ТРИЗ;

- проводить прогноз развития выпускаемой продукции и предприятия в целом (при отсутствии специальной службы прогнозирования).

Приведем примерный состав специалистов службы ФСА предприятия среднего размера.

Руководитель службы (инженер-организатор ФСА) принимает участие в выполнении практически всех видов работ, от выбора объекта анализа до определения экономического эффекта от внедрения предложений. Особенно важна его роль при выборе объекта, подборе ВРГ, экспертизе решений, организации учебы, разработке методических рекомендаций и прогнозировании развития техники.

Специалист по методам поиска новых технических решений отвечает за творческий этап ФСА, находит и решает вместе с ВРГ задачи, участвует в экспертизе и внедрении предло-

жений. Проводит обучение ФСА и ТРИЗ, помогает в разработке методических рекомендаций, прогнозировании, выборе объектов анализа, сборе информации и формировании ВРГ. Таких специалистов в группе ФСА желательно иметь несколько.

Специалист по внедрению следит за ходом внедрения предложений, при необходимости совместно со специалистами по поиску проводит микро-ФСА — доработку предложений, помогает в поисковой работе.

Специалист по заимствованию и переносу опыта знакомится с готовыми техническими решениями на других предприятиях и способствует распространению своих предложений как можно шире с целью увеличения экономического эффекта. При необходимости помогает другим специалистам.

Экономист проводит обоснование выбора объекта анализа, обеспечивает экономическую информацию при формулировании проблем и оценке предложений. Рассчитывает ожидаемый экономический эффект по найденным предложениям, определяет фактический эффект от внедрения, отвечает за оформление необходимых документов. Роль экономиста, как уже говорилось, чрезвычайно важна — по конечному эффекту судят о результатах работы.

Патентовед обеспечивает поиск патентной информации по объекту анализа, проводит постоянный отбор патентоспособных решений на творческом этапе, отвечает за оформление заявок на изобретения, заявлений на рационализаторские предложения по найденным ВРГ решениям.

По мере развития службы ФСА в ней должны появляться и другие специалисты — конструкторы, технологи, расчетчики и т. п. Рост службы ФСА происходит за счет привлечения в нее лучших, наиболее высококвалифицированных специалистов, склонных к творческой работе, зарекомендовавших себя участием во временных рабочих группах.

Опыт показывает, что внедрение ФСА на предприятиях нередко наталкивается на серьезное сопротивление, преимущественно со стороны среднего руководящего звена, точнее, худшей его части, боящейся перемен и желающей спокойной жизни. Возникает оно не сразу — вначале ФСА часто не принимают всерьез, считают очередной кампанией. В дальнейшем, после первых успехов, затрагивающих интересы тех или иных служб, это сопротивление появляется и крепнет. В некоторых случаях в этом виноваты специалисты службы ФСА, а порой и руководство предприятия, усиленно подчеркивающие выявленные недостатки основных подразделений. Грамотный подход к внедрению ФСА — постоянное подчеркивание, что ФСА обеспечивает только организационное, методи-

ческое руководство, а основная заслуга — членов ВРГ, то есть работников тех самых служб.

Трудностей во внедрении ФСА хватает. Главная — внедрение ФСА сверху, в приказном порядке, при отсутствии заинтересованности предприятий, любыми способами тормозящих работу. Специалистами по ФСА на одной из конференций был составлен список приемов, которые применялись на разных предприятиях с целью «завалить» ФСА. Большинство из них имеют свои антиприемы. Вместе они образуют пары — две крайности, одинаково губительные для дела. Между ними необходимо пройти, как по лезвию бритвы, — такова диалектика. Интересно, что такая ситуация характерна не только для ФСА, но и для любого нового дела.

Прием 1. Объявить новое дело панацеей, волшебным средством, способным ликвидировать все затруднения, заранее разрекламировать.

Антиприем. Начать новое дело без веры в него, по принуждению, с уверенностью, что это все равно ничего не даст.

Опыт показал, что сверхрекламой занимаются как раз те, кто в дело не верит и преследует одну цель — «завалить» его.

Правильный подход. Начать дело, не давая громких авансов, но твердо верить в его успех и стараться делать как можно больше.

Прием 2. Внедрение нового дела с ходу, без достаточной проработки и подготовки, «на ура».

Пример. После решения о широком распространении ФСА в нашей стране многие министерства превратили внедрение ФСА в кампанию без определенных мероприятий по подготовке специалистов, их обучению, без разработки и издания необходимых методических материалов.

Антиприем. Бесконечная подготовка к внедрению.

Первую ошибку часто совершают начинающие из-за излишнего энтузиазма, вторую — люди уже не раз битые, пуганные. Но и то, и другое может быть сознательной линией поведения, направленной на завал дела. Типичный в этом случае антиприем — выжидание, надежда на то, что о распоряжении сверху забудут, что все само собой умрет (в период застоя так бывало неоднократно).

Правильный подход. Начинать дело, подготовив его в основных моментах (особенно организационную, юридическую часть), но не откладывая до учета всех мелочей — будет упущено время.

Прием 3. Противопоставить новое дело всему старому, разрушить преемственность, противопоставить себя коллективу, работавшему в этой области ранее.

Антиприем. Пытаться внедрить новое дело, ничего не меняя.

Первую ошибку часто совершает новатор, излишне самоуверенный. Вторая очень типична для руководителей разного уровня: когда отсидеться не удастся, начинают имитировать деятельность, выхолащивать суть, меняя лишь бумаги, формы отчетности и т. д.

Правильный подход. Отставив авторские амбиции, отснять старое только при действительной необходимости. Привлекать на свою сторону тех, кто стоял на старых позициях, давать и им почувствовать себя творцами нового.

Прием 4. Потребовать (пообещать) большого эффекта (экономического, технического или любого другого) практически сразу после начала внедрения, не дав делу развернуться.

Пример. Миннефтехиммаш в июле 1983 года выпустил приказ о развертывании ФСА, согласно которому уже в третьем квартале требовалось отчитаться о полученном эффекте от внедрения предложений ФСА. Реальные же сроки — не менее двух лет... Результатом стали приписки. И как ни пытались специалисты доказать в министерстве пагубность этой поспешности для дела, ничего, кроме ухудшения отношений с руководством, не добились.

Другим поводом для приписок и появления липовых отчетов явилось требование проводить ФСА всей новой и аттестуемой на Знак качества продукции; выполнять не менее 10% (в некоторых министерствах до 50%) плана мероприятий по новой технике за счет ФСА. Эти требования, в принципе выполнимые после полного развертывания работ по ФСА (лет через десять после начала внедрения), привели к тому, что появились опять же «липовые» справки о проведении ФСА, а на всех документах, относящихся к планам по новой технике, стали ставить штамп «По результатам ФСА».

Антиприем. Не требовать эффекта вообще, удовлетвориться самим фактом начала работ.

Первая ошибка — чаще всего не результат глупости и некомпетентности (хотя так тоже бывает), а сознательная дискредитация дела. Вторая — следствие приказного характера внедрения. Отчитываются наверх о начале работ и больше делом не интересуются.

Прием 5. Внедрять новое дело на голом энтузиазме, на общественных началах.

Антиприем. Ждать, когда выделяют штаты, финансирование, площади.

Первая ошибка относится к энтузиастам, стремящимся как можно быстрее взяться за дело, доказать его эффективность. Ее охотно используют руководители, не желающие заниматься делом всерьез, потому что работа на общественных началах возможна только в свободное от основной работы время, что малоэффективно.

Правильный подход. Начать дело на общественных началах (как правило, это неизбежно и в некотором роде полезно — пока за работу не платят, сюда не стремятся врачи и жу-

лики), но стремиться перевести его на профессиональные рельсы, включить в систему работ.

Прием 6. Сведение всей работы только к экономической стороне.

Антиприем. Пренебрежение экономикой, упор на голую технику.

Первую ошибку совершают тогда, когда ответственной за внедрение ФСА на предприятии делают экономическую службу. Вторая случается намного реже, в основном из-за неопытности руководителя и экономиста службы ФСА.

Правильный подход. Сочетание экономического и технического подходов.

Прием 7. Попытки сразу браться за глобальные задачи. Пренебрежение более мелкими задачами.

Антиприем. Ограничение работы решением задач первого уровня.

Первая ошибка характерна для энтузиастов, занимающихся творчеством только для своего удовольствия. Вторая – для неподготовленных людей, не уверенных в своих возможностях, опасющихся серьезных проблем.

Правильный подход. Трезвый учет своих возможностей, системный подход к проблемам.

Прием 8. Ограничение работы узкими рамками инструкций, заполнением различных таблиц, форм и т. д.

Антиприем. Полное пренебрежение методиками, ориентация на свободное творчество, талант, озарение и т. д.

Обе ошибки свидетельствуют о слабой методической подготовке.

Правильный подход. Овладение методологией ФСА и ТРИЗ на одном из семинаров, заочное обучение с помощью книг.

Прием 9. Утопление в бумажном море. Попытки выполнять все требования сверху, работать по правилам. У человека не остается времени на настоящую работу.

Антиприем. Полное пренебрежение бумажной работой.

В первом случае от человека нулевая отдача, но он на хорошем счету у начальства. Во втором – его рано или поздно накажут или даже уволят, несмотря на выполнение реальной работы.

Правильный подход. Оформлять с минимальными потерями сил главные бумаги. Если есть возможность, поручить часть бумаг оформлять одному из подчиненных.

Кроме типовых приемов заваливания дела, приведем типичные отговорки, маскирующие нежелание заняться работой по ФСА, неверие:

– Да мы всегда этим ФСА занимались! Мы всегда совер-

шенствовали продукцию! (Свидетельство полного непонимания сути ФСА.)

– ФСА, ТРИЗ – это, конечно, здорово, но это роскошь, пусть этим занимаются в НИИ, а на производстве штурмовщина, некогда план выполнять (полное непонимание, что ФСА и ТРИЗ нужны в первую очередь тем, кому трудно).

– Сначала докажите, что это реально, тогда и создадим службу. – Энтузиасты часто соглашались, предельным напряжением сил добиваются успехов, а им потом заявляют: «Ну и прекрасно, так и продолжайте, зачем вам штаты, деньги...»

– На других заводах, может быть, и работает, но у нас особые условия... (непонимание общих закономерностей развития).

– Для такой работы нужны специалисты особенные, у нас таких нет (типичное проявление принципа «пророка нет в собственном отечестве», тогда как за ФСА может взяться любой неравнодушный трудолюбивый человек, прошедший соответствующее обучение).

Прогнозирование развития технических систем

Традиционные методы. Важнейшим направлением работ по совершенствованию техники является прогнозирование ее развития, позволяющее сформулировать цели, рационально определить параметры будущих изделий, спланировать работу по их достижению. Имея достоверный прогноз, предприятие получает возможность обоснованно и эффективно оперировать капиталовложениями, формировать перспективные планы производства, подготавливать задания на разработку необходимых материалов, оборудования и т. д., снизив тем самым время технологической подготовки производства и степень риска по освоению новой техники.

Прогнозирование может быть частью работ по ФСА, например, с его помощью можно выявлять задачи по улучшению системы, сравнивать альтернативные решения конструкций и технологий, предусматривать возможные ошибки, опасности и недостатки. Прогноз позволяет выявить возможности развития технической системы в рамках существующей конструктивной концепции, определять, какая система должна прийти на смену существующей. Таким образом, владение прогнозной методикой сегодня необходимо практически каждому разработчику, конструктору, технологу, ибо, не умея заглянуть на несколько шагов вперед, нельзя выполнить с высоким качеством никакую работу, тем более творческую.

Сегодня прогностика превратилась в развитую отрасль науки, известно свыше 100 различных методов прогнозирования, которые можно разделить на две основные группы: нормативные и исследовательские (изыскательские).

Нормативное прогнозирование по сути является не столько прогнозированием, сколько планированием. Например, задавшись какой-то целью (полет на Марс к 2015 году), составляют подробнейшие списки, таблицы, сетевые графики, отражающие, что именно и в какой последовательности необходимо сделать для осуществления проекта. К нормативным методам относится получившая широкую известность на западе в 60—70-х годах система ПАТТЕРН (обоснование планирования посредством научно-технической оценки количественных данных) и другие методы построения так называемого дерева целей (Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса. Пер. с англ. М.: Прогресс, 1974).

Методы *исследовательского прогнозирования*, в свою очередь, можно разделить на три вида: экспертное прогнозирование, прогнозирование по аналогии и экстраполяция тенденций развития.

Экспертное прогнозирование относится к самым старым методам и основано на суммировании мнений компетентных в данной области специалистов (экспертов). Эксперт прогнозирует, опираясь на свое интуитивное представление о путях развития, естественно, что при этом главным недостатком является субъективизм. Разработаны некоторые процедуры по снижению его влияния, в первую очередь это коллективная работа экспертов. Так, очень популярный на западе метод «Делфи» (название произошло от знаменитого в древности Дельфийского оракула) основан на трех принципах:

а) анонимность — участники прогноза не знают друг друга, что уменьшает опасность давления авторитетов, личных симпатий и антипатий;

б) многоцикловость — после изучения ответов экспертов на вопросы прогнозной анкеты последние корректируются и задаются повторно; специалисты, давшие оценки, резко отличавшиеся от других, разъясняют свою точку зрения;

в) статистическая обработка данных группового опроса (наиболее вероятным считается мнение, получившее поддержку наибольшего числа специалистов).

Практический опыт применения метода «Делфи» и ему подобных показывает, что в результате отбрасывания крайних высказываний (а среди них могут оказаться как неверные, так и оригинальные идеи) неизбежно побеждает усредненная, банальная точка зрения, в то время как мнение одного эксперта, обладающего широкой эрудицией и низкой психологиче-

ской инерцией, порой даже не являющегося специалистом в данной области, часто оказывается верным. Именно поэтому так велик процент правильных прогнозов Жюль Верна, Герберта Уэллса, Александра Беляева и других фантастов.

Прогнозирование по аналогии основано на издавна подмеченном сходстве в развитии самых разных систем, живых, технических, научных. Например, были попытки при прогнозировании развития космического транспорта брать за базу развитие железнодорожного транспорта в прошлом веке. В некоторых методиках предлагается использовать аналогии в развитии технической системы со стадиями человеческой жизни (поиск, рождение, внедрение и забвение изобретательской идеи и рождение, зрелость, смерть человека); в распространении технологических нововведений и роста колоний бактерий и т. п. Успешность такого прогноза целиком определяется удачным выбором аналога, но рекомендации по выбору отсутствуют...

Экстраполяция тенденций развития — метод, основанный на предположении, что тенденция развития, отчетливо проявившаяся в предпрогнозный период, сохранится и в будущем. К сожалению, нередко случаи, когда подобные ожидания не оправдываются: прогноз либо отстает от действительности, либо забегает далеко вперед. С позиций знания законов развития технических систем очевидно, что прогноз может давать верные результаты лишь на небольшие интервалы времени, в пределах прямолинейных участков S-образной кривой развития. Он не учитывает переломных моментов в развитии любой технической системы. Например, на основании тенденции, выявленной на первом этапе развития системы, делают вывод о том, что темпы развития будут невысокими. А система в это время проходит первую точку перегиба и ее развитие резко ускоряется вопреки прогнозу. Соответственно, если тенденция определяется по второму этапу развития, прогноз нацеливает на продолжение бурного развития, а система резко замедляется в развитии в связи с переходом на третий, стабильный этап. Таким образом, в первом случае темпы развития в прогнозе занижены, во втором — завышены.

Тем не менее в пределах отдельных этапов развития метод действует неплохо. Он легко поддается математической обработке и оснащен математикой, которая хорошо работает на этапах количественного роста параметров, но не учитывает качественных скачков. Несмотря на это, ведется множество работ по усовершенствованию прогноза путем применения различных математико-статистических ухищрений, улучшения способов экстраполяции. Но в основу прогноза часто закладываются довольно грубые, порой малодостоверные, дан-

ные, поэтому естественно, что совершенствование методов обработки не дает эффекта. Например, в качестве способа выявления тенденций используется исследование патентных материалов (изучается количество патентов по направлениям, динамика патентования и т. д.). При этом в традиционном прогнозировании нет методов защиты от случайных патентных документов и патентной дезинформации, к которой нередко прибегают некоторые компании в условиях конкуренции. Кроме того, обычно при проведении прогноза по патентным материалам поиск информации осуществляется на глубину 10—15 лет независимо от вида прогнозируемой техники, в то время как скорость развития разных систем различна. Например, за указанный срок в микроэлектронике сменяется 2—3 поколения объектов, поэтому здесь он вполне представлятелен, чего нельзя сказать о металлургии, где за 10 лет невозможно выявить долговременные тенденции развития.

На достоверность прогноза методом экстраполяций также большое влияние оказывают тенденции, считающиеся модными, широко обсуждающиеся в научно-технической и популярной литературе. Довольно часто такие модные тенденции возникают в результате сознательной дезинформации, преследующей цель «заманить» конкурента на «тупиковую» ветвь, заставить нести бесполезные расходы. К таким экономическим «диверсиям» смело можно отнести еще недавно широко пропагандируемую всеобщую роботизацию. Обладая большими достоинствами в отдельных узких областях техники, как массовое явление они приносят больше вреда, чем пользы.

Еще одной типичной ошибкой прогноза является поиск возможностей совершенствования системы в том направлении, которое кажется очевидным (например, укоренилось представление, что для придания системе новых функций ее непременно нужно усложнить), а не в том, которое вытекает из законов развития техники. В результате вроде бы успешная работа не дает результатов, поскольку совершенствуется не то, что нужно, а то, что понятно как делать.

Попыткой борьбы с такой опасностью является установка прогнозистов на то, что прогноз должен лишь указывать, как изменятся те или иные характеристики системы, но не обязан объяснять, каким образом это будет достигнуто. Приведем типичное высказывание профессионала, американского прогнозиста Дж. Мартино: «Прогноз ничего не говорит о том, как эти показатели будут достигнуты... прогнозисту не нужно самому изобретать машину... появление которой он заранее предсказал. Прогноз может даже предусматривать достиже-

ние таких технических характеристик, которые выходят за пределы возможностей технических устройств... Прогнозисту не нужно указывать, каким образом эти пределы будут преодолены» [20]. Такая позиция, обладая определенными достоинствами, имеет и очевидные недостатки.

Общей причиной недостатков традиционных методов прогноза является их база — метод проб и ошибок. В этих условиях позиция Мартино и его коллег вполне понятна — другой просто не может быть, прогнозист не может стать изобретателем. А ущерб от несовершенной технологии МПИО в прогнозировании существенно выше, чем при решении конкретных изобретательских задач, потому что решения по результатам прогноза часто принимаются глобальные, а возможность проверки их правильности отодвигается в будущее, в особенности при дальних прогнозах.

Прогнозирование на базе ТРИЗ. Основные положения. Поскольку развитие технических систем осуществляется по объективным законам развития техники, логично использовать выявленные законы для прогнозирования развития. При этом такой прогноз должен дать не только характеристику будущей технической системы, но и указать пути ее развития, конкретные конструктивные решения, за исключением случаев, когда существующий уровень науки и техники не позволяет это сделать из-за отсутствия материалов, технологий, энергетических ресурсов, необходимых знаний.

Таким образом, прогноз на базе ТРИЗ включает постановку задач развития техники, и, как правило, решение этих задач.

Порядок прогноза приведен в приложении 13 и включает следующие этапы: предварительный прогноз (экспресс-прогноз); подготовку к углубленному прогнозу; прогноз по законам развития технических систем; завершение прогноза (суммарный прогноз).

Этапы включают шаги, последовательность расположения которых не является строго заданной. Более того, в случае отсутствия необходимости получения полного прогноза отдельные шаги могут быть опущены.

Центральной частью прогноза является третий этап, включающий анализ линий развития по каждому закону.

Полномасштабный прогноз по ТРИЗ требует длительной профессиональной работы, как правило, с привлечением, начиная со второго этапа, специалистов высокой квалификации в режиме работы ВРГ. Прогноз может быть частью работы по ФСА. В этом случае выстраивается единая цепь: прогнозирование—выявление задач и проблем—их решение—проверка решений—исследовательская, конструктор-

ская, технологическая проработка—внедрение. Суммарные затраты на проведение такого прогноза довольно велики, но окупаются многократно за счет экономии сил и времени, которые часто затрачиваются на работу в неперспективном направлении, а также за счет резкого повышения качества создаваемой техники.

В тех случаях, когда требуется быстро, с минимальными затратами определить главное направление развития системы, может быть рекомендован прогнозный экспресс-анализ по основным общим линиям развития. Для повышения достоверности такого экспресс-прогноза необходима высокая квалификация прогнозиста в области законов развития техники и других разделов ТРИЗ. Экспресс-прогноз полезен и как подготовительный этап при полномасштабном прогнозировании, позволяющий прогнозисту не подпасть под действие сложившихся у специалистов стереотипов, шаблонных установок, что может произойти в результате глубокого ознакомления с объектом прогноза по литературе, другим информационным материалам.

Психологическая инерция специалистов – тормоз в работе по прогнозированию. Чем радикальнее изменения, на которые выводит прогноз, тем сильнее возражения, неприятие. Поэтому ведущий прогноз специалист по ТРИЗ должен использовать известные в ТРИЗ приемы борьбы с психологической инерцией: запрещать использование терминологии, использовать метод ММЧ, приемы генерации фантастических идей, оператор числовой оси и т. д., что лучше всего делать в виде разминки перед началом работы.

Объект прогнозирования — базовая техническая система (БТС), как правило, прогнозисту задается. При этом следует учитывать, что чем более дальний прогноз требуется получить, тем выше должен быть уровень базовой системы. Например, при прогнозировании развития строительной сваи для дальнего прогноза необходимо учесть развитие всего фундамента, всего строения, застройки в целом для выяснения, какие сваи могут в этом случае понадобиться.

При проведении прогноза необходимо учитывать, что законы образуют единую систему со сложными внутренними связями, с большим количеством иерархических уровней – от общих законов диалектики до узких (локальных) закономерностей развития конкретного класса технических систем, конкретного производства. Прогнозные предсказания, полученные по одной линии, могут частично совпадать с предсказаниями по другим линиям. Это не означает, что производится лишняя работа – наоборот, появляется некоторый «запас прочности» прогноза. Бывает и другое – предска-

ния по разным линиям приходят в противоречие друг с другом. В этом случае перед прогнозистом возникает необходимость разрешения противоречия — типичная изобретательская задача, решение которой возможно с помощью инструментов ТРИЗ.

При проведении прогноза также необходимо учитывать появление сверхэффектов от новых идей и предложений, новых ресурсов. Сверхэффекты необходимо использовать для дальнейшего развития системы.

Сделав шаг по сравнению с классическим прогнозом, — давая ответ на вопрос, как именно будет изменена система, — прогноз по ТРИЗ не всегда может ответить на другой вопрос: как может быть использовано это закономерное изменение, для чего оно может понадобиться? Складывается необычная ситуация: прогнозист утверждает, что данная система должна стать динамичной, например, путем введения шарнира (может быть, нескольких); что система перейдет к использованию магнитных полей; но для чего нужна такая новая система — не знает. Иногда даже специалисты не сразу понимают, какое новое преимущество получит новая система, как именно они смогут использовать предсказанное прогнозом изменение. Таким образом, в результате прогноза могут возникнуть и исследовательские задачи: как определить, для чего повышать динамичность системы, что это даст, как изменятся ее главные и второстепенные функции, свойства, что появится положительного и отрицательного.

Прогнозирование с помощью ТРИЗ — неразрывное, органическое соединение шагов по формулированию и решению задач. Каждый шаг и этап анализа завершается выявлением противоречий, задач. Теоретически именно это является главным в проведении прогноза, а решение полученных задач может быть оставлено на более поздний этап. На практике первые попытки прикинуть возможное решение всегда делаются тут же. Это полезно при условии, что времени тратится немного. Если же удовлетворительное решение быстро получить не удастся, то целесообразнее его отложить и продолжать работу по прогнозированию.

Прогнозирование по шагам, как правило, носит итеративный характер, после прохода по очередной линии часто возникает необходимость вернуться к предыдущей, либо пополнить информацию о БТС. Завершается прогноз выявлением противоречий между прогнозными предсказаниями и построением минимально противоречивой общей картины прогноза либо серии картин — альтернативных прогнозных сценариев.

Первые примеры практического прогнозирования раз-

вития конкретных технических систем на базе отдельных законов развития техники описаны в работе [7] (с. 80—84). В качестве инструмента прогноза (развития полученных решений) использовались и стандарты на решение изобретательских задач (классы 2, 3). В этих случаях речь фактически шла о замене существующей технической системы, практически исчерпавшей возможности развития в рамках старой конструктивной концепции на принципиально новую, выполняющую те же функции. Первая попытка дальнего прогноза с помощью сочетаний разных законов развития техники была предпринята в начале 80-х годов во время учебного семинара по ТРИЗ. Предстояло определить перспективы развития лесной промышленности.

Прогноз, проведенный специалистами традиционными методами, дал следующие данные: мощность применяемых в отрасли машин должна возрасти, увеличатся площади вырубки и т. д. Фактически это было продолжением сегодняшних тенденций без ожидаемых в будущем качественных изменений.

Анализ развития по закону повышения степени идеальности показал, что одно из направлений развития — повышение интенсивности съема древесины с единицы площади, причем с включением в использование древесины, идущей сегодня в отходы (пни, кора, срезанные ветки). Закон согласования-рассогласования выявил, что основная трудность лесной промышленности связана с несогласованием скорости роста деревьев и темпов вырубки. Кроме того, необходимо было учесть и тенденцию перехода технических систем на микроуровень. В результате суммирования предсказаний, вытекающих из законов развития техники, получилась следующая картина. На специальных плантациях выращивают быстрорастущий кустарник, который периодически срезается полностью или частично. Срезанная масса перемалывается в мелкие опилки, из которых с добавкой специальных смол можно прессовать деревянные изделия любых форм непосредственно в процессе «уборки» древесины. Для реализации прогноза необходимо решить ряд организационных, технических и, пожалуй, селекционных задач. Нужно вывести соответствующие породы быстрорастущего кустарника с тонкой корой, не влияющей на качество древесины, разработать смолы для прессования деталей. Идеальнее, если необходимую смолу с возможностью полимеризации будет поставлять сам кустарник. Возникает также задача по выработке программы перевода лесной промышленности на земледельческий способ производства, разработке необходимых машин...

Нарисованная картина вызвала дружные возражения специалистов. Однако проведенный впоследствии поиск по научно-технической и патентной литературе показал, что многие компоненты предсказанного «лесокустового» способа уже существуют, но по отдельности. Так, налажено производство древесно-стружечных плит; в Финляндии выращивают кустарник, из опилок которого прессуют топливные брикеты в форме поленьев; существуют пальметтные сады — низкорослые деревья с огромной кроной, закрепленной на натянутой поверх деревьев проволоке; заложены экспериментальные сады, в которых для облегчения сбора урожая срезается часть кроны вместе с плодами. Известны и растения (гевея, кок-сагыз), сок которых способен полимеризоваться. Фактически не хватает только одного — серьезной работы по созданию новой отрасли производства.

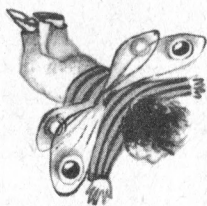
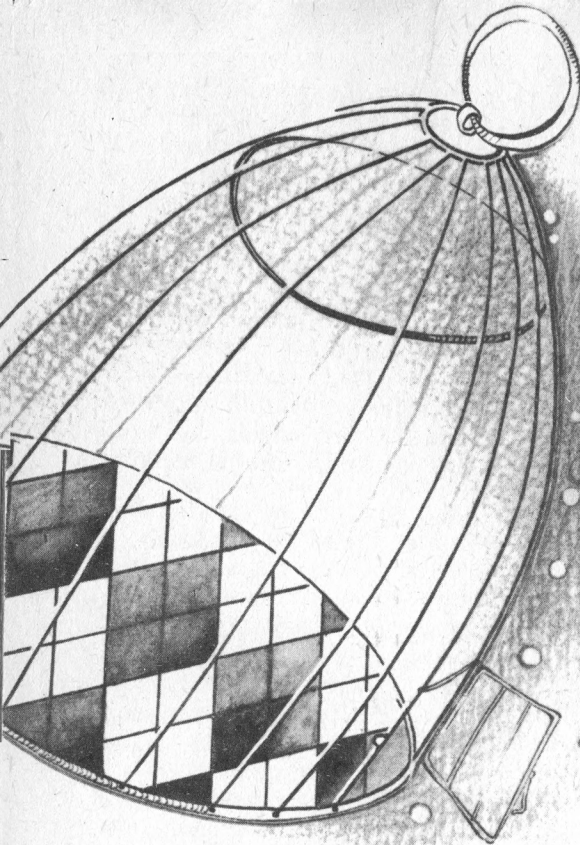
Достаточно объемный прогноз был проведен и по конструкции погружных скважинных центробежных электронасосов. Он включал проведение в полном объеме прогноза по методу «Делфи» и математической экстраполяции тенденций, а также использование элементов прогнозирования по законам развития. При этом подтвердилась слабость традиционных методов, а с помощью ТРИЗ удалось выявить ряд новых интересных направлений развития насосов.

Интересно отметить, что несколько хороших, перспективных с точки зрения законов развития идей было выдвинуто и на первой стадии экспертного прогноза. Авторами их были, как правило, люди, не являющиеся специалистами в той узкой области, к которой данная идея относится, хотя и технически грамотные, компетентные. Так, интересные идеи по гидродинамике высказал специалист по подшипникам, а по подшипникам — электротехник. Однако по мере уточнения прогноза, проведения следующих циклов по методу «Делфи» все оригинальные решения оказались отброшенными, а утвердились большинством голосов банальные решения, направленные в основном на количественный рост существующих конструкций. Удивительного в этом ничего нет — в науке вопросы не решаются большинством голосов.

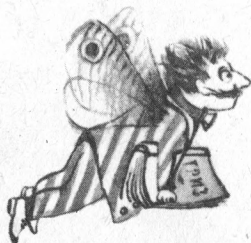
По мере отработки законов развития техники увеличилась доля работ, в которых прогнозировалось развитие тех или иных технических систем: центрифуг, оборудования для осушки и подготовки природного газа, пайки и контроля печатных плат, гибких производственных систем, производства комбайнов, совершенствования узлов трения, скольжения и других. Таким образом, были опробованы отдельные компоненты предлагаемой методики прогнозирования.

Традиционный прогноз дает предсказания типа: «В 2010 году у этой машины коэффициент полезного действия достигнет 97,5%...» Результат прогноза по ТРИЗ выглядит совершенно иначе: «Данная система недостаточно динамична; динамичность должна повыситься в результате разрешения такого-то противоречия с помощью такого-то приема; благодаря этому коэффициент полезного действия достигнет...»

Необходимо также отметить, что прогноз по ТРИЗ может сделать недостоверным прогноз традиционный, потому что благодаря ему теперь все зависит от того, насколько оперативно начнется претворение в жизнь рекомендаций прогноза: если за дело взяться сразу, то результат может быть получен, допустим, через 3 года (а не через 15, как предсказывал традиционный прогноз).



4.



От технологии к...

История ТРИЗ

Работа над методологией изобретательства была начата Г. С. Альтшуллером в 1946 году (название «ТРИЗ» появилось позже, в 70-х годах). В 1956 году вышла первая публикация, излагающая основные идеи новой науки [2]. С конца 50-х годов стали издаваться книги по ТРИЗ [3-9, 19, 22-26].

В 1959 году был опубликован один из первых вариантов АРИЗ (он получил название АРИЗ-59), который в дальнейшем постоянно совершенствовался (модификации: АРИЗ-61,-64,-65,-68,-71,-77,-82,-85).

В настоящее время используется модификация АРИЗ-85В. При разработке последних модификаций алгоритма (АРИЗ-82 и АРИЗ-85) учтены замечания и рекомендации большой группы специалистов по ТРИЗ: М. К. Бдуленко, И. Б. Бухмана, И. М. Верткина, Г. Г. Головченко, Ю. В. Горина, В. М. Жабина, Б. Л. Злотина, Э. С. Злотиной, Г. И. Иванова, И. В. Иловайского, Э. Л. Кагана, И. М. Кондракова, В. Ф. Канера, Н. П. Линьковой, С. С. Литвина, В. В. Митрофанова, В. А. Михайлова, В. Н. Некрылова, В. М. Петрова, И. П. Рябкина, Ю. П. Саламатова, А. Б. Селюцкого, А. А. Тимошука, В. Р. Фея, С. Н. Щербакова, В. Э. Штейнберга.

В 1961 году экспертный совет Комитета по делам изобретений рассмотрел и одобрил работу по методологии изобретательства. В 1968 году после многолетних обращений Г. С. Альтшуллера в Центральный совет Всесоюзного общества изобретателей и рационализаторов (ЦС ВОИР) было организовано трехдневное совещание по вопросам разработки и пропаганды методов технического творчества. В соответствии с решением этого совещания в конце 1968 года в Дзинтари был проведен первый всесоюзный семинар по обучению методам технического творчества, неделя которого была отведена на изучение АРИЗ. Ряд специалистов, участвовавших в этом семинаре, впоследствии начали обучать АРИЗ в своих городах.

В конце 1969 года ЦС ВОИР, рассмотрев результаты годичной работы по обучению творчеству, организовал Общественную лабораторию методологии изобретательства (ОЛМИ) под руководством Г. С. Альтшуллера. В 1970 году в Баку был создан первый в стране Азербайджанский общественный институт изобретательского творчества

(АзОИИТ). В течение нескольких лет в нем изучали АРИЗ самые разные слушатели — от школьников до кандидатов наук. В 1972 году школы ТРИЗ появились в Днепропетровске, Горьком, Курске, Волгограде, некоторых других городах. В 1974 году в Баку приехала для изучения АРИЗ группа преподавателей института повышения квалификации руководящих кадров при Совете Министров ПНР. В Горьком было проведено областное совещание по ТРИЗ, фактически (по представительству) превратившееся во всесоюзное.

Обучение ТРИЗ успешно развивалось во многих городах, что постепенно стало вызывать недовольство тогдашнего руководства ЦС ВОИР, которому нужны были одна-две «ручные» школы методологии изобретательства для украшения отчетности, но не хотелось хлопот и сложностей, которых требовало массовое изобретательское движение, образовавшееся вокруг ТРИЗ. В октябре 1974 года в Москве на ВДНХ была проведена научно-практическая конференция «Эвристика», организованная ЦС ВОИР. В рекомендациях конференции работа ОЛМИ получила высокую оценку, но, несмотря на это, на следующий день по решению ЦС ВОИР ОЛМИ была закрыта. Вместо нее была создана комиссия «Эвристика», в которую были включены сотни людей, большинство из которых не имели никакого отношения к разработке методики изобретательства. Таким образом, работу попытались прекратить классическим способом — организацией неработоспособной комиссии (которая так ни разу и не собралась в полном составе). Впрочем, полностью закрыть работу не удалось, несмотря на то, что группе преподавателей во главе с Г. С. Альтшуллером пришлось уйти из АзОИИТ.

Школы ТРИЗ, руководимые не чиновниками, а энтузиастами новой науки, действовавшими обычно на общественных началах, в большинстве городов продолжали работать вопреки решению ЦС ВОИР. Более того, в ряде мест руководители областных, городских, районных организаций ВОИР, убедившись на практике в эффективности ТРИЗ, продолжали ее активно поддерживать. Темпы появления новых школ возрастали. Большую роль в этом сыграли выходившие книги и журнал ВСНТО СССР «Техника и наука», который в период с 1979 по 1984 год почти в каждом номере публиковал материалы по ТРИЗ. В 70—80-е годы были проведены учебные семинары по ТРИЗ в крупнейших городах СССР: Москве, Ленинграде, Свердловске, Новосибирске, Днепропетровске, Уфе, Ярославле, Куйбышеве, Ростове-на-Дону, Кишиневе, Норильске, Владивостоке, Пензе, Симферополе и др., а также в молдавских районных

центрах Бельцы и Кагул. Семинары стали популярными, на многие из них, организованные при институтах повышения квалификации, Домах техники и научно-технической пропаганды, НТО и ВОИР, собирались слушатели (по 50 и более человек) из разных городов страны. Возвращаясь домой, многие из них организовывали школы ТРИЗ в своих городах, на предприятиях.

Систематическое проведение семинаров резко ускорило темпы разработки ТРИЗ, так как появилась возможность быстро и в широких масштабах проводить проверку методических материалов, которые непрерывно совершенствовались. Ускорились и подготовка преподавателей ТРИЗ, которые за несколько лет проходили уже налаженный путь: слушатель, преподаватель-стажёр, преподаватель. Многие из них включились и в исследовательскую работу по ТРИЗ. Так создавались кадры специалистов по ТРИЗ.

С 1980 года стали регулярно проводиться конференции преподавателей и разработчиков ТРИЗ (1980, 1982, 1985, 1987, 1989 гг. — Петрозаводск, 1984 г. — Новосибирск, 1988 г. — Миасс). Каждая конференция давала новый всплеск интересных работ, появились новые школы. В настоящее время обучение и работа по ТРИЗ ведется более чем в 200 городах нашей страны, наиболее крупные школы действуют в Ленинграде, Днепропетровске, Кишиневе, Новосибирске, Петрозаводске, Минске, Владивостоке, Ангарске, Риге, Челябинске и других городах. С недавнего времени начал работать государственный центр обучения ТРИЗ в Болгарии. Работает постоянная школа изобретателя и в ГДР.

Книги по ТРИЗ широко переводятся за рубежом: в Болгарии, ПНР, ГДР, Вьетнаме, США, Англии, Франции, Швейцарии, ФРГ, Финляндии. По сообщению английского журнала «Технология» (1988 г., апрель) в аэрокосмической промышленности США работает 80 групп специалистов, активно использующих ТРИЗ.

Наряду с постоянным расширением географии ТРИЗ с 70-х годов идет процесс вовлечения в обучение новых контингентов слушателей. Занятия в экспериментальном порядке стали проводиться с рабочими, врачами, журналистами, социологами, учителями, биологами и т. д. Они показали, что овладение ТРИЗ вполне доступно и полезно нетехнической аудитории.

Одним из самых перспективных направлений в обучении оказалась работа с детьми разных возрастов. Она началась на страницах газеты «Пионерская правда» в рубрике «Изобретать — это так сложно, изобретать — это так просто!», которую ведет Г. Альтов (Г. Альтов — литературный псев-

доним Г. С. Альтшуллера, с 1988 г. в рубрике принимает участие И. М. Верткин), и сегодня проводится в Ленинграде, Кишиневе, Риге, Новосибирске, Ангарске, Челябинске, Свердловске, Воркуте, Симферополе, Норильске, Минске, Семипалатинске, Петрозаводске и других городах. В Кишиневе с 1985 года обучаются первоклассники, а в Норильске, Риге, Симферополе работают с дошкольниками в детских садах.

Развитие и внедрение ТРИЗ резко интенсифицировалось с началом перестройки в нашей стране. Практически сразу после апрельского (1985 г.) Пленума ЦК КПСС возрос поток приглашений и просьб о проведении семинаров в разных городах, писем от тех, кто хочет попасть на обучение. Появилось и с каждым годом растет количество специалистов, получивших возможность работать в ТРИЗ профессионально – в хозрасчетных школах при центрах НТТМ, фондах молодежной инициативы, кооперативных школах по обучению и применению ТРИЗ. С 1986 года в Кишиневе создан межотраслевой научно-технический центр «Прогресс», организующий по договорам с предприятиями семинары, а также решение актуальных для производства проблем и задач, прогнозирование на базе ТРИЗ, проведение ФСА и т. п. На основе трудовых соглашений создаются временные творческие группы, в которые, помимо работников МНТЦ «Прогресс», включаются специалисты предприятий-заказчиков. Нахождением идей и решений работа МНТЦ не ограничивается, при необходимости центр оказывает помощь или полностью принимает на себя патентование идей, разработку технической документации, изготовление опытных образцов и т. д.

Как уже неоднократно говорилось, ТРИЗ создавалась на базе технических информационно-патентных фондов как преимущественно инженерная наука. Но по мере ее развития становилось ясно, что закономерности развития и инструменты поиска новых решений, хорошо зарекомендовавшие себя в технике, могут оказаться полезными для поиска нового и в других областях, в том числе и нетехнических, таких как социология, педагогика, искусство и т. д. И хотя широкое распространение методологии ТРИЗ в новые области – дело будущего, тем не менее уже сегодня можно рассказать о некоторых направлениях этого процесса.

Общие закономерности развития

Идея постоянного развития, а также существования объективных закономерностей этого процесса входила в жизнь человечества в борьбе с религиозными догматами,

утверждавшими незыблемость созданного однажды мира. Эволюционные гипотезы появлялись сначала в отдельных науках: космогоническая гипотеза Канта– Лапласа в астрономии, учение о непрерывных изменениях земной поверхности в геологии Лайеля, эволюционная теория в биологии Дарвина. Осмыслив эти теории с философских позиций, Гегель заложил основы диалектики – науки о всеобщем развитии. Маркс и Энгельс, а затем Ленин наполнили ее материалистическим содержанием, превратив в мощный инструмент анализа и обобщений. Материалистическая диалектика утверждает, что любая сторона человеческой деятельности, любой элемент окружающей нас действительности развивается по определенным законам, вытекающим из общих законов диалектики, которые могут быть выявлены и целенаправленно использованы человечеством сегодня или завтра. Первый опыт такой работы принадлежит Марксу и Энгельсу, выявившим законы развития человеческого общества.

Работа по выявлению конкретных закономерностей развития отдельных областей человеческой деятельности или окружающей действительности продолжается и сегодня. Эволюционные идеи широко внедряются в физику – в работах И. Пригожина и его школы по созданию неравновесной термодинамики и на ее базе новой науки – синергетики, изучающей эволюции структур (Пригожин И. От существующего к возникающему. Пер. с англ. М.: Наука, 1985). Вводится эволюционный подход в искусствоведении (Виппер Б. Р. Введение в историческое изучение искусства. М.: Изобразительное искусство, 1985), науковедении (Лакатос И. История науки и ее рациональные реконструкции. В сб.: Структура и развитие науки. М., 1978), психологии (Выготский Л. С. История развития высших психических функций. Собрание сочинений, т. 3. М.: Педагогика, 1983) и т. п. Фактически ТРИЗ является теорией и практикой приложения эволюционных идей в области техники

Эволюционный подход сегодня становится определяющим в любой науке, превращается в единый язык, связующее звено, обеспечивающее единство науки при нарастающей тенденции к специализации и дифференциации.

Известны два основных дополняющих друг друга принципа изучения эволюционных процессов: актуализм (современность – ключ к познанию прошлого) и историзм (прошлое – ключ к познанию настоящего). Законы развития выявляются путем изучения соответствующего информационного фонда с учетом требований, изложенных ранее. Сегодня можно говорить еще об одном пути поиска закономерностей, основанном на близости законов развития в разных

областях, вытекающем из единства картин развития мира, общедиалектических положений. Так, А. М. Уголев (Естественные технологии биологических систем. Л.: Наука, 1987, с. 251) пишет: «Принцип универсальности гласит, что основные закономерности строения биологических систем всеобщы... Принцип универсальности имеет существенное гносеологическое значение, так как заставляет частную закономерность рассматривать как потенциально всеобщую и искать границы ее применения».

Необходимо отметить, что неоднократные попытки прямого переноса биологических закономерностей в другие области (социал-дарвинизм, «технический» дарвинизм и т. п.) оказывались неудачными. Причина неудач – в трудностях, возникающих при сопоставлении разных наук, выявлении глубоких скрытых аналогий, преодолении терминологических сложностей. Сегодня ясно, что такого рода перенос оправдан лишь как вспомогательный подход, дополняющий главный – изучение информационного фонда.

Наиболее перспективной представляется позиция, активно отстаиваемая советскими философами (Урсул А. Д., Урсул Т. А. Эволюция, космос, человек. Кишинев: Штиинца, 1986) о необходимости существования некоторых общенаучных законов развития, имеющих «ранг» ниже, чем законы диалектики, но выше, чем конкретные эволюционные теории в отдельных областях: биологии, астрономии и т. д. Выявление и построение системы таких законов позволило бы выводить из них новые конкретные закономерности как частные. Каким должен быть подход к построению такой системы? В этом случае информационным фондом являются уже выявленные закономерности развития в разных областях. Среди них наиболее универсальны и подробно разработаны изложенные ранее законы развития технических систем. Это не случайно. Во-первых, техника намного проще, например биологии, где связи достаточно запутаны, трудно поддаются анализу. Во-вторых, вся техника создана человеком, поэтому, как правило, не содержит малопонятных, плохо исследованных явлений; только в технике сегодня имеется прекрасно организованный патентный фонд, что облегчает работу по анализу и выявлению закономерностей. В-третьих, в технике закономерности проявляются ярче, здесь меньше сказывается случайность, воля отдельных личностей, чем, например, в искусстве. Тем не менее отдельные закономерности бывает легче увидеть в других областях, а потом найти их аналогии в технике. Таким образом, можно взять за основу уже выявленные законы развития техники, дополнив их выявлением закономерностей в других областях.

Рассмотрим, насколько удовлетворяют требованиям универсальности такие важнейшие законы развития технических систем, как закон S-образного развития, закон противоречий (неравномерного развития частей системы), закон увеличения степени идеальности.

Как уже было сказано, S-кривые первоначально были открыты не в технике, а в биологии. Сегодня установлено, что трехэтапная схема развития наблюдается в социальных системах (общество, коллектив), выполняется для научных теорий (рождение, бурное развитие и стабилизация либо отрицание новыми фактами). Таким образом, этот закон в достаточной степени универсален.

Не менее универсален и закон противоречий. История науки дает множество примеров возникновения и разрешения противоречий в научных теориях.

Пример. С точки зрения классической механики атом как система, состоящая из тяжелого положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов, расположенных вокруг него, может быть устойчив лишь при условии вращения электронов вокруг ядра. Однако классическая электродинамика утверждает, что в этом случае электроны, двигаясь с ускорением, будут непрерывно излучать электромагнитные волны и, теряя энергию, постепенно приближаться к ядру, что приведет к электродинамической неустойчивости. В то же время опыт утверждал, что атом вполне устойчив, а излучаемый спектр электромагнитных колебаний не непрерывный, а дискретный. Таким образом было сформулировано противоречие между классической теорией и опытом. Это противоречие разрешил Н. Бор, постулировав наличие в атоме стационарных орбит (квантовых уровней), двигаясь по которым электрон не излучает. Излучение происходит лишь при переходах с одной орбиты на другую, причем определенными порциями энергии — квантами.

Противоречия в научных теориях и способы их разрешения изучались специалистами по ТРИЗ с целью разработки методики решения исследовательских задач (Кондраков И. Алгоритмы открытий?...— Техника и наука, 1979, № 11; Митрофанов В. По следам возбужденной молекулы.— Техника и наука, 1982, № 2). Интересно, что сходство между развитием технических систем и научных теорий было обнаружено не только в наличии противоречий, но и в конкретных примерах их разрешения.

Пример. Генетики выявили некоторые приемы получения мутаций. Например, хромосомные перестройки (изменение последовательности расположения генов в хромосоме) наиболее часто происходят путем инверсии (поворот участка хромосомы на 180°) либо транслокации (хромосомы разбиваются на отдельные участки и обмениваются ими). То есть приведенные способы получения мутаций аналогичны типовым изобретательским приемам «сделать наоборот» (инверсия) и «дробление-объединение» соответственно. Используется в природе и прием перехода к «би-системе» (удвоение числа хромосом — полиплоидия).

Аналогия в противоречиях и приемах их разрешения в технике и науке позволила предположить аналогию в ин-

струментах по решению изобретательских и научных задач и легла в основу работы по разработке методики решения исследовательских задач.

Противоречия формулируются и разрешаются и в искусстве. Вот как об этом пишет Б. Р. Виппер (Введение в историческое изучение искусства. М.: Изобразительное искусство, 1985, с. 187): «Но как только задачей живописца становится изображение какого-то процесса, движения, так неизбежно возникает противоречие между неподвижным и неизменным изображением и транзитивным характером изображаемого движения. Противоречие еще более обостряется, когда живописцу приходится иметь дело с комбинацией нескольких движений, с их различными темпами и последовательностью».

На множестве примеров Виппер показывает появление и разрешение противоречий в разных жанрах искусства.

Несколько сложнее обстоит дело с расширением области применения закона увеличения степени идеальности, причем основная трудность связана с определением понятия идеальности в разных областях. Тем не менее и здесь есть определенные успехи. Как было показано, увеличение идеальности в технике определяется как рост отношения полезных функций системы к факторам расплаты. Сформулируем понятие идеальности в науке, исходя из этого определения. Полезная функция научной теории — это ее способность систематизировать и объяснить имеющиеся факты и предсказать существование новых, еще неизвестных. К факторам расплаты можно отнести ее сложность, количество необходимых постулатов, объем работы, которую необходимо проделать для получения практических результатов, отрицательные последствия тех или иных открытий. Очевидно, что увеличение степени идеальности научной теории — это повышение ее объясняющей и предсказывающей способности при снижении сложности, трудозатрат, негативных последствий.

Пример. Первое доказательство теоремы Геделя занимало десятки страниц, было сложным и малодоступным. Сегодня ее можно доказать на нескольких страницах.

Особо следует отметить такой фактор расплаты, как необходимость введения в научную теорию постулатов. Практически всегда, когда науке удается избавиться от недоказуемых допущений, осуществляется крупный шаг вперед в понимании природы.

Пример. Важнейшее достижение теории относительности — отказ от понятия абсолютного пространства.

Уменьшение количества произвольно вводимых положений в науке соответствует древнему принципу, который с

XIV века является одним из главных для науки, — принципу «бритвы Оккама», гласящего, что «сущностей не следует умножать без необходимости» (Бернал Дж. Д. Наука в истории общества. М.: Издательство иностранной литературы, 1956). Таким образом, классический принцип Оккама является проявлением тенденции к увеличению степени идеальности научных теорий.

Существует в науке и понятие, сходное с понятием идеального конечного результата в технике.

Пример. Академик Н. Н. Моисеев (Математика ставит эксперимент. М.: Наука, 1979, с. 200) указывает, что «в исследовании операций существует понятие идеальной схемы или идеального решения — решения, не стесненного никакими ограничениями».

Идеализированные понятия используются в науке широко: «идеальный газ», «абсолютно черное тело», «абсолютный вакуум» и т. п.

С 30-х годов нашего столетия в работах физиков стали исследоваться закономерности развития различных систем, в особенности явлений их самоорганизации. В 1947 году И. Пригожин сформулировал принцип минимального производства энтропии, согласно которому система строится так, чтобы ее энтропия (мера беспорядка, хаотичности) возрастала как можно медленнее. Если принять рост энтропии, энергетические потери как фактор расплаты за выполнение системой каких-то полезных функций, принцип Пригожина аналогичен повышению идеальности системы.

На базе работ И. Пригожина и Л. Онсагера Н. Н. Моисеев с учетом опытных фактов сформулировал эмпирический принцип «минимума диссипации» (рассеяния энергии), распространив его действие на развитие любых систем. Несмотря на то что для большинства систем этот принцип строго не доказан, тем не менее он «...достаточно правдоподобен и не противоречит экспериментальному материалу» (Моисеев Н. Н. Алгоритмы развития. М.: Наука, 1987, с. 56). Таким образом, оба принципа аналогичны принципу повышения идеальности и распространяются не только на технические, но и любые другие системы.

Понятие, аналогичное факторам расплаты, сформулировал академик А. М. Уголев в биологии, рассматривая эволюцию жизни под техническим углом зрения. Он назвал «метаболической стоимостью любой структуры или функции» энергетические, пластические и другие затраты на ее поддержание, регулирование, а также связанные с ней побочные, вредные или ненужные эффекты. И показал, что в процессе биологической эволюции идет усиление, повышение эффективности полезных для организма функций, но только до тех

пор, пока прирост «пользы» больше прироста «стоимости» функций. Принцип эффективности А. М. Уголева (Естественные технологии биологических систем, с. 253) также аналогичен принципу повышения идеальности в ТРИЗ.

Увеличение степени идеальности в лингвистике можно представить как повышение информационной емкости языка, возможностей выразить мысли меньшим числом слов, увеличением количества оттенков. В истории развития языка можно увидеть постоянное расширение его возможностей, увеличение количества слов и понятий, способных отражать все новые и новые стороны жизни, и вместе с тем – постоянное его совершенствование, повышение компактности.

Аналогично можно ввести понятие увеличения степени идеальности в искусстве. Произведения искусства несут в себе множество важных для человека полезных функций: просветительскую, воспитательную, гедонистическую (наслаждение), вовлечения в сотворчество и т. п. Все они проявляются через главную полезную функцию – выразительность художественного произведения. А факторы расплаты – это художественные средства, обеспечивающие эту выразительность. Вся история развития мирового искусства показывает, как постепенно, с остановками, возвратами, тупиковыми шагами, но неуклонно повышается его выразительность при повышении лаконичности произведения.

Сегодня имеется немало примеров, расширяющих сферы применения и других законов технических систем. Более того, как видно из приведенных выше примеров, законы развития, сформулированные для систем материальных (состоящих из веществ, полей, тех или иных операций), оказываются в немалой степени справедливыми и для семиотических систем, состоящих из знаков, информации («семиотика» – по-гречески «знак», «признак»). К таким системам относятся языки, в том числе язык произведений искусства, научные теории и сами законы развития. Отсюда вытекает гипотеза о подчинении законов развития технических систем своему собственному действию, то есть согласование системы происходит динамично, с переходом в надсистему или на микроуровень; развертывание и свертывание происходит согласованно, динамично; система законов развития технических систем ретикулярна и каждый закон действует на все остальные и подвергается их действию, что объясняет нередкие пересечения в линиях действия законов.

Эта гипотеза оказалась полезной при разработке системы законов и методологии прогнозирования. Имеются данные, ее подтверждающие, но окончательное доказательство этого, как и того, могут ли законы развития технических систем

претендовать на роль базы для создания универсальных законов развития любых систем,— дело будущего.

ТРИЗ и патентование

Юридическая защита прав изобретателей существует уже несколько столетий — первый патентный закон был принят в Англии в 1623 году. Расцвет патентного права наступил при капитализме — именно тогда сложилось понятие патента как юридического и экономического документа, защищающего права создателя нового. Основа патентного (изобретательского) права — понятие «изобретение». Оно многократно уточнялось. Критерии изобретения в разных странах, как правило, различны, но в одном все сходятся: изобретение — это результат творческого труда. Но как установить патентному ведомству, был ли творческим труд создателя заявляемого решения? Совершенно ясно, что в этом случае невозможно опираться на свидетельства самих изобретателей, и не столько из-за возможных искажений истинного положения, сколько из-за того, что изобретатель, работающий методом проб и ошибок, решение находит в результате случайной, неконтролируемой сознанием ассоциации, так называемого озарения, которое невозможно предъявить экспертизе для установления истины.

Остается одно — оценивать творческий характер по самому решению. В патентных законах разных стран существуют критерии, позволяющие установить творческий характер изобретения с той или иной степенью достоверности. Во многих странах (в том числе и у нас по новому изобретательскому законодательству) в качестве такого критерия принята неочевидность решения. К сожалению, подобные критерии недостаточно определены, допускают субъективное толкование. Именно из-за этого экспертиза каждой заявки напоминает одновременно научное исследование и судебное разбирательство. Конечно, существует множество методических инструкций, разъяснений, правил, помогающих снизить субъективность экспертизы. Главная сущность этих разъяснений — понятие об изобретении как о некотором качественном скачке, дающем новый, неожиданный результат.

Сегодня с позиций ТРИЗ понятие изобретения можно уточнить. Ведь качественный скачок всегда результат разрешения противоречия. Поэтому введение в патентование понятия изобретения как решения, разрешающего или устраняющего противоречия, позволило бы существенно упростить

и сделать более обоснованной процедуру патентной экспертизы.

Немаловажное значение для патентной экспертизы могло бы иметь и принятое в ТРИЗ деление изобретений по уровням. По действующему сегодня патентному законодательству одинаковыми правами и привилегиями обладают и автор мельчайшего изобретения (1 уровень) и автор пионерного (5 уровень) изобретения. Такое равенство в действительности оборачивается огромным неравенством, так как ставит в невыгодное положение создателей крупных изобретений, ведь их изобретения внедряются долго, отдача от них может наступить через много лет... Таким образом, отсутствие градаций изобретений снижает престижность творчества высокого уровня, стимулирует создание изобретений низкого уровня, приводит к застою в развитии техники – ведь на будущее работают только изобретения высокого уровня.

Еще одна проблема в патентоведении – создание системы классификации изобретений, позволяющей с минимальными затратами времени находить нужные изобретения в многомиллионном патентном фонде. Сегодня более чем в 75 странах используется созданная в 60-х годах международная классификация изобретений (МКИ), при разработке которой были учтены оба исторически сложившихся альтернативных принципа построения национальных классификаций: отраслевой (по отраслям промышленности или областям человеческой деятельности, например «Транспортные средства», «Медицина» и т. п.) и функциональный (по выполняемой функции, например «Разделение», «Смешивание» и т. п.). Каждые 5 лет МКИ пересматривается с учетом развития техники (в настоящее время действует ее четвертая редакция, которая включает 8 разделов, 118 классов, 614 подклассов, 6 701 группу и 61 395 подгрупп).

Специалисты по ТРИЗ, патентоведы В. Г. Березина и П. В. Мальцева в статье «Законы развития технических систем – основа для совершенствования классификации изобретений» (В сб. тезисов конференции «Теория и практика обучения техническому творчеству». Челябинск, 1988) приводят исследование МКИ с позиций законов развития техники. Они установили, что в некоторых разделах, классах МКИ в порядке расположения рубрик довольно четко отражаются законы развития технических систем (повышение идеальности, переход на микроуровень, согласование и рассогласование, повышение динамичности и т. д.) и предположили, что в принципе любой раздел МКИ может быть построен по единой схеме, отражающей законы развития:

Асинхронные электрические машины
 . согласование
 ..форм и размеров
 ...путем использования геометрических эффектов
или:
 Гидравлические машины объемного вытеснения
 . согласование
 .. форм и размеров
 ... путем использования геометрических эффектов

Конечно, для создания и внедрения подобной классификации потребуется немало времени, огромная работа по переклассификации существующих патентных фондов, и в первую очередь по убеждению специалистов-патентоведов в преимуществах такой классификации, что весьма проблематично в ближайшем будущем. Но такая классификация чрезвычайно упростила бы пользование патентными фондами и, что самое важное, приобрела бы прогностические возможности: непосредственно из ее стандартных рубрик вытекало бы знание, в каком направлении нужно развивать конкретную техническую систему.

Развитие творческого воображения

Методика решения изобретательских задач реализуется человеком, поэтому в ТРИЗ практически с самого начала обучения большое внимание уделялось не только «техническому», но и «человеческому» направлению, в частности, вопросам борьбы с психологической инерцией, формирования, стимулирования воображения.

Развитое воображение – необходимое качество изобретателя. Вместе с тем работа с инженерами показала, что за редкими исключениями уровень воображения, способность к фантазированию у них очень низкие. В начале века французский психолог Т. Рибо показал, что воображение человека достигает максимума в возрасте примерно 17 лет, а затем падает. Сегодня из-за информационного взрыва этот максимум снизился и сдвинулся к 12– 14 годам. Таким образом, к моменту начала профессиональной деятельности инженер, как правило, уже не обладает воображением, необходимым для создания нового.

Для форсирования воображения в курсе обучения изобретательству появился раздел развития творческого воображения (РТВ), включающий набор упражнений, различных заданий на сообразительность, расшатывавших психологическую инерцию, разрушающих стереотипы. Поначалу, когда ТРИЗ еще не обладала нынешней эффективностью, такие упражнения компенсировали ее слабые стороны, делали про-

цесс обучения живее, привлекательнее. Но по мере усиления ТРИЗ они пришли в противоречие с ней. Получалось, что наряду с тренировкой в овладении высокоорганизованным, целенаправленным «тризным» мышлением шла тренировка в переборе вариантов, которая, помогая слушателю на первых порах обучения, довольно быстро становилась тормозом в формировании творческого мышления, мешала освоению ТРИЗ. Поэтому по мере развития ТРИЗ традиционные упражнения на смекалку заменялись упражнениями по целенаправленному использованию методов преодоления психологической инерции, таких как избавление от терминов при формулировании задач, умение излагать сложные проблемы просто, так чтобы их мог понять школьник, использование метода «моделирование маленькими человечками» и т. п.

Еще одним хорошим упражнением, помогающим избавляться от невидимых ограничений и барьеров в собственном сознании является «оператор РВС» (Размер, Время, Стоимость), как он назывался в первых публикациях по ТРИЗ [2, 3] или, как чаще говорят теперь, «оператор числовой оси». Суть его в проведении серии мысленных экспериментов, позволяющих «размыслить» четкое представление о системе, увидеть ее как бы в тумане – мягкой, нечеткой, изменяемой.

Что будет, если основные размеры системы увеличатся в 10, 100, тысячи раз? Если они уменьшатся? Если система будет работать в сотни раз быстрее или медленнее? При температуре кипящей стали? На поверхности Солнца? В космосе, при температуре абсолютного нуля? При сверхвысоком давлении? На планете, где не действуют привычные нам физические законы? Если системой будет управлять не человек, а...?

К упражнениям необходимо относиться серьезно, уделять каждому достаточно много времени, особенно в начале обучения, когда еще нет привычки к такой необычной работе.

Другим способом эффективной тренировки воображения является решение типично изобретательских задач на нетехническом материале с помощью аппарата ТРИЗ. В частности, слушателям предлагались задачи, представляющие собой ту или иную фантастическую ситуацию, содержащую противоречие и требующую разрешения.

Пример. Некий радиолюбитель постоянно возился со своим телевизором, что-то в нем меняя, совершенствуя и т. д. Однажды он увидел на экране изображение терпящего бедствие самолета, чему особого значения не придал. Но через несколько дней эти же кадры показали в хронике последних новостей. Когда подобная история повторилась, изобретатель понял, что его телевизор превратился в хроноскоп — прибор, показывающий будущие события. Обычно интервал между предсказанием и наступлением события состав-

лял 5—7 дней. События были разные: хорошие и плохие. Предупрежденные заранее люди пытались предотвратить плохие, но это никогда не удавалось: ведь если бы событие удалось предотвратить, то оно не должно было бы появиться на экране хроноскопа. Получается противоречие: событие должно произойти, чтобы быть показанным на экране хроноскопа, и не должно произойти, чтобы никто не пострадал. И вот однажды изобретатель увидел, что через несколько дней должно произойти покушение на президента. Неужели этого нельзя предпринять?

Интересно, что эта ситуация, довольно часто используемая в фантастике, до сих пор не имела удовлетворительного решения. ТРИЗ позволяет разрешить это противоречие с помощью приема «копирование»: покушение имитируется в нужный момент. Тогда оно может быть показано по хроноскопу, но без отрицательных последствий.

Другая важнейшая составляющая курса РТВ – изучение, оценка и самостоятельное придумывание научно-фантастических идей, сюжетов, рассказов. В ее основу положены исследования в области фантастики Г. Альтова. Им создан Регистр научно-фантастических идей и гипотез, ситуаций и художественных приемов, использованных в мировой фантастике. Объем Регистра – около 2000 машинописных страниц. Он разбит на 13 классов: «Космос», «Земля», «Общество», «Человек», «Роботы» и т. д. Классы включают подклассы. В классе «Космос», например, есть разделы «Космические путешествия», «Пришельцы», «Контакты» и т. д., всего 92 подкласса, 668 групп, 2980 подгрупп.

Анализ сведенных в Регистр идей позволил выявить определенные закономерности, приемы генерации фантастических идей, которые оказались довольно близкими к типовым изобретательским приемам. На базе этих приемов была разработана морфологическая таблица их использования, получившая название «фантограмма». По вертикали в таблице записаны основные особенности реального объекта: вещество (химический состав, физические свойства), подсистемы, надсистема, энергетика, сфера обитания, способ перемещения, воспроизведение (изготовление), направление развития, цель существования; по горизонтали – основные приемы фантазирования: сделать наоборот, увеличение—уменьшение, ускорение—замедление, динамизация—статика, универсализация—ограничение, дробление—объединение, квантование—непрерывность, внесение—вынесение, смещение во времени, оживление, изменение связей, изменение законов природы.

В каждой клетке таблицы может быть записан результат – измененная характеристика объекта, как правило, до фантастического состояния. Последовательное обращение к разным клеткам таблицы позволяет получить очень интересные фантастические ситуации.

Пример. Возьмем в качестве исходного реального объекта книгу. Выберем одну из ее характеристик, например, способ воспроизводства. Теперь

выберем прием, например, «сделать непрерывным». Как себе представить непрерывное воспроизводство книги? Возможно, что это ситуация, когда автор постоянно переписывает ее. Но в этом нет ничего фантастического. Внесем фантастический элемент: книга уже вышла, а автор желает что-то в ней изменить. И вот по его воле в уже напечатанной книге исчезает один абзац и заменяется другим. Еще один вариант: книга поступает к читателю в неокончательном виде. Каждая линия сюжета может развиваться в нескольких направлениях, по выбору читателя. Допустим, читатель сам решает, поехать ли д'Артаньяну за подвесками королевы в Лондон или нет. Соответственно, дальнейшие события могут принять совсем не тот оборот, что у Дюма. В принципе, при наличии персональных компьютеров такого рода «Динамическая книга», являющаяся в какой-то мере развитием компьютерных игр, вполне реальна и может иметь воспитательное значение, не только увлекая читателя романтической дружбой и мужеством мускетеров, но и показывая, что любые другие варианты — трусость, попытки «словчить», предательство — являются гибельными.

Помимо фантаграммы существуют и другие способы генерации фантастических идей, основанные на системном переходе (Альтов Г. Чтобы стать принцессой. В сб.: О литературе для детей. М.: Детская литература, 1968).

Изучение научной фантастики в курсе РТВ служит не только для активизации, создания управляемой фантазии человека, но и для развития навыков объективной оценки тех или иных явлений, предметов. На базе того же Регистра Г. Альтовым и П. Амнуэлем была разработана шкала оценки научно-фантастических произведений «Фантазия» (Инженер читает фантастику. — Техника и наука, 1983, № 8). Шкала включает 5 главных показателей, по которым читатели обычно оценивают научно-фантастическую идею, сюжет, произведение: новизна, убедительность, человековедческая ценность, художественная ценность, а также субъективная оценка, выставляемая читателем из собственных интуитивных ощущений. Каждый показатель оценивается в баллах, от одного (самый низкий балл) до четырех (самый высокий). Например, один балл за новизну выставляется, если использована идея известная, а четыре — за совершенно новую идею, не имеющую прототипа даже в сказках и мифах. Самый низкий балл по человековедческой ценности выставляется чисто научной или технической идее, никак не затрагивающей человеческое общество, а самый высокий — за утопии или антиутопии — попытки мысленного построения общества нового типа. Низкая оценка по одному из показателей вполне может сочетаться с высокой по другому показателю. Например, чистая сказочность (а значит, низкая убедительность) рассказов Р. Бредбери, К. Саймака не отражается на высокой художественной ценности и, как правило, огромной человековедческой ценности рассказов этих писателей-фантастов.

Полученные пять оценок в баллах перемножаются между

собой. Произведение определяет класс, в который попадает тот или иной сюжет, от первого (1 балл) до двадцатого (более 750 баллов).

Работа со шкалой чрезвычайно полезна для изобретателя. Во-первых, каждый рассказ — своеобразное упражнение на фантазию; шкала стимулирует вдумчивое чтение. Во-вторых, каждая оценка идеи, сюжета — это микроисследование, которое, повторенное многократно, способствует развитию системного, аналитического мышления. А курс РТВ в целом необходим для воспитания мощного управляемого творческого воображения, без которого чрезвычайно трудно совместить строгость и точность при формулировании шагов АРИЗ по заданным правилам и свободное течение мысли при развитии полученных идей. Он не только обеспечивает форсирование генерации новых идей, но и снимает психологические барьеры, из-за которых затрудняется восприятие новых оригинальных идей высокого творческого уровня, получаемых с помощью ТРИЗ.

Формирование творческой личности

По мере накопления опыта преподавания ТРИЗ стало заметно, что многие слушатели, активно воспринимавшие и хорошо усвоившие ТРИЗ, даже решившие в период обучения одну или несколько практических изобретательских задач, впоследствии переставали решать задачи, подавать заявки на изобретения, не предпринимали попыток внедрения своих идей. Сначала этот факт вызвал удивление — человеку дали инструмент решения творческих задач, фактически предоставили возможность заняться творческой деятельностью, а он этим не воспользовался. Почему?

На этот вопрос ответ был получен в результате исследования, проведенного Г. С. Альтшуллером и И. М. Верткиным [9,27] с помощью методологии ТРИЗ. Первый этап работы заключался в анализе около тысячи биографий наиболее ярких творческих личностей в различных областях человеческой деятельности с целью выявления статистически достоверных общих черт, им присущих. Подобная работа проводилась и ранее, но в результате выделялась обычно одна характеристика — талант (способности, зачатки способностей). Действительно, талант — неотъемлемая сторона творчества, вот только понятие это неопределенное, не раскрытое через составляющие. Более того, наличие таланта определяется обычно по результатам деятельности, постфактум, и в этом плане является синонимом творчества. Поэтому в новом исследовании была поставлена цель

найти качества, каждое из которых вполне определимо, может быть целенаправленно воспитано и которые в сумме составляют таинственный талант.

Процесс решения задачи длится короткий срок — дни, недели, месяцы, не больше, и завершается получением и первоначальной проверкой новой идеи. Значительно дольше длится весь творческий цикл: выбор проблемы, решение составляющих проблему задач, внедрение. Такой цикл длится годами, а иногда в течение полутора-двух десятилетий. На протяжении всего цикла от человека требуется не только умение решать задачи. Нужен комплекс качеств:

- наличие значительной, новой и общественно полезной цели;

- наличие пакета рабочих программ, регулярный контроль выполнения этих планов;

- высокая работоспособность (в выполнении планов);

- хорошая техника решения творческих задач, входящих в проблему;

- способность отстаивать свои цели, «умение держать удар»;

- результативность: частичные положительные результаты уже на пути к цели.

Воспитать этот комплекс качеств намного труднее, чем научить решению задач. Хороший преподаватель может за 100—200 учебных часов научить решению задач 50—70% слушателей (теоретически даже 100%). Но если у того же преподавателя из 100 слушателей 1—2 сформируют комплекс качеств — это хорошо. Воспитание намного сложнее обучения.

Одним из самых важных качеств творческой личности является наличие большой достойной цели. Характерно, что такая цель всегда лежит в начале новой S-образной кривой развития технической или иной системы. Новое Дело предоставляет каждому широчайшее поле деятельности. Идеи находятся легко, и их гораздо больше, чем людей, желающих и способных их разработать. Мы привыкли считать людей, начавших новое Дело и приведших его к общему признанию, особенными, необыкновенными. В действительности же начинают Дело обычные, мало кому известные на этом этапе люди. Обилие и легкость выдвижения идей — характеристика не столько человека, сколько первого этапа развития. Потом, на последующих этапах, когда исчерпаны ресурсы развития и новая идея — редкий гость и величайшая ценность, возникают легенды о сверхгениальности тех, кто стоял у истоков Дела.

Наличие большой цели определяет и многое другое: в процессе работы по ее достижению вырабатывается уме-

ние планировать и контролировать свою работу, работоспособность; увлеченность делом помогает «держат удар».

Творческая личность — не звание, которое дается человеку раз и навсегда, это процесс. Очень немногим удавалось в течение жизни сохранить творческий режим. Разные причины выбивают человека из творческой «колеи»: болезни, сопротивление окружающих, внешних обстоятельств, но самый коварный враг творчества, как ни странно, — успех, достижение поставленной цели. Человек защитил диссертацию, стал признанным специалистом, но тема исчерпана, творчество закончилось. Конечно, можно найти другую тему, но как редко это делается. И человек превращается в функционера либо остается на старом месте и имитирует творческую работу. Чтобы этого не произошло, цель должна быть большой, чтобы хватило на всю жизнь. Вопросу сохранения творческой личности в борьбе с внешними обстоятельствами посвящен второй этап работы — создание жизненной стратегии творческой личности. Главная цель — оказать помощь творческой личности в «игре» с внешними и внутренними обстоятельствами. Внешние обстоятельства — сопротивление окружающей среды: материальной субстанции самого человека (нужно зарабатывать на пропитание, это отнимает силы и время), ближнего (семья) и дальнего (общество) окружения и т. д. Внутренние обстоятельства — сопротивление самой проблемы, например возникновение необходимости в сборе и обработке большой статистики.

Метод и план разработки — обычные для ТРИЗ. Изучение «патентного фонда»: биографий выдающихся революционеров, ученых, изобретателей, писателей, художников и т. д. Анализ и выявление наиболее сильных ходов, которые сделал тот или иной человек. Анализ слабых ходов. Наконец, анализ действий внешних и внутренних обстоятельств. Составление на этой основе сводного алгоритма, обобщающего опыт игры творческих личностей и позволяющего по возможности избегать ошибок. Игра в чем-то похожа на шахматы: ходы внешних обстоятельств против творческой личности, ответные ходы. Помимо основных ходов есть вспомогательные — усиливающие и упреждающие. Игра своеобразная: внешние обстоятельства могут делать каждый раз сколько угодно усиливающих ходов, человек может делать — если догадается! — упреждающие ходы, которые пригодятся в дальнейшем.

Используя аналогию с шахматной игрой, можно сказать так: внешние обстоятельства сильны тем, что они имеют в запасе вагоны ферзей, и слабы тем, что до определен-

ного времени не видят личности в своем партнере, шаблонно играя на миллионах досок; человек слаб тем, что беззаботно теряет время в начале игры, и силен тем, что может не сдаться, несмотря на двести объявленных ему матов...

Игра условно разделена на дебют, миттельшпиль, эндшпиль и постэндшпиль. Дебют состоит из двух частей. Первая часть завершается окончательным выбором цели, вторая посвящена отражению молодежных соблазнов. Дебют имеет огромные скрытые резервы по совершению упреждающих ходов. Именно в дебюте есть время на тщательную подготовку к проведению игры на достаточно высоком уровне, потом будет некогда.

Миттельшпиль состоит из трех частей. В первой части результатов еще нет, ведется разработка, но движение к цели само по себе остроконфликтно. В начале второй части получены первые результаты, следуют попытки внедрения, игра обостряется. Администраторы стараются оттеснить творческую личность от полученных результатов. Казалось бы, игра проиграна (если творческая личность сохраняет монополию на полученные результаты, игра тоже проиграна: в самом человеке администратор вытесняет творца). Но именно здесь творческая личность может совершить вернейший ход, перейдя к более общей (надсистемной) цели. Это ключевой момент третьей части миттельшпиля. Именно здесь изобретатель превращается в Изобретателя.

Если движение к цели вызывало конфликты, то движение к надцели проходит через сплошные и острейшие схватки. Ходы внешних обстоятельств становятся более злыми, хитрыми, изощренными. Человеку приходится не только преодолевать противодействие, но и уклоняться от «объятий» внешних обстоятельств. Одна из самых трагических форм творческой смерти — превращение творца в Большого Начальника. Все воспринимают это как признание, победу, возможность жить и работать в хороших условиях... Но творчество — вне этого...

В эндшпиле следует очередной переход в надсистему целей, первоначальная конкретная техническая задача, ставшая при первом надсистемном переходе научно-технической, теперь превращается в общечеловеческую. Изобретатель превращается в Мыслителя.

Внешние обстоятельства — очень опытный и коварный партнер. Значит, человек неизбежно проигрывает?

Каждый шаг человека в игре — выигрыш, рост над собой, мгновение приобщения к жизни, исполненной высокого смысла (нет ничего более привлекательного, чем творческая жизнь).

В отличие от шахматной партии в «сводной игре» есть постэндшпиль (если, конечно, еще при жизни были сделаны необходимые упреждающие ходы). Книги Жюль Верна выходили и после его смерти (часть он написал при жизни «про запас», часть написал его сын).

Может показаться, что нет смысла разбираться в отношениях одиночки с внешними обстоятельствами в конце XX века, когда, как всем известно, тон в научно-техническом прогрессе задают большие коллективы. Действительно, большие коллективы являются определяющими, когда речь идет о разработке признанных идей. Стратегия же рассматривает судьбу новорожденных идей до их перехода в стадию, когда разработкой займутся большие коллективы. Большие коллективы — это и большая инерция. Следует помнить слова академика В. И. Вернадского: «Вся наука доказывает на каждом шагу, что в конце концов постоянно бывает прав одинокий ученый, видящий то, что другие своевременно осознать и оценить были не в состоянии». Таким образом, стратегия затрагивает чрезвычайно важный этап в жизни новой идеи и ее создателя.

Исследования в области жизненной стратегии творческой личности продолжаются: расширяется фонд изучаемых биографий, более детальным становится анализ, становятся инструментальнее шаги деловой игры. В настоящее время разработаны сборник задач и упражнений по формированию качеств творческой личности, другие методические материалы для повышения эффективности занятий по этой теме. Появился и продолжает пополняться «темник» исследовательских работ в этой области.

Закономерности развития коллективов

От чего зависит лицо коллектива? Почему в одних царит дух творчества, взаимовыручки, увлеченности делом, а в других склоки и раздоры при весьма скромных трудовых успехах? Часто считают, что все зависит от руководителя или особого подбора людей: приходит в коллектив новый руководитель (энергичный, опытный) — и дело сдвигается с мертвой точки. К сожалению, известны и другие примеры, когда без конца меняют начальников, а все остается по-прежнему. Многое зависит от людей, но не все. Есть и другие причины, закономерности, определяющие характер коллектива. Где же их искать?

Для выявления этих закономерностей Б. Л. Злотиным, А. В. Зусман и Л. А. Капланом было собрано большое количество информации о развитии разных коллективов, сү-

ществовавших в разные времена у разных народов, от малых и неформальных до самых крупных, в том числе производственных и научных объединений, общественных, политических, религиозных и других организаций. Анализ собранной информации показал, что основные характеристики коллектива — моральные и деловые качества лидера и рядовых членов, результаты работы и способы их оценки, — словом, вся жизнь коллектива зависит от того, на каком из трех основных этапов развития S-образной кривой находится Дело, для которого создан коллектив.

Итак, новое Дело появилось. Как правило, трудами одного, в крайнем случае нескольких человек, сделавших открытие или крупное изобретение. Вокруг них постепенно собирается небольшой вначале коллектив энтузиастов. Что движет ими? Факторы развития на первом этапе, как правило, сугубо личные: у одних — любознательность, желание принести пользу людям, у других — честолюбие, надежда на будущую карьеру, богатство и т. д. Но различие в дальних интересах не мешает людям работать вместе, потому что главное для всех — чтобы Дело пошло. А идет оно нелегко. Главное противоречие этапа: новое Дело объективно нужно обществу, но общество об этом не знает, энтузиастам не помогает. Это в лучшем случае, когда создается принципиально новая система, не затрагивающая ничьих интересов. Если же речь идет о замене или радикальном изменении уже существующей системы, вместо равнодушия приходится сталкиваться с сопротивлением существующего (как правило, большого) коллектива, пытающегося «дожимать» исчерпавшую возможности развития систему. Взаимоотношению творческой личности и созданного ею коллектива с внешними обстоятельствами посвящена Жизненная Стратегия творческой личности, о которой мы уже говорили.

Лидер коллектива на этом этапе — творческая личность, автор и главный разработчик идеи. Основная его черта — убежденность в важности нового Дела, увлекающая других. Коллектив, как правило, молод, невелик, не имеет формальной структуры, чрезвычайно демократичен. Дисциплина сознательная, основанная на добровольном подчинении интересам Дела. Работа обычно ведется на общественных началах, плата за нее — моральное удовлетворение от причастности к Делу, радость творчества. Нет конкуренции, хотя есть соревнование, обмен информацией свободный. Большое значение придается моральным качествам. Обстановка в коллективе сердечная, даже праздничная, многие находятся в личной дружбе.

Коллектив первого этапа крайне заинтересован в привле-

чении новых людей в Деле. Это определяет профессиональный язык — простой, без сложной терминологии. В коллектив может прийти любой, конкурса нет, работы непочасть край, на всех хватает. Срок «ученичества» в новом Деле, когда ещё не накоплено много специальной информации, невелик. Постоянные трудности, с которыми сталкивается коллектив, приводят к тому, что в коллективе не задерживаются люди корыстные, нечестные. Интересно, что некоторые «перековываются», принимают систему ценностей коллектива. Коллектив постоянно самоочищается, консолидируется.

В конце первого этапа развития, когда информация о новом Деле распространяется достаточно широко и становится ясно, что в недалеком будущем возможно признание Дела обществом, в коллектив начинают приходить дальновидные карьеристы, рассчитывающие на получение в будущем «дивидендов». Объективно это полезно для развития Дела, но служит залогом его «порчи» в дальнейшем — на третьем этапе.

Второй этап развития начинается, когда общество наконец осознает полезность нового Дела. Появляется новый мощный фактор — все возрастающая потребность общества в новой системе, — который приводит к «цепной реакции» развития Дела. Факторы торможения на этом этапе определяются в основном трудностями быстрой мобилизации ресурсов, подготовки людей. Развитие тормозится также из-за того, что многочисленные творческие задачи разного уровня решаются в основном с помощью МПЮО. Но обычно эта трудность преодолевается за счет подключения к Делу все возрастающего количества человеческих ресурсов, то есть путем экстенсивного развития. Главное противоречие этапа: большинство мер, принимаемых для развития коллектива, способствуют ускорению развития Дела, но закладывают основы «порчи» коллектива в будущем. Это смена Лидера (вместо основателя Дела — творческий администратор), приобретение формальной структуры, ее постоянный рост и усложнение, появление административно-управленческого аппарата; снижение уровня демократии в коллективе; установление высоких зарплат, других материальных благ, а также почестей (орденов, других наград), впрочем, пока вполне заслуженных. Все это изменяет моральный облик коллектива: на первый план выходят деловые качества, моральные отступают на задний план. Уходит пионерский дух. Возникает необходимость насильственного поддержания дисциплины. Усложняется профессиональный язык, он уже менее доступен неподготовленному человеку. Доступ в кол-

лектив ограничивается: Дело становится престижным, есть возможность отбора по деловым качествам.

О том, что начался третий этап — загиб S-образной кривой, застой в Деле,— обычно мало кто догадывается, потому что на первый взгляд все идет самым лучшим образом: выпускается продукция, публикуются отчеты, вкладывается все больше и больше средств, но постепенно рост отдачи начинает отставать от роста затрат. Фактор развития остался прежний — потребность общества, но появился новый фактор торможения — исчерпание ресурсов развития. Единственно правильным ходом на этом этапе является переход к развитию Дела на принципиально новом уровне (полная реорганизация либо расформирование коллектива и начало нового Дела), но он приходит в противоречие с интересами коллектива, который не хочет реорганизаций, переквалификации и других неприятностей переходного периода. Происходит инверсия целей: главной задачей коллектива становится не развитие Дела, что в прежнем направлении просто невозможно, а самосохранение, саморазвитие. Главное противоречие третьего этапа: интересы данного коллектива и общества расходятся, причем цели общества прогрессивны (ему нужно развитие Дела), а коллектива — реакционны, он стремится затормозить опасное для себя развитие. В тех случаях, когда коллектив оказывается победителем, развитие Дела замедляется или даже полностью останавливается, сменяется имитацией, псевдоразвитием. Вместо Дела «идет в рост» коллектив, в основном за счет вспомогательных подразделений. В псевдоразвитие вкладываются огромные средства, но в результате вместо Дела увеличивается количество бумаг, отчетности, появляется гигантомания — стремление к «проектам века».

Необъявленная «война» коллектива против общества обостряется на протяжении всего третьего этапа. Коллектив старается навязать обществу то, что ему выгодно производить, а не то, в чем оно нуждается. Он изо всех сил добивается монопольного положения, позволяющего усилить свой диктат. Коллективы, созданные для борьбы с тем или иным общественным злом, на третьем этапе с ним срачиваются, так как им невыгодна полная победа, после которой неизбежно последует ликвидация успешно поработавшего коллектива. А коллективы, созданные для оказания помощи обществу в том или ином вопросе, начинают бороться с теми, кому должны помогать.

Инверсия целей приводит к инверсии власти в коллективе. Лидирующее положение захватывает административно-управленческий аппарат, подразделения, в чьих руках рас-

пределение благ и наказаний. Вместо отбора по деловым качествам идет отбор по анкетным данным, по управляемости, личной преданности и т. д. Если на втором этапе администраторы — выходцы из творческой среды, то на третьем их место занимают профессиональные бюрократы, постигшие хитрости системы. Авторитет их основан не на деловых качествах, а на положении в иерархии, степени близости к высокому начальству.

Критерий оценки качества работы аппарат формирует самостоятельно, что позволяет ему полностью оторваться от нужд и интересов руководимого коллектива, считаться только с мнением наверху, приводит к созданию внутренней круговой поруки, номенклатурной непотопляемости.

Начинается ревизия законов, правил, действовавших на предыдущих этапах, замещение их различными подзаконными актами, инструкциями, по сути извращающими смысл законов. Инструкции множатся безостановочно и неконтролируемо, пытаются регламентировать все стороны жизни, вплоть до личных. Из-за недоступности этих инструкций для рядовых членов коллектива достигается всевластность руководящего аппарата, создающего и толкующего эти инструкции по своему усмотрению.

На третьем этапе возникает разрыв между планирующими, исполнительными и контролирующими органами, причем последние выходят на первый план. Контроль идет не по конечному результату, а по промежуточным, часто искусственно введенным показателям (так легче контролировать). Полномочия по принятию конкретных решений делегируются вверх на одну-две ступени в иерархии, которая становится многоуровневой. Процедура принятия решений при этом усложняется. Создается иллюзия всемогущества аппарата («что прикажем — то и будет»).

Дисциплина Дела сменяется дисциплиной поведения: можно сидеть на работе и месяцами ничего не делать, но нельзя опоздать на пять минут. Разрабатываются все новые механизмы контроля и принуждения, и одновременно — пути их обхода. Демократия исчезает полностью, деятельность верхушки скрывается за завесой таинственности. При этом внешние атрибуты демократии остаются, но теперь это ширма, служащая прямо противоположной цели — укреплению бюрократической иерархии. В коллективах начинают действовать законы Паркинсона (Паркинсон С. Н. Закон Паркинсона. М.: Прогресс, 1989).

Изменяются критерии оценки труда: теперь платят не за результат (его просто не может быть), а за отработанное время, затраченные ресурсы, запускается затратный меха-

низм. Отсюда и уравниловка для большинства, за исключением номенклатурных работников, которые получают не за труд, а за положение в иерархии, от которого существенно зависит размер получаемых дополнительных благ. Возникает огромный разрыв в реальных доходах обыкновенных работников и иерархической верхушки.

В коллективе широко распространяется ложь: невыполнимые приказы сверху провоцируют липовые отчеты. Вместо искреннего убеждения в значимости Дела возникает цинизм. Идеологические соображения ставятся выше здравого смысла, человечности. Из-за ограничения доступа к информации последняя превращается в «валюту», создается благоприятная обстановка для «перекраивания» истории, создания зон, закрытых для критики.

Из работы уходит творчество, что снижает чувство удовлетворения от работы, заставляет искать хобби, самоутверждаться, компенсировать творческую неполноценность за счет унижения подчиненных, членов семьи, других зависящих от человека людей. Неудовлетворенность в творчестве вызывает разочарование, желание уйти от неприятной действительности, отсюда рост алкоголизма, наркомании, других негативных явлений.

Идет неуклонное снижение деловых качеств, уровня компетентности руководства (предпочтение отдается компетентности в бюрократических «играх»), превращение членов коллектива в «винтики» — ничего не решающих, разобщенных, узко специализированных.

Личные интересы членов коллектива расходятся с общественными, что приводит к резкому ухудшению морального климата в коллективе, расцвету демагогии, цинизма. Из коллектива изгоняются те, кто пытается честно работать. Отсутствие общего Дела и стремление отвоевать для себя тепленькое местечко постоянно рождают внутренние склоки. Появляется кастовость, блат, в конечном итоге может возникнуть мафия.

Меняется профессиональный язык. Теперь его главная функция — затруднить допуск в систему чужих, камуфляж отсутствия результатов. Приветствуется наукообразность, сложная терминология, увлечение математическими формулами, не используемыми для расчетов и вообще ненужными.

Система полностью «загнулась», пришла в застойное состояние. Вред, наносимый ею обществу, значительно превосходит пользу от ее существования. Для дальнейшего развития Дела необходима ликвидация или полная реорганизация данного коллектива. Но сделать это очень сложно —

у него могучие защитные силы и масса союзников среди ему подобных, а также бюрократы на самых разных уровнях иерархии.

Анализ современного состояния по материалам прессы, другой литературы, различных источников информации показал, что подавляющее большинство коллективов находятся на третьем этапе, причем многие из них попали на третий этап преждевременно, не исчерпав ресурсов развития Дела. За редкими исключениями эти коллективы попали на третий этап в результате искусственной остановки развития со стороны. Причина этого явления кроется в том, что любой коллектив на правах подсистемы входит в надсистему более высокого уровня: завод — в объединение, объединение — в ведомство, ведомство — в общество и т. д. При этом надсистема обладает возможностью (особенно эффективной в условиях административно-командного способа управления) влиять на состояние своих подсистем, согласуя их структуру, стиль работы с собственными. Так, застойная надсистема неустанно насаждает застой в подведомственных коллективах, несмотря на то, что объективно ресурсы Дела позволяют им еще долго и успешно развиваться в рамках второго этапа. Почему это происходит — понять нетрудно: развивающаяся система второго этапа — живой укор и пример, как нужно работать, сравнения с которым застойная надсистема выдержать не может. Анализ работы коллективов на третьем этапе позволил выявить ряд эффективных приемов искусственного прекращения развития механизмов торможения.

У тормозящих сил надсистемы есть активный союзник внутри подведомственного коллектива — его административно-управленческий аппарат, сформировавшийся на втором этапе развития и заинтересованный в постоянном росте собственной значимости, власти, что реально достигается лишь на третьем этапе. При этом старания остановить развитие коллектива (сознательно или в результате заблуждения, непонимания ситуации) преподносятся общественности как меры по улучшению развития.

Механизмы остановки развития можно условно разделить на психологические, экономические и организационные (на самом деле они неразрывны и представляют единый комплекс).

Психологическая установка. В обществе с древних времен культивируется уверенность в том, что именно общепризнанность, наличие сложной иерархической структуры, стабильность, «зрелость» Дела и коллектива, находящегося на третьем этапе, и есть нормальные, правильные условия

существования производства, науки, искусства и т. п. Коллектив третьего этапа окружен ореолом престижности, стремление к этому состоянию стимулируется.

Экономические меры. Исключается заинтересованность коллектива и его членов в конечном результате своего труда — удовлетворении той или иной потребности общества. Вводится уравниловка для коллективов: изъятие прибыли сверх установленного, обычно низкого предела; передача средств отстающим коллективам, планирование «от достигнутого» и уравниловка индивидуальная; исключение или резкое снижение материальных стимулов до пренебрежимо малой величины с одновременным принижением (а порой и извращением) моральных стимулов. Работа коллектива и его членов нацеливается на выполнение многочисленных плановых показателей, не увязанных напрямую с конечным результатом.

Организационные меры. Экономические методы управления, характерные для второго этапа, заменяются на административно-командные. Коллективу навязывается структура, характерная для организации третьего этапа: непропорционально раздутая численность управленческого аппарата и вспомогательных служб, стандартное и незыблемое штатное расписание, единый режим планирования, учета и стимулирования работы для творческих и нетворческих работников. Творческая работа осложняется бесчисленными отвлечениями, идет неуклонный перевод творческих работников в нетворческие. Вводятся искусственные ограничения на развитие Дела: лимитирование ресурсов, множество стандартов, часто не вполне обоснованных. Коллективу предоставляется монопольное положение, позволяющее ему выйти из-под контроля потребителя.

Исследование коллективов, находящихся на третьем этапе, оставляет тягостное ощущение необычайной эффективности механизмов торможения. На самом деле это не так. История человеческой цивилизации учит, что в конечном счете общественное, научное, техническое и т. п. развитие неостановимо, несмотря на то, что даже в самые прогрессивные эпохи существовали «островки», «зоны» застоя, готовые затормозить общее движение.

Тот факт, что развитие продолжается, показывает, что существуют способы борьбы с застоем, позволяющие в конечном итоге победить его. А это означает, что механизмы антиторможения придумывать не нужно — их нужно выявлять, отбирать наиболее эффективные, проверенные временем.

Примеров разрушения торможения и последовавшего за

этим резкого подъема немало и в развитии отдельных коллективов и народного хозяйства в целом. Это возрождение экономики в краткий период НЭПа в 20-е годы в нашей стране, колоссальный рост производства во время Великой Отечественной войны, рожденный не только патриотическим движением советского народа за Победу, но и снятием многих ограничений мирного времени. Это и опыт лучших хозяйств: Ивановского станкостроительного объединения, Щекинского химкомбината, совхоза в Акчи, руководимого И. Худенко, появившихся в последнее время семейных и арендных хозяйств.

Бытует мнение, что застойные явления характерны только для наших условий, а капиталистические фирмы застою не подвержены. Это не так. О застойных явлениях в американских фирмах рассказывает журналист Дж. П. Райт в книге, написанной по материалам бесед с бывшим вице-президентом фирмы «Дженерал Моторс» Джоном де Лориа-ном [29]. Вместе с тем обращает на себя внимание процветание небольшого числа американских и японских фирм, выработавших в процессе длительной борьбы за рост прибылей (а значит, и за развитие!) отдельные приемы антиторможения [30].

Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что главными приемами являются мероприятия, направленные на разрушение механизмов торможения: слом административно-командной системы, переход к полному самоуправлению и самофинансированию, возвращение полномочий по принятию решений на их естественный уровень — туда, где возникает проблема, установление неразрывной связи полномочий и ответственности; разукрупнение предприятий и их подразделений до состояния, когда каждый член коллектива сможет увидеть личный вклад в общий конечный результат, создание простой и гибкой структуры коллектива, сочетающей формальные и неформальные принципы организации, исключение возможности приобретения кем бы то ни было монопольного положения; включение экономических стимулов развития, в том числе оплаты по конечному результату труда без искусственных ограничений, самостоятельность в распределении заработанных средств; постановка перед коллективом большой общественно полезной цели, с которой увязаны личные цели и перспективы каждого члена коллектива, повышение роли отдельного человека и престижности творческого труда.

Избежать застоя помогает и постоянное закладывание резервов на будущее: отношение к реконструкции как к нормальному состоянию производства, создание резервных мощ-

ностей на случай необходимости быстрого реагирования на изменение экономической ситуации; а также широко распространенная на Западе диверсификация — расширение номенклатуры выпускаемой продукции за счет захвата новых областей рынка.

Исследование коллективов с целью выявления эффективных и инструментальных мер борьбы с застоем продолжается. В частности, изучаются закономерности развития коллективов на разных этапах, и некоторые из них во многом близки к закономерностям развития технических систем. Так, в процессе развития коллективов происходит повышение их идеальности, развертывание и свертывание, согласование и несогласование, повышение динамичности и т. п. Практически каждый шаг в правильном (закономерном) направлении развития оказывается эффективным средством предотвращения преждевременного «загиба».

В тех же случаях, когда переход на третий этап вызван действительным исчерпанием ресурсов, необходимой мерой является срочный (а лучше заблаговременный) поиск новых решений и идей, позволяющих Делу выйти на новый цикл развития. Для этого необходимо использовать современные методы изобретательства, в первую очередь ТРИЗ, ФСА.

ТРИЗ и элементы творческой педагогики

Как было показано выше, коллективы, находящиеся на разных этапах S-кривой, предъявляют различные требования к своим членам. Фактически каждое общество формирует социальный заказ на воспитание людей определенного типа. Соответственно, на разных этапах развития действует своя педагогика. На первом этапе она в основном индивидуальная, направлена на вовлечение человека в новое Дело, формирование у него Большой Цели, воспитание высоких нравственных и деловых качеств, в том числе умения решать творческие задачи. Педагогика второго этапа акцентирует свое внимание на создании в человеке высокой информированности, работоспособности, активной исполнительности — деловых качеств. На третьем этапе главная цель педагогики — воспитание «винтиков» — пассивных исполнителей, что и отличало нашу педагогику застойного периода.

В докладе на июньском (1987 г.) Пленуме ЦК КПСС М. С. Горбачев сказал: «Нельзя успешно двигаться вперед методом проб и ошибок. Это дорого обходится обществу. Искусство политического руководства требует умения выявлять и эффективно разрешать противоречия». В цитате речь идет о политике, но аналогично обстоит дело и в любой другой

области человеческой деятельности. В период перестройки умение творчески мыслить, владение технологией решения творческих задач и проблем становится необходимым качеством специалиста, во многом определяющим его способность приносить перестройке пользу. Не случайно февральский (1988 г.) Пленум ЦК КПСС главной целью преобразования школы назвал создание условий формирования у молодых людей творческой личности, вовлечение их в творчество.

Важнейший шаг в направлении достижения поставленной цели — воспитание творческого мышления, которое характеризуется диалектичностью, системностью, наличием управляемого воображения, эстетического восприятия науки и техники, уверенности в возможности решения проблемы.

Диалектическое мышление предполагает умение видеть в развитии любых систем борьбу противоположных тенденций, пути разрешения противоречий, понимание необходимости и неизбежности качественных скачков в развитии, последовательной и закономерной смены различных систем, развития их в направлении повышения идеальности.

Системное мышление — подход к любому объекту как к сложной системе, находящейся во взаимодействии с другими системами (системная иерархия) и «антисистемами» (выполняющими противоположные функции).

Хорошо развитое и управляемое воображение необходимо, как уже говорилось, для успешной генерации и восприятия полученных идей.

Как же воспитать эти необходимые качества? Сегодня педагогика собирает в единое целое накопленный опыт творческого воспитания. Важной составляющей его является проблемное обучение, основная идея которого заключается в том, что преподаватель в школе не просто объясняет учащимся тот или иной закон, формулу, а помогает им «открыть» их самостоятельно (Матюшкин А. М. Теоретические вопросы проблемного обучения. В сб.: Хрестоматия по психологии. М.: Просвещение, 1987). Педагоги-новаторы нашего времени объединились вокруг идеи воспитания и обучения на основе сотрудничества, перерастающего в сотворчество. Задачу внедрения творчества в ежедневную жизнь ребят выдвинул профессор И. П. Иванов [28]. Чрезвычайно интересен и опыт В. Ф. Шаталова по разработке и использованию в процессе обучения опорных сигналов, основанный на умении свертывать и развертывать информацию. По Шаталову понятие материал — значит свернуть информацию, превратив ее в простой и легко запоминаемый опорный сигнал, и затем (при необходимости) развернуть ее до первоначального объема (Соловейчик С. Л. Вечная радость. М.: Педагогика, 1986).

За последние годы возникли и быстро расширяются связи между педагогикой и ТРИЗ, причем на взаимовыгодной основе. ТРИЗ — наука о творчестве, поэтому обучение ее основам невозможно без творческой педагогики. С другой стороны, процесс теоретического осмысления опыта педагогов-новаторов с целью создания единой концепции новой школы, на наш взгляд, невозможен без ТРИЗ.

Как, например, сегодня реализуется проблемное обучение? Преподаватель задает наводящие вопросы, исходя из знания ответа. Ребята ищут его наугад, и поскольку общих правил поиска нового знания они не знают, им остается только перебор вариантов, в результате чего проблемное обучение легко может превратиться в обучение методу проб и ошибок. Отсюда неоднозначность результатов обучения: одни ребята пользуются перебором вариантов легко, другие — неумело, пропасть между сильными и слабыми учениками возрастает. Нелегко и учителю — к каждому занятию нужно составлять новые списки наводящих вопросов. Насколько лучше было бы иметь вопросы универсальные, работающие независимо от конкретного содержания темы, помогающие открывать новое даже в том случае, если и учитель не знает конечного ответа! Ведь именно так работает профессиональный специалист по ТРИЗ в режиме поиска, при решении сложных задач временной рабочей группой. Большим подспорьем в проблемном обучении может послужить и методика решения исследовательских задач.

Под новым углом зрения позволяет взглянуть ТРИЗ и на методику В. Ф. Шаталова, которого нередко обвиняли в том, что его методология способствует зубрежке и не воспитывает творчески. Это обвинение легко отвести — среди его бывших учеников немало творческих людей. Одна из причин его достижений в том, что информация не может быть свернута произвольно. Даже лист гофрокартона удобно складывается не в любом направлении, а по гофрам. Так и информация сворачивается в соответствии со скрытыми в ней закономерностями. Таким образом, обучая свертыванию, Шаталов одновременно учит выявлению закономерности — очень важному элементу творческого мышления.

Педагогика творчества не может быть реализована без обучения технологии решения творческих задач, поэтому ТРИЗ должна стать обязательным предметом в школе. Кроме того, элементы ТРИЗ эффективно работают и при преподавании обычных школьных предметов. Несколько лет назад в одной из кишиневских школ был начат эксперимент по факультативному преподаванию физики с использованием элементов ТРИЗ (в первую очередь использование физических

эффектов и явлений для решения изобретательских задач): вепольного анализа, метода «моделирование маленькими человечками» и т. д. В результате ребята, решая изобретательские задачи, гораздо лучше усваивали различные разделы физики, улучшилось понимание физических законов, снизилась зубрежка [26]. Аналогичный опыт имеется и в других городах. Работа по созданию концепции творческой педагогики на базе ТРИЗ — еще одно важное перспективное направление развития.

Обучение ТРИЗ

Преподавание ТРИЗ в отличие от традиционных предметов обладает рядом особенностей. Связаны они с тем, что наряду с передачей слушателям определенных знаний идет перестройка мышления, психологии, затрагиваются жизненные устои, создаются предпосылки к изменению последующей жизни в направлении увеличения доли творчества.

Исторически сложилось чрезвычайное многообразие форм обучения ТРИЗ. Среди них можно выделить основные:

разовые семинары, проводимые в разных городах приезжими преподавателями. Объем обучения от 40 до 140 учебных часов (от одной до четырех недель с полным отрывом от производства);

постоянно действующие в течение учебного года семинары с отрывом от производства на один день в неделю объемом 140—220 учебных часов, проводимые местными преподавателями на предприятиях либо при хозрасчетных организациях типа Домов техники или научно-технической пропаганды;

вечерние или заочные народные университеты научно-технического творчества, школы, факультеты технического творчества при институтах технического творчества и патентования ВОИР. Объем курса от 100 до 240 учебных часов в течение, как правило, учебного года (в отдельных случаях обучение двухгодичное объемом до 480 учебных часов);

семинары различного объема на патентных курсах (от 8 до 160 учебных часов) и в институтах повышения квалификации специалистов в объеме 144 и более учебных часов;

факультативные курсы в разного рода учебных заведениях: профтехучилищах и высших учебных заведениях объемом 40—60 учебных часов.

Курсы обучения объемом свыше 100 учебных часов заканчиваются, как правило, выпускной работой.

Краткосрочные семинары с полным отрывом от производства обладают рядом достоинств: обеспечивают интенсивную подготовку, сильное психологическое и эмоциональное воз-

действие на слушателей, хорошее восприятие материала за счет отключения от текущих дел. Вместе с тем за короткий срок слушателям часто не удается приобрести навыков самостоятельной работы. Длительные семинары с занятиями раз в неделю позволяют постепенно подключить слушателей к самостоятельной работе, усвоение материала улучшается благодаря достаточному времени на его обдумывание, чтение дополнительной литературы, подбор хороших практических задач. К недостаткам такого обучения следует отнести снижение эффективности из-за постоянного отвлечения на текущие дела, медленнее идет втягивание в систему мышления ТРИЗ.

В последние годы появилась и неплохо себя зарекомендовала новая очно-заочная форма обучения, совмещающая достоинства и свободная от многих недостатков, описанных выше. Такое обучение включает не менее двух циклов (например, два двухнедельных). В перерыве между циклами слушатели работают по индивидуальным или групповым заданиям по заочному принципу.

Обучение ТРИЗ преследует разные, в зависимости от предполагаемого объема занятий, цели: подготовка информированного о ТРИЗ человека (начальная подготовка); подготовка пользователей ТРИЗ; подготовка преподавателей ТРИЗ. Рассмотрим требования, которым должна удовлетворять каждая группа в результате обучения.

Информированный о ТРИЗ человек — это тот, кто прослушал лекцию (цикл лекций) по ТРИЗ в объеме 2—10 учебных часов, либо прочитал одну из книг по ТРИЗ без серьезной проработки. Он должен понимать основные идеи ТРИЗ: принципиальное отличие ТРИЗ от МПИО; закономерное развитие техники; противоречие как движущую силу развития и как признак изобретательской задачи; вред психологической инерции (при двухчасовой лекции эти требования могут выполняться лишь частично). В его распоряжении должны быть справка о ТРИЗ, одна или несколько книг.

Подготовка пользователя-1 включает обучение объемом 20—60 учебных часов либо тщательную проработку (с решением задач) последних книг по ТРИЗ [7, 10, 25]. Он должен представлять общую структуру ТРИЗ, уметь пользоваться отдельными инструментами ТРИЗ: приемами устранения технических противоречий, вепольным анализом, знать, как пользоваться стандартами на решение изобретательских задач. В его распоряжении дополнительно к указанным выше должны быть типовые приемы устранения технических противоречий, стандарты, краткий указатель физических эффектов и явлений (приложения 1, 2, 4, 6).

Подготовка пользователя-2 включает обучение объемом не менее 120 учебных часов, самостоятельную проработку последних книг по ТРИЗ. Он должен владеть и практически применять все инструменты и информационный фонд ТРИЗ для решения производственных задач, иметь собственный специальный информационный фонд (ведет картотеку интересных изобретений). Кроме того, пользователь-2 должен иметь общее представление о законах развития техники, прогнозировании, владеть практическими элементами ФСА, приемом обращения исследовательских задач, применять методы психологической активизации творчества, познакомиться с работами по качествам творческой личности и жизненной стратегии творческой личности [9, 24]. В его распоряжении должны быть АРИЗ последней модификации, указатели физических, химических, геометрических эффектов, картотека биографий творческих личностей, по возможности — жизненная стратегия творческой личности.

Подготовка преподавателя-1 осуществляется путем дальнейшей подготовки пользователей на семинарах второго цикла обучения либо самостоятельной дополнительной подготовки и проведения нескольких курсов обучения объемом свыше 20 учебных часов. Преподаватель-1 должен проработать все последние книги по ТРИЗ [7—10, 22—27]. Другой путь — проведение курса обучения объемом свыше 100 учебных часов в качестве преподавателя-стажера при более опытном преподавателе-2. Преподаватель-1, помимо упомянутого выше, должен ознакомиться с некоторыми элементами педагогики и психологии, методами генерации научно-фантастических идей; уметь понятно и интересно изложить материал, привязать имеющуюся программу к тому или иному контингенту слушателей и объему курса обучения; уметь подбирать и готовить учебные задачи; знать историю развития ТРИЗ, понимать ее перспективы. Преподаватель-1 должен внутренне принимать жизненную стратегию творческой личности, воспитывать в себе соответствующие качества, предпринимать попытки собственной исследовательской работы, пополнять фонд биографий творческих личностей. В распоряжении его должны быть расширенная картотека биографий творческих личностей, полный текст жизненной стратегии, конспекты семинаров, методические разработки по решению тех или иных типов задач, материалы по законам развития техники, картотеки изобретений, собранные другими специалистами по ТРИЗ, шкала «Фантазия». Преподаватель 1 должен постоянно повышать свою квалификацию (не реже одного раза в два-три года), поддерживать связь с коллегами, участвовать в проверке новых разработок по ТРИЗ.

Важнейший элемент в подготовке преподавателя-1 — самоподготовка, поэтапный рост квалификации. Направление роста — решение большого количества задач (как пользователя), переход от преподавания отдельных элементов курса под контролем более опытного коллеги к преподаванию курса в целом.

Преподаватель-2 — это, как правило, человек, занимающийся ТРИЗ профессионально, основной метод подготовки — самоподготовка, включающая проработку всех книг по ТРИЗ, в том числе и ранних, а также других книг по проблемам обучения научно-техническому творчеству. Он должен изучить основные работы классиков материалистической диалектики; иметь представление о работах психологов и философов, работающих в области методологии творчества, постоянно читать литературу по истории науки и техники, в том числе следить за развитием какой-то конкретной области техники, науки или искусства, изучать опыт работы других преподавателей ТРИЗ.

Преподаватель-2 должен также уметь самостоятельно разработать программу (цикл программ) для обучения ТРИЗ, рассчитанную на любой контингент слушателей, иметь (широкий кругозор и постоянно его расширять, иметь основную и, как правило, несколько дополнительных исследовательских тем в отдаленных друг от друга областях. Ему необходимо знать основы сценического поведения, лекторской речи. Он должен вести самостоятельную исследовательскую работу в области развития творческой личности, необходимую в первую очередь для формирования собственной личности, знать систему собственных целей.

Процесс становления специалиста по ТРИЗ от простой информированности о ее существовании до специалиста высшей квалификации — преподавателя-2 постепенный, обычно идет по этапам подготовки (приведенным выше) и занимает от 3 до 5 лет. Причем необходимо понимать, что преподавание является необходимым моментом в подготовке. Поэтому на любом семинаре по ТРИЗ перед слушателями ставят цель — начать преподавание ТРИЗ (пусть в небольшом объеме) в любом месте — на своем предприятии, в школе. Это является обязательным моментом завершения обучения на том или ином этапе подготовки.

Очень часто требование начать обучение вызывает у слушателей, только что прослушавших курс, опасения, справятся ли они с этим, не дискредитируют ли ТРИЗ из-за еще слабой квалификации. Многие считают, что отсутствие (по их мнению) особых данных (артистизма, эрудиции, педагогического таланта и т. п.) обрекает их на неудачу. Опасения

эти необоснованны. Опыт показал, что хорошим преподавателем ТРИЗ может стать любой человек при одном условии: он должен быть убежден в полезности и необходимости своего дела. Именно эта убежденность обеспечивает добросовестную подготовку к занятиям, хороший контакт со слушателями и соответственно успех дела. А опыт постепенно нарабатывается и тем быстрее, чем интенсивнее преподавание.

Наиболее трудной категорией слушателей являются, как правило, опытные, высококвалифицированные инженеры, имеющие изобретения, глубоко убежденные, что они люди творческие и не нуждаются в дополнительном обучении. В этом убеждении они укрепляются в первые дни занятий, когда преподаватель, ориентирующийся на самых слабых, дает относительно несложные задачи, которые опытные специалисты легко решают перебором вариантов. Ситуация еще более обостряется, когда на обучение люди приходят не добровольно, а направленные более дальновидным руководством. Если такая аудитория «достаётся» начинающему преподавателю, он должен проявить большой такт по отношению к слушателям. Наиболее подходящая при этом позиция информатора: «Вот есть такая теория, приглядитесь, возможно, она окажется вам полезной». Такой подход позволяет снять психологические барьеры на начальной стадии обучения, втянуть слушателей в работу, не ущемляя чувство их собственного достоинства.

Начинающий преподаватель должен также понимать, что знакомство с ТРИЗ, овладение техникой решения задач требует от слушателей большой и сложной работы, и им придется куда труднее, чем ему — преподавателю. Поэтому к слушателям нужно относиться в духе популярной сегодня педагогики сотрудничества. Хорошим подспорьем для преподавателя в этом отношении могут быть правила общения, рекомендованные для руководителей ВРГ при проведении ФСА.

Учитывая специфику преподавания такого предмета, как ТРИЗ, необходимо стремиться к максимальному снижению психологических барьеров, воспитанию у слушателей уверенности в своих силах, в решаемости любых задач. Серьезные требования предъявляются к стилю проведения занятий, к отношениям преподавателя с аудиторией. Практика показывает, что проведение занятий в обычной лекционной форме, без обратной связи с аудиторией, как правило, оказывается малопродуктивным. Большинство преподавателей ТРИЗ ведут занятия в простой разговорной манере, постоянно обращаясь к аудитории, вовлекая в работу всех слушателей, даже самых неактивных. В занятиях обязательно должен присутствовать элемент игры, состязания.

Одним из средств повышения эффективности запоминания материала, снятия напряжения является использование технических анекдотов, забавных, любопытных историй и т. д. При этом необходимо, чтобы они не нарушали пристойности и никого из присутствующих лично не задевали. Истории должны быть уместны, относиться к теме занятий, их нужно постоянно накапливать.

Благоприятная эмоциональная атмосфера на занятиях позволяет увеличить нагрузку для слушателей без повышения утомляемости. Часто проводятся семинары с отрывом от производств по 8 учебных часов в день, с большим перерывом (час-полтора) на обед и отдых. Поскольку восприятие в течение дня при таком режиме меняется, необходимо точно распределять материал по уровню сложности. Так, на последних парах не рекомендуется давать лекционный материал, лучше решать задачи, обсуждать материалы по формированию творческой личности.

Напряженная программа занятий, обязательные домашние задания делают очень трудной, а порой и невозможной работу с большими группами. Оптимальный размер группы 20—30 человек. С каждой группой целесообразно работать параллельно двум преподавателям. Смена преподавателей облегчает восприятие материала слушателями, кроме того, появляется возможность проверки домашних заданий не к следующему занятию, а в день сдачи, что резко повышает заинтересованность в их выполнении. Еще одно дополнительное преимущество заключается в том, что обеспечивается возможность введения новых преподавателей.

Вести занятия вдвоем можно по-разному, например, с четким разделением материала, когда один преподаватель по теме считается основным, а другой — дополняет; возможно и полное равноправие, в том числе и дискуссии между преподавателями по спорным вопросам — такой подход оживляет обстановку, демонстрирует слушателям, что ТРИЗ — не догма.

Как готовиться к занятиям? Лучший способ — подготовка подробных конспектов будущего занятия с обязательной записью первой и последней фразы. Но пользоваться этим конспектом непосредственно на занятиях ни в коем случае нельзя — возникает труднопреодолимое желание его зачитать, что обязательно испортит лекцию. Гораздо лучше, написав конспект, составить по нему краткий план на листке малого формата (удобно на карточке-перфокарте). Отдельно должны быть подготовлены подробные записи условий задач, которые будут предложены слушателям.

В первое время чрезвычайно трудно рассчитать заранее

время, необходимое для изложения той или иной темы. Поэтому рекомендуется первые лекции наговаривать на магнитофон.

Начинающие преподаватели часто сталкиваются с тем, что материал на занятии проговаривается быстрее, чем они рассчитывали. Причина обычно в том, что они чувствуют себя перед аудиторией еще недостаточно уверенно, из-за этого больше говорят сами и меньше дают слово слушателям, опасаясь неожиданных вопросов или незапланированных ответов. Со временем это проходит, а поначалу необходимо на каждую лекцию иметь запасной материал, особенно запасные задачи (бывает, что кто-то знал ответ на задачу заранее, выкрикнул его — и анализ уже невозможен...).

При планировании очередного занятия необходимо обеспечить многоаспектный характер, чтобы было несколько слоев: технический, человеческий, социальный...

Эффективность обучения резко повышает использование различных наглядных пособий — плакатов, иллюстрирующих основные положения ТРИЗ, тексты задач и рисунки к ним, подробные разборы задач. Многие преподаватели используют и нетехнический иллюстративный материал, — например, репродукции представителей классической и современной живописи. Там, где это возможно, в перерывах включают музыку.

Овладение ТРИЗ невозможно без большой самостоятельной работы. Поэтому преподаватель должен добиваться обязательного выполнения домашних заданий: на каждом занятии слушатели получают не менее двух заданий. Одно из них сохраняется на протяжении всего курса — резюме прошедшего занятия, включающее следующие разделы: краткий план-конспект занятия (не более страницы); формулировку цели каждого раздела занятия; что особенно понравилось, запомнилось и почему; вопросы, неясности, возражения; предложения по улучшению организации и ведения занятий; субъективная оценка занятия по пятибалльной шкале.

Опыт показал, что работа над резюме повышает эффективность обучения благодаря, во-первых, обязательному повторению и упорядочению пройденного материала, во-вторых, появлению надежной обратной связи, в результате которой быстро разрешаются различные затруднения, возникающие у слушателей, не накапливаются возражения. Помимо ежедневных могут быть резюме и за неделю (за месяц) занятий, по определенной теме.

В качестве других домашних заданий слушателям предлагаются самостоятельное решение ученых изобретательских задач (а в конце курса и производственных), составление

рефератов по той или иной теме, подбор информации по изобретениям, чтение, оценка и придумывание фантастики и другие.

Помимо домашних заданий слушателям предлагаются также аудиторные самостоятельные (контрольные) работы, в основном по решению задач. При выполнении разборов задач по АРИЗ (особенно в начале его освоения) преподаватели могут ходить между рядами, контролируя правильность хода решения. Время от времени полезно подводить промежуточные итоги разбора, после чего, выправив линию анализа, слушатели снова продолжают работу. Важной формой самостоятельной работы является взаимное рецензирование. Преподаватель потом проверяет как сами работы, так и рецензии на них. Взаимное рецензирование чрезвычайно полезно, так как большинство слушателей гораздо лучше видят чужие ошибки, чем собственные.

Даже одиночные лекции по ТРИЗ желательно сопровождать раздачей слушателям учебных материалов. Виды таких методических материалов определяются в соответствии с категорией подготовки (пользователей, преподавателей). Очень полезно во время обучения снабжать слушателей справками, содержащими краткий конспект занятий за неделю (месяц), которые готовит преподаватель.

При разработке программ обучения необходимо исходить из объема курса и подготовленности слушателей. В наиболее общем случае программа может включать следующие разделы:

1. Введение.
2. Диалектика, законы развития и история творчества в различных областях человеческой деятельности.
3. Методы психологической активизации творчества.
4. Инструменты ТРИЗ.
5. Информационный фонд изобретателя.
6. Развитие творческого воображения (РТВ).
7. Основы ФСА.
8. Формирование творческой личности.
9. Преподавание ТРИЗ.

Традиционная ошибка начинающих преподавателей — попытка втиснуть всю ТРИЗ в курс малого объема, рассказать обо всем понемножку. Гораздо эффективнее строить программу так, чтобы даже при двадцатичасовом курсе слушатели хорошо познакомились с одним инструментом ТРИЗ (например, приемами устранения технических противоречий или вепольным анализом), а об остальных разделах ТРИЗ получили общее представление.

Приведенная здесь программа лишь примерная. Каждый

преподаватель на базе имеющихся у него программ других преподавателей должен составить свою, учитывающую его собственные возможности, знания, лучшее владение тем или иным разделом курса.

Остановимся на особенностях преподавания разделов курса.

Введение должно давать представление об истории возникновения и развития методов творчества, об основных разделах будущего обучения. С первого занятия и затем в течение всего курса необходимо убедительно показывать несовершенство, а также прямой ущерб который наносит МПИО. Примеры, подтверждающие необходимость и неизбежность ухода от МПИО, приведены в различных книгах по ТРИЗ.

Диалектика развития и история творчества включает в качестве главной составляющей курс законов развития технических систем. У этого раздела две основные задачи. Первая (практическая) — дать слушателям возможность самостоятельно использовать закономерности при прогнозировании, поиске и решении практических задач. Вторая (идеологическая) — воспитание понимания единства и системности развития, его объективности и закономерности. На этот раздел ложится главная нагрузка в формировании диалектического и системного мышления. К сожалению, большинство инженеров после окончания высшего учебного заведения не имеет этих необходимых составляющих творческого мышления, не понимает и не принимает идеи системности, непрерывности развития. Для повышения эффективности раздела целесообразно показывать слушателям примеры развития не только в технике, но и в других областях человеческой деятельности: науке, искусстве, социальных системах (коллективах), обращая внимание на общие моменты развития.

Методы психологической активизации творчества как самое лучшее из того, что было создано на базе МПИО, должны быть представлены в курсе в достаточном объеме, чтобы слушатели сами могли убедиться в их слабой эффективности при решении сложных задач, но умели пользоваться в простых случаях.

Инструменты ТРИЗ — важнейшая часть курса. В обучении владению инструментами решения задач имеется немало специфических моментов, отличающих его от преподавания обычных учебных предметов и роднящих скорее со спортом. Здесь, как и в спорте, недостаточно изучить теорию — для выработки нужных навыков необходимы длительные тренировки, самостоятельное решение большого количества задач. Именно овладение техникой последовательного анализа за-

дач по АРИЗ, перехода от системы к подсистемам и в конечном счете к одному элементу или его микроскопической частице, последовательное формулирование технических и физических противоречий больше всего дает для воспитания диалектического и системного мышления. Опыт многолетнего использования ТРИЗ многими специалистами свидетельствует о том, что со временем техника анализа может доводиться до подсознательного уровня, когда при знакомстве с задачей сразу видны скрытые противоречия и возможности совершенствования системы на разных уровнях.

Большое значение имеют выбор задач и форма их подачи. Задачи должны быть из разных областей техники, позволять многократное возвращение к ним, демонстрировать различные механизмы решения.

Формулировки учебных задач должны быть тщательно отработаны для исключения возможности непонимания и связанных с этим ошибок в решении. При обучении групп по многочасовым (свыше 60 учебных часов) программам наряду с учебными задачами необходимо проводить и решение задач, предложенных слушателями.

Решение практических задач слушателей — серьезное испытание даже для опытных преподавателей, так как требует особого опыта. Для облегчения ситуации можно предложить следующие рекомендации:

1. Преподаватель никогда не должен обещать решить задачу. Правильная позиция такая: «Мы вместе посмотрим Вашу задачу с позиций ТРИЗ. Мы будем ее решать, но вовсе не должны ее решить, ибо в это понятие входит и конструктивная проработка идеи, и внедрение и т. д. Но мы можем с помощью ТРИЗ превратить нерешаемую по причине плохой постановки задачу в другую, которая даст при решении нужный эффект. И вообще мы ищем только идею решения. Это не снимает необходимости нормальной работы конструкторов, других специалистов».

2. Решение практических задач не должно нарушать нормального ритма и программы занятий, затеваться без соответствующей подготовки. Задача должна «работать» на изучаемый материал. Для этого в начале занятий преподаватель может собрать у слушателей задачи, которые они хотели бы решить (изложенные письменно, подробно и без специальной терминологии). Затем преподаватель анализирует собранные задачи и определяет, в каком разделе курса удобнее их использовать. Решение задачи производится после изучения соответствующего раздела курса и разбора слушателями достаточного количества учебных задач на эту тему.

3. В процессе анализа задачи преподаватель должен пос-

тоянно помнить, что его цель — не столько решение конкретной задачи, сколько обучение решению, а задача — всего лишь средство обучения. Поэтому необходимо не только использовать ТРИЗ, но и постоянно обосновывать свои действия с позиций ТРИЗ, показывать механизм своей работы. Ни в коем случае нельзя увлекаться получением результата, увязать в деталях решения. Необходимо менять подходы, привлекать разные инструменты и т. д.

Решение практических задач убеждает слушателей в возможностях ТРИЗ гораздо сильнее, чем решение учебных задач, обеспечивает комплексное повторение материала, включает слушателей в процесс сотворчества, убеждает их в собственных возможностях. Необходимо отметить, что это прибавляет уверенности и преподавателю тем в большей степени, чем чаще он проводит такую работу.

Рекомендации по выявлению и формулированию практических задач приведены в приложении 12.

Информационный фонд изобретателя и принципы его формирования также изучаются в течение всего курса. Все разделы ТРИЗ иллюстрируются специально подобранными примерами сильных изобретательских решений из разных областей человеческой деятельности. Повышению информированности слушателей об интересных физических, химических и других эффектах и явлениях, остроумных решениях способствует подбор задач. Кроме этого, регулярно проводятся и специальные занятия, на которых слушателей знакомят с группой тех или иных физических эффектов, например, по использованию в изобретательстве электростатики, магнитных полей, акустики и т. д.

Большую пользу приносят специалистам картотеки интересных решений. ТРИЗ позволяет привести эти картотеки в единую систему, классифицированную по разделам ТРИЗ: законам развития, видам физических или технических противоречий, стандартам и т. д. Подбор 2—3 карточек по той или иной теме можно включать в каждое домашнее задание при длительных циклах обучения. Это активизирует слушателей, заставляет их читать технические журналы, бюллетень изобретений и другую литературу.

Для проведения занятий по *развитию творческого воображения* преподаватель должен заранее подготовить 50—150 фантастических рассказов (обычно это вырезки из различных научно-популярных журналов), которые на каждом занятии раздаются слушателям для чтения. Время от времени слушатели получают задание не просто прочитать рассказ, но и оценить его по шкале «Фантазия». Оценки обсуждаются на занятиях, здесь же происходит поиск возможностей их улуч-

шения с помощью методов генерации фантастических идей (см. с. 250).

Основы ФСА включают экономические и организационные вопросы создания и работы временных рабочих групп.

Для полного овладения методологией СФА необходим опыт практической работы, охватывающий все аспекты деятельности специалистов по ФСА — начиная с вопросов организации службы ФСА и кончая проведением конкретного ФСА по тому или иному изделию. Для приобретения необходимого опыта в кратчайшие сроки наиболее простым путем является проведение деловых игр.

Для подготовки специалистов по ФСА могут быть использованы игры, ориентированные на отработку разных сторон деятельности по ФСА, например:

деловая игра «Создание службы ФСА предприятия», включающая разработку ролевых установок специалистов разных подразделений предприятия (начиная с его руководства), различные варианты организации службы ФСА, подготовку основных организационных и методических документов по ФСА, подбор специалистов во временные рабочие группы;

деловая игра «Агитация и обучение», включающая вопросы подготовки общественного мнения к восприятию ФСА, разработки основных агитационных материалов, в том числе информационных статей, заметок, обзорных лекций и сообщений, вопросы подбора специалистов для обучения, программы и методические разработки для преподавания ФСА;

деловая игра «Проведение ФСА конкретного объекта», включающая подготовку основных документов по ФСА конкретного объекта, проведение учебной группой в достаточно большом объеме поисковой стадии ФСА по выбранному объекту с экспертизой полученных предложений и оформлением по результатам поискового этапа предложений ФСА, рационализаторских предложений и заявок на изобретения.

Преподаватель, проводящий деловую игру по ФСА конкретного объекта, должен показывать слушателям на собственном примере механизм работы, объяснить, как получено решение, какие методы и приемы были использованы. Как правило, при проведении деловой игры он заранее знает большинство решений, которые должны быть найдены, однако не должен сообщать эти решения группе. Участники игры ищут эти решения самостоятельно. Важно подключить к поиску максимальное число слушателей, используя как прямые вопросы, обращенные персонально к тому или иному участнику, так и методы организации коллективной работы, например мозговой штурм.

Серьезные требования предъявляются и к выбору объекта для проведения деловой игры. Объект этот должен быть достаточно прост и хорошо известен всем участникам работы, чтобы не приходилось тратить время на ознакомление с ним. Он должен содержать сравнительно небольшое количество деталей, чтобы не слишком затягивалась работа по его анализу. Размеры объекта должны быть сравнительно невелики, чтобы можно было рассматривать объект в натуре. Фактически всем этим требованиям отвечают простые устройства домашнего пользования, такие как утюг, кофемолка, миксер, разного рода замки и т. д.

Примером проведения такой деловой игры может служить анализ бытовой мясорубки, приведенный в III главе.

Количество часов, непосредственно отведенных на вопросы *формирования творческой личности*, в общем объеме курса относительно невелико. Они отводятся на ознакомление с картотекой биографий и жизненной стратегией творческой личности. Но сама тема проходит через все обучение. С биографиями и результатами деятельности различных творческих личностей слушатели знакомятся постоянно при изучении истории науки и техники, фантастики и т. д. Каждое занятие должно работать на создание у слушателей убеждения, что творчество — самое достойное занятие человека, помогать им выработать у себя необходимые для творчества качества. Анализ биографий тех или иных творческих личностей может предлагаться слушателям в виде отдельных домашних заданий.

Вопросы преподавания ТРИЗ включают основы техники преподавания, элементы психологии общения и руководства малыми коллективами. При подготовке преподавателей необходимо знакомить слушателей с современными методами обучения, передовой педагогической мыслью [28]. На занятиях по этой теме также могут быть использованы приведенные выше рекомендации.

Заключение

Внедрение ТРИЗ в стране является уникальным опытом несанкционированной сверху инициативы, удовлетворяющей насущную, хотя и не сформулированную официально, потребность общества. Если бы эта потребность отсутствовала, никакие усилия горстки энтузиастов не смогли бы обеспечить развертывание работы по всей стране. Тем не менее период длительного застоя, пережитый нашей страной в 70—80-е годы, когда ТРИЗ оформилась как наука, снизил результаты, которые могли быть получены при ее использовании. Сегодня нет сомнений в необходимости ТРИЗ для всех категорий работников, ТРИЗ успешно осваивается школьниками, студентами и т. д. Что же мешало ее распространению?

Главной причиной, безусловно, была (и еще не преодолена окончательно) незаинтересованность промышленности в целом и отдельных предприятий в частности во внедрении изобретений. Система планирования, материального поощрения и выплаты вознаграждения авторам изобретений приводила к тому, что предприятие, первым внедрившее изобретение (и, следовательно, взявшее на себя серьезные трудности и проблемы, связанные с внедрением), чаще всего оказывалось в невыгодном положении.

Затянулся также период, в течение которого распространение ТРИЗ шло только на общественном уровне, практически при отсутствии людей, занимающихся ТРИЗ профессионально, вне системы государственного обучения. О том, насколько интенсивнее могла развиваться ТРИЗ при государственной поддержке, говорит факт ее быстрого распространения по городам страны в тот недолгий период, когда ЦС ВОИР поддерживал это движение. В десятках городов открылись и окрепли новые школы, и остановить этот процесс уже оказалось невозможно, несмотря на то, что поддержка в скором времени сменилась негативным отношением. В настоящее время отношение этой организации к ТРИЗ безразличное, как и Комитета по делам изобретений и открытий, хотя в последнем и создан отдел по обучению изобретательству.

Внедрению ТРИЗ продолжают мешать и социально-психологические причины. Существует определенная категория людей, убежденных в том, что научить творчеству невозможно, что все определяется врожденными способностями или в крайнем случае задатками, которые можно развить. Среди них те, кто считает, что этими способностями обделены и поэтому учиться бесполезно, и опытные изобретатели,

для которых очень важно ощущение собственной исключительности. Последние иногда становятся врагами ТРИЗ, лишаящей их «монополии» на талант. К ним порой примыкают и некоторые приверженцы ТРИЗ, по тем или иным причинам отошедшие от активной деятельности.

Еще одна группа недоброжелателей — люди, готовые признать эффективность ТРИЗ и отвергающие ее потому, что, как им кажется, она отнимает у человека радость творчества, превращая творческие задачи в рутинные (в основном это представители гуманитарной и научной интеллигенции). Такой опасности не существует. В истории человечества идет постоянное исключение тех или иных видов деятельности из числа творческих, но творчества стало не меньше, а больше. Так, в XIII веке огромных творческих усилий требовало простое деление больших чисел (это было связано с использованием римских цифр). Введение арабских цифр с позиционной системой счисления позволило превратить деление в механическую операцию — и дало возможность дальнейшего развития математики. А создание системы алгебраической записи превратило высокое искусство решения квадратных и кубических уравнений (в XV веке устраивались турниры: кто быстрее решит?) в банальную процедуру и открыло новые пути великой науке. Так происходит постоянное вытеснение творчества на все более высокий уровень. ТРИЗ — не исключение, она действительно переводит огромное количество творческих изобретательских задач в разряд стандартных, но она же и ставит новые... Кроме того, за долгие столетия человеческой цивилизации для многих метод проб и ошибок и творчество стали синонимами. Без перебора вариантов, неудач и озарений для некоторых нет радости творчества. Но те, кто владеет ТРИЗ, знает, какое удовлетворение доставляет работа по выработанным людьми правилам, сознание, что еще одна тайна природы стала достоянием человека.

Интересно, что возражения против ТРИЗ эволюционировали по мере ее развития. В начале, когда весь багаж ее заключался в группе изобретательских приемов, основное возражение сводилось к тому, что никаких приемов быть не может, что творчество должно быть абсолютно свободным и непредсказуемым. Когда появился АРИЗ, оппоненты стали соглашаться с тем, что отдельные приемы полезны, но «об алгоритме не может быть и речи!» Сегодня, когда ТРИЗ включает помимо приемов и алгоритма систему стандартов, законов развития технических систем, всеполюсный анализ и другие разделы, критики, принимая АРИЗ, категорически

возражают против существования теории изобретательства. Можно предвидеть и будущие возражения: «Теория — может быть, но не наука!»

К сожалению, нужно отметить, что в большинстве своем возражения против ТРИЗ идут со стороны людей, знакомых с ТРИЗ понаслышке, не проходивших обучение. И возражают они не по существу, а «из общих соображений», по принципу «этого не может быть, потому что... не может быть никогда» (потому что «творчеству нельзя учить...»).

Можно ли считать ТРИЗ в ее сегодняшнем понимании наукой? Все зависит от того, что под наукой понимать. Если считать ею только систематизированную отрасль знаний с высоким уровнем формализации, как, например, в теоретической физике, то ТРИЗ — не наука. Но тогда нельзя считать науками и большинство гуманитарных дисциплин, многие разделы биологии и т. п. Если же принять определение, по которому наука — это сфера человеческой деятельности, функцией которой является выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности (Философский энциклопедический словарь. М: Советская энциклопедия, 1983), то ТРИЗ этому определению соответствует. Кроме того, вопрос «наука или не наука» (или-или) в принципе метафизичен. Ни одна наука не возникла сразу в готовом виде. Определить миг рождения науки трудно, часто просто невозможно: количественные изменения суммируются, новое качество появляется неуловимо — в течение какого-то отрезка времени. Но суть этого процесса в следующем: на смену суевериям, мифам, принимаемым на веру догматам, субъективным представлениям приходит научное исследование. Проверяются на практике предположения, достоверными признаются лишь те результаты, которые могут быть воспроизведены, выявляются объективные законы и т. д. В дальнейшем многие первоначальные положения новой науки могут оказаться неточными, даже ошибочными, но это не имеет значения для факта ее появления. Типичный пример — переход от алхимии к научной химии. Даже самая ранняя химия XVIII века, наивная с сегодняшних позиций, — это уже наука. Интересно, что термодинамика стала наукой, когда главным понятием в учении о теплоте оставался несуществующий «теплород», а такого фундаментального понятия, как «энтропия» просто не существовало. Лет через сто сегодняшняя химия тоже покажется наивной, но разве есть сомнения, что современная химия — наука?!

В техническом творчестве долгое время господствовали «алхимические» представления (рудименты и сохранились

и поныне): творчество непознаваемо, процесс творчества неуправляем, учить творчеству нельзя и т. п. Вместо исследования сущности явлений навешивались ярлыки: человек успешно решил задачу — назовем это интуицией, вот и все объяснение. Как и во всякой алхимии, существовала вера в счастливый случай, теоретики вполне серьезно рассуждали о магии озарения и возможности решения задач во сне. Предполагалось, что все секреты творчества спрятаны в голове изобретателя. То, что сделано в ТРИЗ за последнее время (переход к пониманию объективности процесса развития техники, выявление законов развития, корнями уходящих в универсальные принципы диалектики, разработка основ всеполюсного анализа и классификации изобретательских задач на его основе, создание системы стандартов, использующих информационный фонд) позволяет считать, что ее подход к развитию технических систем — достаточно точная наука. Это подтверждается и высокой степенью повторяемости результатов: практически все слушатели, прослушавшие курс обучения не менее 140 часов и выполнявшие все учебные задания, стабильно решают с помощью инструментов ТРИЗ задачи высокой сложности, выходят на близкие решения, что практически невозможно при переборе вариантов. Тем не менее сегодня в ТРИЗ немало и эмпирических элементов. Это не страшно, ведь эмпиризм вытесняется строгостью не в один момент. Даже столетиями существующие науки содержат еще немало эмпирического.

Конечно, ТРИЗ пока является наукой на начальном этапе своего пути. Но с учетом современных темпов развития любой науки можно ожидать, что в считанные годы она выйдет из «детства», обзаведется развитой понятийной системой, свойственной любой зрелой науке.

Может возникнуть вопрос: а стоит ли спорить о том, является ли ТРИЗ наукой? Ведь независимо от того, наука она или совокупность эмпирических методов, ТРИЗ работает, позволяет успешно решать задачи. Так не все ли равно, какой ей присвоить «чин»? Разница есть. От того, как воспринимать ТРИЗ, зависит стратегия дальнейшего движения вперед в области технологии творчества. Именно поэтому, не дожидаясь официального признания в качестве новой, точной науки, ТРИЗ смело идет вперед, постепенно перерастая в теорию развития творческой личности (направление стратегии творческой личности), общую теорию сильного мышления (создание методологии решения творческих задач в нетехнических областях) и общую теорию развития систем.

Может ли ТРИЗ сегодня (или в будущем) решать любые

задачи? Конечно, нет. Задача, как уже говорилось, может быть неправильно поставлена, оказаться просто ненужной. Но ТРИЗ может обеспечить возможность совершенствования любой системы, как именно — зависит от конкретных обстоятельств. Если система находится на первом или втором этапе S-кривой, то с помощью ТРИЗ должны быть сформулированы и решены задачи по дальнейшему развитию в рамках существующей конструктивной концепции, а если на третьем — путем замены «загнувшихся» подсистем или перехода к новому принципу действия.

В данной книге ряд разделов изложен кратко, даже фрагментарно, это неизбежно — сегодня ТРИЗ невозможно полностью изложить в одной, пусть даже очень толстой, книге. Более того, необходимо предупредить читателя, что к тому времени, когда она будет прочитана, некоторая ее часть устареет: появятся более глубокие исследования законов развития, более эффективные инструменты решения задач, новый опыт их практического применения. Сегодня ТРИЗ миновала первый перегиб на своей S-кривой, и ей предстоит этап бурного роста. Для того чтобы его не задерживать на десятилетия, необходимо наконец перейти к поддержке новой науки, обеспечить оптимальное сочетание общественных, государственных и кооперативных форм внедрения; ввести преподавание ТРИЗ в школах, высших учебных заведениях, институтах повышения квалификации и т. д., объединить энтузиастов-разработчиков в научно-исследовательские организации, создать специальные изобретательские центры для решения наиболее актуальных задач в разных областях науки и техники; разработать и издать в достаточном количестве учебники и учебные пособия, организовать подготовку квалифицированных преподавателей. Именно тогда ТРИЗ станет эффективным подспорьем тем политическим и экономическим реформам перестройки, которые призваны вывести нашу страну из застоя.

Приложения

1. ТИПОВЫЕ ПРИЕМЫ УСТРАНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ

1. Принцип дробления:

- а) разделить объект на независимые части;
- б) выполнить объект разборным;
- в) увеличить степень дробления объекта.

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

2. Принцип вынесения. Отделить от объекта мешающую часть (мешающее свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть (нужное свойство).

В отличие от предыдущего приема, состоящего в делении объекта на одинаковые части, здесь имеется в виду разделение объекта на разные части.

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

3. Принцип местного качества:

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

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

4. Принцип асимметрии:

- а) перейти от симметричной формы объекта к асимметричной;
- б) если объект асимметричен, увеличить степень асимметрии.

Примеры. *Воронка для сыпучих материалов включает конусную часть и примыкающий к ней цилиндрический канал. Для увеличения пропускной способности воронки ось цилиндрического канала смещена относительно оси конусной части на расстояние 0,35—0,5 диаметра канала.*

Эксцентрично расположенная щетина на вращающейся щетке работает эффективней, а для того, чтобы щетка не прыгала по обрабатываемой поверхности, диск, несущий щетину, тоже сделан эксцентрично, но со смещением в противоположную сторону.

5. Принцип объединения:

- а) объединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты;
- б) объединить во времени однородные или смежные операции.

Примеры. *Бульдозер из двух тракторов. Отвал расположен между ведущим передним и ведомым задним тракторами. Управление осуществляет один тракторист из ведущего трактора.*

Семена плодовых деревьев сажают по три в каждую ямку так чтобы стебельки вышли пучком. Через два месяца после прорастания из каждой

тройки оставляют лучший, а остальные обрезают. А корневые системы, оказавшиеся без наземной части, соединяют с оставленными проростками. Получая от корней утроенное количество воды и питательных веществ, саженец растет очень быстро.

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

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

7. Принцип «матрёшки»:

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

б) один объект проходит сквозь полости в другом объекте.

Примеры. При заправке автомобилей бензином часть его испаряется. Для предотвращения потерь американские инженеры предложили использовать спаренный коаксиальный шланг: внутренний подает бензин, наружный отсасывает пары.

С целью уменьшения габаритов двигателя и повышения его КПД предложено гребные винты устанавливать так, чтобы лопасти одного вращались между лопастями другого.

8. Принцип антивеса:

а) компенсировать вес объекта соединением с другим, обладающим подъемной силой;

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

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

9. Принцип предварительного противодействия.

а) заранее придать объекту напряжения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим напряжениям;

б) если по условиям задачи необходимо совершить какое-то действие, надо заранее совершить противодействие.

Примеры. Стальная пружина будет прочнее, если заготовку предварительно растянуть, скрутить, снова растянуть и лишь после того намотать.

Для предотвращения возникновения вибраций при резании металла чашечный резец предварительно нагружают усилиями, близкими по величине и направленными противоположно усилиям, возникающим в процессе резания.

10. Принцип предварительного действия:

а) заранее выполнить требуемое действие (полностью или хотя бы частично);

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

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

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

Примеры. Чтобы замерзшая вода не разорвала каток, предложено в емкость предварительно поместить на стержне цилиндр из эластичного пеноматериала с ячейками, заполненными газом. Объем газа должен быть больше прироста объема воды при ее замерзании.

Таблетку снотворного окружают сначала слоем вещества, замедляю-

щего растворение, а затем слоем рвотного средства. Если проглотить много таких таблеток, количество рвотного средства достигнет критической массы и таблетки будут выброшены из желудка.

Система защиты от воровства содержит фальшивую пачку денег, внутри которой помещается заряд вещества для лишения вора подвижности и указания его местоположения.

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

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

13. Принцип «наоборот»:

а) вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие;

б) сделать движущуюся часть объекта или внешней среды неподвижной, а неподвижную — движущейся;

в) перевернуть объект «вверх ногами», вывернуть его.

Примеры. При чистовой обработке резбовых поверхностей предложено начинать обработку резцом у дна впадины и с каждым проходом перемещать резец к вершине.

Вместо горячего клеймения животных предложено холодное при помощи инструмента, охлажденного жидким азотом. Оно почти безболезненно для животного.

14. Принцип сфероидальности:

а) перейти от прямолинейных частей к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим, от частей, выполненных в виде куба и параллелепипеда, к шаровым конструкциям;

б) использовать ролики, шарики, спирали;

в) перейти от прямолинейного движения к вращательному, использовать центробежную силу.

Примеры. Для более удобного техобслуживания автомобилей втамен конвейерной линии, вытянутой в нитку, изобретена карусель.

Для обеспечения возможности перемещения транспортного средства в любом направлении предложено колесо в форме шара.

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. Изобретен бульдозерный отвал в виде упругой ленты, которая изменяет свою форму, приспособляясь к различным условиям эксплуатации.

Предложена конструкция автомобиля, кабина которого при проезде под низким мостом опускается.

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

Примеры. Способ борьбы с градом, основанный на кристаллизации с помощью реагента (например, йодистого серебра) градового облака, в котором для резкого сокращения расхода реагента осуществляют кристаллизацию не всего объекта, а крупнокапельной (локальной) его части.

Способ плазменно-дуговой резки металлов, в котором для резки «с гарантией» дугу включают на полную (избыточную) мощность.

17. Принцип перехода в другое измерение:

а) трудности, связанные с движением (или размещением) объекта по линии, устраняются, если объект приобретает возможность переме-

щаться в двух измерениях (т. е. на плоскости). Соответственно, задачи, связанные с движением (или размещением) объектов в одной плоскости, устраняются при переходе к пространству в трех измерениях;

б) использовать многоэтажную компоновку объектов вместо одноэтажной;

в) наклонить объект или положить его «на бок»;

г) использовать обратную сторону данной площади;

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

Примеры. Изобретена двухэтажная пила, у которой нижние зубья разведены больше верхних. Такая пила очень чисто режет волокнистые материалы.

Свойства магнитных сердечников можно значительно улучшить, если сердечник изготовлен из ферромагнитной ленты и намотан в форме ленты Мёбиуса.

18. Использование механических колебаний:

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.

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

19. Принцип периодического действия:

а) перейти от непрерывного действия к периодическому (импульсному);

б) если действие уже осуществляется периодически, изменить периодичность;

в) использовать паузы между импульсами для другого действия.

Примеры. Процесс очистки электрических фильтров можно автоматизировать. Для этого необходимо на электроды фильтра подавать не постоянное, а периодически меняющееся высокое напряжение. Слой пыли при этом не задерживается, а падает под собственным весом.

Способ стимулирования роста растений, при котором на растения воздействуют взаимно перпендикулярными импульсными воздушными потоками, подаваемыми поочередно в диаметрально противоположных направлениях.

20. Принцип непрерывности полезного действия:

а) вести работу непрерывно (все части объекта должны все время работать с полной нагрузкой);

б) устранить холостые и промежуточные ходы.

Примеры. Пила, использующая для распиловки бревен как прямое, так и обратное движение лесопильной рамы.

Разработан плуг, на раме которого установлены левосторонний и правосторонний отвалы. Пропахав ряд, нажал кнопку — рама повернулась, и двигаясь обратно, паши новый ряд, земля отваливается в нужную сторону.

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

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

22. Принцип «обратить вред в пользу»:

- а) использовать вредные факторы (в частности, вредное воздействие среды) для получения положительного эффекта;
- б) устранить вредный фактор за счет сложения с другими вредными факторами;
- в) усилить вредный фактор до такой степени, чтобы он перестал быть вредным.

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

23. Принцип обратной связи:

- а) ввести обратную связь;
- б) если обратная связь есть, изменить ее.

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

24. Принцип «посредника»:

- а) использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие;
- б) на время присоединить к объекту другой (легкоудаляемый) объект.

Примеры. *Соединение разнородных металлов, например меди и алюминия, осуществляют, используя промежуточные прокладки, хорошо свариваемые между собой и с данными металлами.*

Способ нанесения летучего ингибитора атмосферной коррозии на поверхности деталей путем их обдувки нагретым воздухом, насыщенным парами ингибитора.

25. Принцип самообслуживания:

- а) объект должен сам себя обслуживать, выполняя вспомогательные и ремонтные операции;
- б) использовать отходы (энергии, вещества).

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

26. Принцип копирования:

- 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. *Изобретено устройство, которое позволяет точно определить расположение болезненного очага в организме. Оно состоит из системы линеек, на которые нанесены рентгеноконтрастные вещества. При просвечивании пациента деления четко видны на экране.*

С целью экономии дефицитной сварочной проволоки для обучения сварщика предложено использовать экструдер. Ученик выжимает окрашенное вещество (как пасту из тубика) и выводит на картоне швы.

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

Примеры. *Изобретен барьер для ограждения опасных участков дорог, который, разрушаясь, спасает столкнувшийся с ним автомобиль. Одна из балок барьера сделана легко деформируемой, она и гасит энергию соударения.*

Мобильное дорожное полотно прокладывается по болотам и другим труднопроходимым местам для наведения временных путей сообщения. Временная дорога, расстилаемая за несколько минут, достаточно крепка, чтобы по ней прошли грузовики.

28. Замена механической схемы:

а) заменить механическую схему оптической, акустической или «запаховой»;

б) использовать электрические, магнитные или 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. *Изобретен сигнализатор засоренности фильтра, в случае неблагоприятия испускающий резкий запах.*

Для точного и экономного расхода семян изобретено магнитное высеивающее устройство. Предварительно семена нужно превратить в драже с ферромагнитной оболочкой.

Если на поверхности шлифовального круга и на детали создать одинаковые по знаку и по величине электрические потенциалы, то шлифовальный круг не будет засаливаться.

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

Примеры. *Стальную трубу массой в несколько тонн трудно перемещать в раскаленной печной атмосфере. Предложено в печи устанавливать сопла для создания мощных воздушных потоков. Труба парит на воздушной подушке.*

Изобретен способ фиксирования нефтяного пятна на водной поверхности с помощью воздушного барьера. Место разгрузки танкера окружают перфорированными трубами (резиновыми), погруженными в воду. Компрессор нагнетает воздух. Пузырьки при тихой погоде удерживают до 800 м³ нефти.

30. Использование гибких оболочек и тонких пленок:

а) вместо обычных конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие пленки;

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

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

31. Применение пористых материалов:

а) выполнить объект пористым или использовать дополнительные пористые элементы (вставки, покрытия и т. д.);

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

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

32. Принцип изменения окраски:

а) изменить окраску объекта или внешней среды;

б) изменить степень прозрачности объекта или внешней среды.

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

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

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

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

34. Принцип отброса и регенерации частей:

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

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

Примеры. Пористые изделия из тугоплавких материалов получают с помощью щетки из легкоплавкого материала. На подложку с торчащей щетиной осаждают из парогазовой смеси материал изделия, а после удаления щетинок в нем остаются поры.

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

Вместо песка или дробы для пескоструйной обработки внутренних полостей деталей предложено использовать кусочки сухого льда. После обработки они испаряются и не засоряют механизм.

35. Изменение физико-химических параметров объекта:

а) изменить агрегатное состояние объекта;

б) изменить концентрацию или консистенцию;

в) изменить степень гибкости;

г) изменить температуру.

Примеры. Способ охлаждения сварочных горелок жидкой углекислотой.

Способ выравнивания поверхности сыпучего груза путем нагрева его до температуры плавления.

Наклонный ленточный конвейер, в котором для удержания груза используется его примораживание.

Для повышения производительности пиления предложено нагревать деревья в зоне резания токами сверхвысокой частоты.

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

Примеры. Изобретен домкрат с памятью формы, поднимающий грузы пакетом плоских пластин, каждая из которых «помнит», что при нагревании ей следует изогнуться.

Смазочно-охлаждающую жидкость замораживают в виде бруска и подают его в зону обработки металла.

37. Применение теплового расширения:

а) использовать тепловое расширение (или сжатие) материалов;

б) использовать несколько материалов с разными коэффициентами теплового расширения.

Примеры. Предложен способ получения биметаллических труб путем применения металлов, резко увеличивающихся в объеме при нагревании. В качестве расширителя используют кремний, германий, галлий и т. п.

Крышу парников предложено делать из шарнирно закрепленных пустотелых труб, внутри которых находится легко расширяющаяся жидкость. При изменении температуры меняется центр тяжести труб, поэтому они сами поднимаются и опускаются.

38. Применение сильных окислителей:

- а) заменить обычный воздух обогащенным;
- б) заменить обогащенный воздух кислородом;
- в) воздействовать на воздух или кислород ионизирующим излучением;
- г) использовать озонированный кислород;
- д) заменить озонированный (или ионизированный) кислород озоном.

Примеры. Процесс получения трехокси молибдена из вторичного сырья ведут при концентрации кислорода в потоке воздуха, равной 30—60%.

Для обеззараживания зерна в качестве окислителя используют озон.

Для образования защитной пленки на поверхности куриных яиц их погружают в расплавленный парафин, а затем обрабатывают озоном. Так они могут долго сохраняться.

39. Применение инертной среды:

- а) заменить обычную среду инертной;
- б) вести процесс в вакууме.

Примеры. Для предотвращения взрыва при ремонтной сварке резервуаров с остатками нефтепродуктов предложено неочищенные емкости заполнять дымом и кусками сухого льда.

Изобретен способ консервирования, при котором сок замораживают и сушат под вакуумом.

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

Примеры. Предложено вместо полива струей воды поливать поля газовой воздушной смесью.

Изобретен электроводный клей. В клей КБ-3 ввели углеродные волокна, которые и образовали токопроводящую арматуру. При склеивании деревянных деталей место склейки подогревают, пропуская электрический ток.

Полимерная композиция на основе эпоксидной смолы обладает повышенной износостойкостью в условиях гидродинамического и абразивного воздействия, поскольку сама более чем на 1/3 состоит из корунда и стекловолокна.

3. ПРИЕМЫ РАЗРЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ

| Приемы | Примеры |
|---|--|
| 1 | 2 |
| 1. Разделение противоречивых свойств в пространстве | Для пылеподавления на 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. Системный переход 1-а: объединение однородных или неоднородных систем в надсистему (стандарт 3.1.1) | Предложено в сейсмоопасных зонах соединять связями соседние дома с разной собственной частотой колебаний |
| 4. Системный переход 1-б: от системы к антисистеме или сочетанию системы с антисистемой (стандарт 3.1.3) | Способ остановки кровотечения — к ране прикладывают салфетку, пропитанную инотропной кровью |
| 5. Системный переход 1-в: вся система наделяется свойством С, а ее части — свойством анти-С (стандарт 3.1.5) | Антенна Куликова состоит из втулок, нанизанных на тросик. Каждая часть (втулка) твердая, а в целом антенна податливая, может менять форму |
| 6. Системный переход 2: переход к системе, работающей на микроуровне (стандарт 3.2.1) | Устройство для точной дозировки жидкости, включающее мембрану, пропускающую жидкость под действием управляемого электрического поля (электроосмос) |
| 7. Фазовый переход 1: замена фазового состояния части системы или внешней среды (стандарт 5.3.1) | Использование в металлообработке СОЖ (смазочно-охлаждающей жидкости) в замороженном состоянии (в виде брусков льда) |
| 8. Фазовый переход 2: «двойственное» фазовое состояние одной части системы (переход этой части из одного состояния в другое в зависимости от условий работы) (стандарт 5.3.2) | Теплообменник снабжен прижатыми к нему «лепестками» из никелида титана; при повышении температуры «лепестки» отгибаются, увеличивая площадь охлаждения |
| 9. Фазовый переход 3: использование явлений, сопутствующих фазовому переходу (стандарт 5.3.3) | Для повышения давления в литевой форме ее предварительно заполняют веществом, газифицирующимся при контакте с жидким металлом |
| 10. Фазовый переход 4: замена однофазового вещества двухфазовым (стандарты 5.3.4 и 5.3.5) | Способ полирования изделия. Рабочая среда состоит из жидкости (расплав свинца) и ферромагнитных абразивных частиц |

| 1 | 2 |
|---|---|
|---|---|

11. Физико-химический переход: возникновение-исчезновение вещества за счет разложения-соединения, ионизации-рекомбинации
- Рабочая жидкость тепловой трубы в зоне нагрева испаряется и химически разлагается, а в холодной зоне ее компоненты соединяются.

4. СТАНДАРТЫ НА РЕШЕНИЕ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

ПЕРЕЧЕНЬ СТАНДАРТОВ

Класс 1. Построение и разрушение вепольных систем

1.1. Синтез веполей

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

1.2. Разрушение веполей

- 1.2.1. Устранение вредной связи введением B_3
- 1.2.2. Устранение вредной связи введением видоизмененных B_1 и (или) B_2
- 1.2.3. «Оттягивание» вредного действия
- 1.2.4. Противодействие вредным связям с помощью P_2
- 1.2.5. «Отключение» магнитных связей

Класс 2. Развитие вепольных систем

2.1. Переход к сложным веполям

- 2.1.1. Цепные веполи
- 2.1.2. Двойные веполи

2.2. Форсирование веполей

- 2.2.1. Переход к более управляемым полям
- 2.2.2. Дробление B_2
- 2.2.3. Переход к капиллярно-пористым веществам
- 2.2.4. Динамизация
- 2.2.5. Структуризация полей
- 2.2.6. Структуризация веществ

2.3. Форсирование согласованием ритмики

- 2.3.1. Согласование ритмики P и B_1 (или B_2)

- 2.3.2. Согласование ритмики Π_1 и Π_2
- 2.3.3. Согласование несовместимых или ранее независимых действий

2.4. Феполи (комплексно форсированные веполи)

- 2.4.1. «Протофеполи»
- 2.4.2. Феполи
- 2.4.3. Магнитная жидкость
- 2.4.4. Использование капиллярно-пористых структур в феполях
- 2.4.5. Комплексные феполи
- 2.4.6. Феполи на внешней среде
- 2.4.7. Использование физэффектов
- 2.4.8. Динамизация
- 2.4.9. Структуризация
- 2.4.10. Согласование ритмики в феполях
- 2.4.11. Эполи
- 2.4.12. Реологические жидкости

Класс 3. Переход к надсистеме и на микроуровень

3.1. Переход к бисистемам и полисистемам

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

3.2. Переход на микроуровень

- 3.2.1. Системный переход 2: переход на микроуровень

Класс 4. Стандарты на обнаружение и измерение систем

4.1. Обходные пути

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

4.2. Синтез измерительных систем

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

4.3. Форсирование измерительных веполей

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

4.4. Переход к фепольным системам

- 4.4.1. «Измерительный протофеполь»
- 4.4.2. «Измерительный» феполь
- 4.4.3. Комплексный «измерительный» феполь

- 4.4.4. «Измерительный» феполь на внешней среде
- 4.4.5. Использование физэффектов

4.5. Направление развития измерительных систем

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

Класс 5. Стандарты на применение стандартов

5.1. Введение веществ

- 5.1.1. Обходные пути
- 5.1.2. «Раздвоение» вещества
- 5.1.3. Самоустранение отработанных веществ
- 5.1.4. Введение больших количеств вещества

5.2. Введение полей

- 5.2.1. Использование полей по совместительству
- 5.2.2. Введение полей из внешней среды
- 5.2.3. Использование веществ, могущих стать источниками полей

5.3. Фазовые переходы

- 5.3.1. Фазовый переход 1: замена фаз
- 5.3.2. Фазовый переход 2: двойственное фазовое состояние
- 5.3.3. Фазовый переход 3: использование сопутствующих явлений
- 5.3.4. Фазовый переход 4: переход к двухфазовому состоянию
- 5.3.5. Взаимодействие фаз

5.4. Особенности применения физэффектов

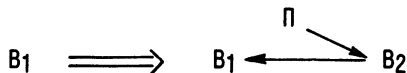
- 5.4.1. Самоуправляемые переходы
- 5.4.2. Усиление поля на выходе

5.5. Экспериментальные стандарты

- 5.5.1. Получение частиц вещества разложением
- 5.5.2. Получение частиц вещества соединением
- 5.5.3. Применение стандартов 5.5.1 и 5.5.2.

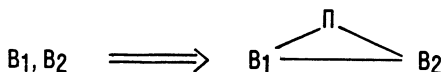
Класс 1. Построение и разрушение вепольных систем

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

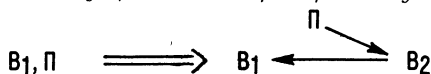


Авт. свид. 283 885. Способ деаэрации порошкообразных веществ, отличающийся тем, что, с целью интенсификации процесса, деаэрацию проводят под действием центробежных сил.

Даны два вещества — порошок и газ,— сами по себе не взаимодействующие. Введено поле, образовался веполь:



Другой пример. Гравитационное поле и спиленное дерево еще не образуют вепольной системы — нет второго вещества: поэтому поле не обрабатывает дерево. Согласно авт. свид. 461 722, падающее дерево встречает на своем пути ножовое устройство, которое срезает сучья:



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).

Авт. свид. 305 363. Способ непрерывного дозирования сыпучих материалов по массе в единице объема, например абразива, при ускоренных износных испытаниях двигателя внутреннего сгорания, отличающийся тем, что, с целью повышения точности, абразив предварительно наносят равномерным слоем на поверхность гибкой ленты из легковоспламеняющегося вещества, подают ее с заданной скоростью в зону нагрева и сжигают, а абразив отводят к испытываемому объекту.

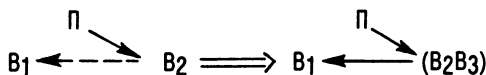
Аналогично производят микродозирование по авт. свид. 421 327: раствор биохимических препаратов наносят на бумагу, а «получение необходимой микродозы осуществляют отделением требуемой площадки плоского носителя».

Веполи часто приходится образовывать при решении задач на выполнение операций с тонкими, хрупкими и легкодеформирующимися 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.

Авт. свид. 182 661. Способ изготовления тонкостенных трубок из никрома, включающий волочение и промежуточные отжиги в вакууме, отличающийся тем, что, с целью получения трубок с толщиной стенок 0,01 мм, обеспечения при этом допуска отклонения по толщине стенки в пределах 0,002—0,003 мм и повышения выхода годного, волочение на последних операциях доводки осуществляют на алюминиевом стержне, удаляемом после обработки вытравливанием щелочью.

Авт. свид. 235 979. Способ изготовления резиновых шаров-разделителей путем формирования и вулканизации резиновой оболочки на ядре, отличающийся тем, что, с целью придания шару необходимых размеров, ядро формируют из смеси измельченного мела с водой с последующей просушкой и разрушением твердого ядра после вулканизации жидкостью, вводя с помощью иглы.

1.1.2. Если дан веполь, плохо поддающийся нужным изменениям, и условия задачи не содержат ограничений на введение добавок в имеющиеся вещества, задачу решают переходом (постоянным или временным) к **внутреннему комплексному веполю**, вводя в B_1 или B_2 добавки, увеличивающие управляемость или придающие веполю нужные свойства.



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

Авт. свид. 265 068. Способ проведения массообменных процессов с вязкой жидкостью. Жидкость предварительно газифицируют.

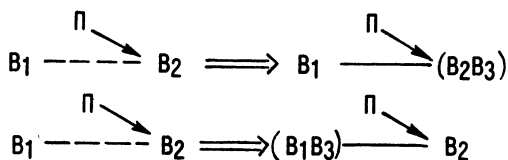
Авт. свид. 1044 879. Клапан для токсичных и взрывчатых веществ. Корпус клапана заполнен легкоплавким припоем, в который введены ферромагнитные частицы (с внешней стороны установлен электромагнит).

Примечания:

1. Нередко по условиям задачи даны два вещества, причем оба они плохо взаимодействуют или совсем не взаимодействуют с полем. Веполь как бы есть (все три элемента заданы) и его как бы нет, он не «складывается». Простейшие обходные пути в этом случае состоят во введении добавок — внутренних (в одно из веществ) и наружных (на одно из веществ).

2. Иногда одно и то же решение, в зависимости от постановки задачи, может быть записано и как постройка веполя и как постройка комплексного веполя. Например: «Как визуально обнаружить маленькие капельки жидкости?» Решение: синтез веполя — в жидкость предварительно вводят люминофор и освещают зону поиска ультрафиолетовым светом (авт. свид. 277 805). Возможна иная постановка той же задачи: «Как обнаружить неплотности в агрегате холодильника?» Здесь веществами являются «неплотности» и протекающие сквозь них капли жидкости. Люминофор — добавка, образующая внутренний комплекс с веществом жидкости.

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



Примечание. Предположим, в условиях задачи на обнаружение неплотностей в агрегате холодильника имеется ограничение: люминофор нельзя вводить в жидкость. В этом случае вещество-обнаружитель может быть расположено на наружной поверхности агрегата (авт. свид. 311 109). Возникает внешний комплексный веполь.

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

Авт. свид. 175 835. Саморазгружающаяся баржа по авт. свид. 163 914, отличающаяся тем, что, с целью повышения надежности возврата баржи в исходное положение после разгрузки при любых углах крена и опрокидывания, она выполнена с балластной килевой цистерной, имеющей отверстия в наружных стенках, постоянно сообщающиеся с 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.

В частности, если нужно менять вес движущегося тела, а менять его нельзя, то телу надо придать форму крыла и, меняя наклон крыла к на-

правлению движения, получить дополнительную, направленную вверх или вниз силу.

Авт. свид. 358 689. Центробежный датчик угловой скорости, содержащий двухплечие рычаги и грузы, отличающийся тем, что, с целью уменьшения габаритов и веса, грузы выполнены в виде крыла для создания дополнительной подъемной силы при вращении.

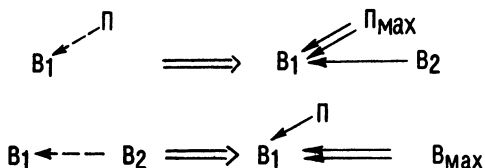
Авт. свид. 167 784. Центробежный тормозного типа регулятор числа оборотов роторного ветродвигателя, установленный на вертикальной оси ротора, отличающийся тем, что, с целью поддержания скорости вращения ротора в малом интервале числа оборотов при сильном увеличении мощности, грузы регулятора выполнены в виде лопастей, обеспечивающих аэродинамическое торможение.

Авт. свид. 526 399. Дебалансный вибратор, содержащий вал, дебаланс и устройство для крепления дебаланса к валу на заданном расстоянии от вала, отличающийся тем, что, с целью увеличения возмущающей силы, дебаланс выполнен в виде тела, имеющего в поперечном сечении профиль крыла.

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

Авт. свид. 796 500. В опорном узле скольжения используют смазку (в данном случае это внешняя среда). Для улучшения демпфирования смазку газифицируют, разливая ее электролизом.

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

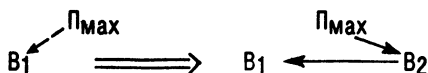


Избыточное действие обозначено двумя стрелками.

Авт. свид. 242 714. 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.

Авт. свид. 907 503. Способ дозирования тонёра, включающий добавку в двухкомпонентный проявляющий состав тонёра, по мере его расхода в процессе проявления, отличающийся тем, что, с целью повышения качества изображения, добавку тонёра осуществляют в количестве, превышающем максимальный расход тонёра на проявление одной копии, а из проявляющего состава одновременно с проявлением удаляют избыточное количество тонёра.

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



Авт. свид. 120 909. При изготовлении предварительно напряженного железобетона нужно растянуть стальные стержни. Для этого их нагревают; от тепла стержни удлиняются и в таком виде их закрепляют. Однако, если вместо стержней используют проволоку, ее нужно нагревать до 700°С, а допустимо только до 400°С (при большем нагреве проволока теряет свои свойства). Предложено нагревать нерасходующий жаропрочный стержень, который от нагрева удлиняется и в таком виде соединяется с проволокой. Охлаждаясь, стержень укорачивается и растягивает проволоку, оставшуюся холодной.

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

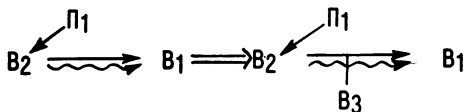
либо максимальным — тогда в места, где необходимо минимальное воздействие, вводят защитное вещество (1.1.8.1),

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

Авт. свид. 264 619. Для запайки ампулы с лекарством горелку включают на максимальный режим, а избыток пламени отсекают, погружая корпус ампулы в воду (так, что высовывается только верхушка капилляра).

Авт. свид. 743 810. В зазор между сваряемыми деталями закладывают экзотермическую смесь, выделяющую при сварке тепло.

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



Авт. свид. 937 726. При взрывном уплотнении стенок скважины взрывные газы, выполняя полезную функцию, одновременно оказывают и вредное действие — приводят к образованию трещин в стенках. Предложено «окутать» шнуровой заряд оболочкой из пластилина: давление передается, трещин нет.

Авт. свид. 724 242. Способ гибки ошпированной трубы намоткой ее в холодном состоянии на гибочный шаблон, отличающийся тем, что, с целью повышения качества при гибке на радиус менее трех наружных диаметров трубы, при намотке шипы трубы погружают в слой эластичного материала, например полиуретана.

Авт. свид. 460 148. Способ изготовления изделий без снятия поверхностного слоя материала, например пластическим деформированием, в технологической среде с последующей очисткой, например ультразвуковой, в моющей жидкости, отличающийся тем, что, с целью интенсификации процесса очистки, на поверхности изделия перед обработкой наносят вещество, удаляющееся в моющей жидкости легче, чем технологическая среда.

Авт. свид. 880 889. Способ упаковки и консервации изделий со сложно-рельефной поверхностью, предусматривающий окунание их в расплав полимера, отличающийся тем, что, с целью облегчения съема упаковки, перед окунанием в расплав вводят подслои, содержащий парообразующее вещество.

1.2.2. Если между двумя веществами в веполе возникают сопряженные — полезное и вредное — действия, причем непосредственное сопри-

косновение веществ сохранять не обязательно, а **использование посторонних веществ запрещено или нецелесообразно**, задачу решают введением между двумя веществами третьего вещества, являющегося их видоизменением.

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

Авт. свид. 412 062. 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 беспрерывным намораживанием на поверхности корки льда, по мере разрушения ее от кавитации, поддерживая толщину защитного слоя в установленных пределах, исключающих оголение поверхности и ее эрозию под действием кавитации.

Авт. свид. 783 154. Способ транспортирования пульпы по трубопроводу, включающий подачу пульпы в трубопровод и перемещение по нему, отличающийся тем, что, с целью снижения износа трубопровода, наружную стенку последнего охлаждают до образования на внутренней его поверхности слоя замороженной пульпы.

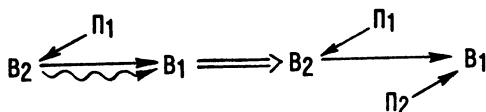
1.2.3. Если необходимо устранить вредное действие поля на вещество, задача может быть решена введением второго элемента, оттягивающего на себя вредное действие поля:



Авт. свид. 152 492. 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 надувную пластмассовую вставку (шланг). Замерзая, вода расширяется и сдавливает мягкую вставку, а труба остается целой.

1.2.4. Если между двумя веществами в веполе возникают сопряженные — полезное и вредное — действия, причем непосредственное соприкосновение веществ, в отличие от стандартов 1.2.1 и 1.2.2, должно быть сохранено, задачу решают переходом к двойному веполу, в котором полезное действие остается за полем Π_1 , а нейтрализация вредного действия (или превращение вредного действия во второе полезное действие) осуществляет Π_2 .



Авт. свид. 755 247. Для опыления цветков обдувают воздухом. Но цветок от ветра закрывается. Предложено раскрыть цветок воздействием электростатического заряда.

Авт. свид. 589 482. Автоматическая система с обратной связью возбуждает в фундаментных опорах колебания, равные по величине, но противоположные по направлению колебаниям, возникающим при работе технологического оборудования.

1.2.5. Если надо разрушить веполь с магнитным полем, задача может быть решена применением физэффектов, «отключающих» ферромагнитные

свойства веществ, например, размагничиванием при ударе или нагреве выше точки Кюри.

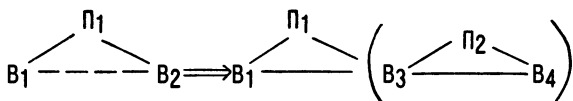


Авт. свид. 397 289. Способ контактной приварки ферропорошков. Перед подачей в зону приварки порошок нагревают до точки Кюри. Это превращает выталкивание порошка магнитным полем сварочного тока.

Авт. свид. 312 746. Способ внутреннего шлифования путем воздействия на изделие ферромагнитной среды, которую приводят в движение посредством вращающегося магнитного поля, отличающийся тем, что, с целью интенсификации обработки изделий из ферромагнитного материала, последние нагревают до температуры, равной или выше точки Кюри.

Класс 2. Развитие вепольных систем

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



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

Авт. свид. 428 119. Устройство для заклинивания, содержащее клин и клиновую прокладку с нагревательным элементом, отличающееся тем, что, с целью облегчения извлечения клина, клиновое прокладка выполнена из двух частей, одна из которых легкоплавкая.

Авт. свид. 1 052 351. 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 различным коэффициентом линейного расширения, выбранных из условия сохранения гарантированного натяга и создания осевого натяга в инструменте.

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

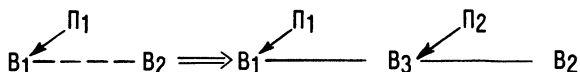
Авт. свид. 271 763. Самоходный кран с подвижным противовесом.

Авт. свид. 508 427. Трактор для работы на крутых склонах — с подвижным центром тяжести.

Авт. свид. 329 441. 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 противовес 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.

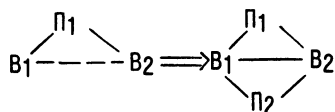
Цепной веполь может образовываться и при разворачивании связей в

веполе. В этом случае в связи $B_1 - B_2$ встраивается звено $\Pi_2 - - - B_3$:



Патент Англии 824 047. Предлагается устройство для передачи вращения с одного вала к другому (муфта), содержащее наружный и внутренний роторы, охваченные электромагнитом. В зазоре между роторами находится магнитная жидкость, твердеющая в магнитном поле. Если электромагнит не включен, роторы свободно вращаются относительно друг друга. При включении электромагнита жидкость приобретает твердость и жестко связывает роторы, т. е. позволяет передавать вращающий момент.

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



Авт. свид. 275 331. Способ регулируемого расхода жидкого металла из разливочного ковша, отличающийся тем, что, с целью безаварийного разлива гидростатический напор регулируют высотой металла над отверстием разливочного стакана, вращая металл в ковше электромагнитным полем.

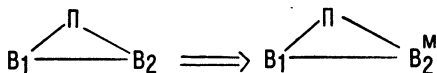
2.2.1. Если дана вепольная система, то ее эффективность может быть повышена заменой неуправляемого (или плохо управляемого) рабочего поля управляемым (хорошо управляемым) полем, например, заменой гравитационного поля механическим, механического — электрическим и т. д.

Авт. свид. 989 386. Способ определения поверхностного натяжения жидкостей методом максимального давления в капле, выдавливаемой из капилляра, отличающийся тем, что, с целью экономии дорогостоящих материалов, повышения воспроизводимости результатов и расширения круга исследуемых материалов, максимальное давление создают с помощью центробежных сил, при этом измеряют скорость вращения жидкости в капилляре в момент выдавливания капли.

Авт. свид. 496 146. Способ очистки электролита в процессе электрохимической обработки, основанной на отделении продуктов анодного растворения, отличающийся тем, что, с целью повышения качества очистки, электролит до входа в рабочий зазор пропускают через электростатическое поле.

Авт. свид. 1 002 259. Способ сгущения биосуспензий путем аэрации и флотации в псевдооживленном слое частиц дисперсного материала в присутствии поверхностно-активного вещества и коагулянта, отличающийся тем, что, с целью повышения степени сгущения биосуспензий микроорганизмов активного ила, в качестве дисперсного материала используют в зоне аэрации частицы из ферромагнетиков, а в зоне флотации — из сегнетоэлектриков.

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



Примечания:

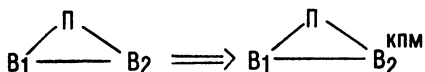
1. Символом B^m обозначено вещество, состоящее из множества **мелких** частиц (песчинки, порошок, дробинки и т. д.)

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

Авт. свид. 272 737. При последовательной перекачке разных жидкостей по одному трубопроводу использовались поршневые и шаровые разделители. Работали они плохо, быстро истирались, застревали и т. д. Предложено ввести в зону контакта жидкостей разделитель из дробинки размерами 0,3—0,5 мм с плотностью, равной средней плотности жидкостей.

Авт. свид. 354 145. В щите для выемки угольных пластов вместо балок большого диаметра предложено использовать пучки из тонкомерных стержней. Видна линия дальнейшего развития: от пучков стержней к пучкам нитей.

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



Авт. свид. 243 177. Устройство для передачи усилий от опоры копра на фундамент, отличающееся тем, что, с целью обеспечения равномерности давления на фундамент, он выполнен в виде плоского замкнутого сосуда, заполненного жидкостью.

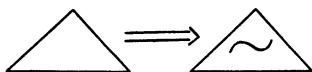
Авт. свид. 878 312. Огнепреградитель, содержащий корпус с размещенными между решетками гранулами насадки, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности работы, гранулы насадки выполнены полыми из легкоплавкого материала и заполнены огнетушащим веществом.

Авт. свид. 403 517. Нагревательный стержень-паяльник выполнен не сплошным, а капиллярно-пористым. Благодаря этому можно отсасывать припой при демонтаже паяных соединений.

Авт. свид. 493 252. Пучок капиллярных трубок (вместо одного крупного баллончика) образует устройство, аккуратно наносящее клей.

Авт. свид. 713 697. Экструзионная головка, содержащая корпус с рабочим каналом, выполненным с облицовкой из пористого материала, и со штуцером для подвода смазки в рабочий канал через облицовку, отличающаяся тем, что, с целью повышения экономичности путем возможности подачи смазки под сниженным давлением, облицовка выполнена двухслойной, причем наружный слой выполнен с большим размером пор, чем внутренний, контактирующий с расплавом.

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



Примечания:

1. Символом \sim обозначена динамичная вепольная система, перестраиваемая 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.

Авт. свид. 324 990. 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.

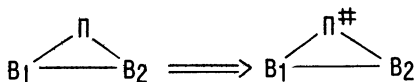
Авт. свид. 943 392. Способ обработки тампонажного раствора путем воздействия на него магнитным полем, отличающийся тем, что, с целью повышения качества тампонажного раствора, воздействие магнитным полем ведут в импульсном режиме.

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

Авт. свид. 280 867. Способ соединения токоподводящих шин электролизных ванн легкоплавким сплавом, помещенным в зазоры между концами шин, отличающийся тем, что с целью снижения окисления сплава и улучшения электрического контакта между шинами, количество тепла, отводимого от контактного соединения, регулируют так чтобы при работе ванны поддерживать сплав в твердом состоянии а при монтаже и демонтаже контактного соединения — в жидком.

Авт. свид. 710 736. Устройство для гибки петель из проволоки, содержащее смонтированные в корпусе оправку и гибочный инструмент, отличающееся тем, что, с целью упрощения конструкции, она имеет нагреватель для гибочного инструмента, при этом гибочный инструмент выполнен из термообработанного материала, например из титано-никелевого сплава способного при нагревании принимать полученную в процессе термообработки конфигурацию восстанавливаемую до первоначальной при охлаждении.

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



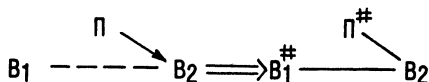
Символ $\Pi\#$ над буквой Π указывает, что поле имеет определенную пространственно-временную структуру.

Авт. свид. 504 538. Способ фумигации (окуливания ядовитым газом) помещений на судах. Пункт 1 формулы изобретения: используют звуковое поле. Пункт 3: источники звука работают в противофазе и создают стоячие волны.

Авт. свид. 715 341. Частицы порошка заряжают разноименным электричеством. Наносят слой одного порошка на слой другого и перемещают их в неоднородном электрическом поле. При движении порошки быстро смешиваются.

Авт. свид. 1 004 333. Для отделения из потока слабомагнитных тонких фракций предложено использовать неоднородное магнитное поле, создаваемое рифленной пластиной.

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



Авт. свид. 536 874. Способ профилирования материала типа пруткового путем наложения на заготовку ультразвуковых колебаний и ее пластической деформации, отличающийся тем, что, с целью получения на заготовке периодического профиля синусоидального характера, заготовку подвергают действию ультразвуковых колебаний так, чтобы расположение пучностей и узлов ультразвуковой волны соответствовало выступам и впадинам профиля, после чего осуществляется процесс пластического деформирования заготовки в осевом направлении.

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

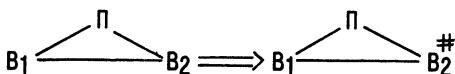
Авт. свид. 1 085 767. Способ заточки стеклянных микропипеток, при котором их устанавливают под углом к подложке, на которую помещают свободный абразив, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности, из абразива формируют валик посредством возбуждения стоячей волны, в которой помещают обрабатываемый кончик микропипетки.

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

Авт. свид. 729 658. Способ изготовления ферритовых изделий со сложным магнитопроводом, включающий прессование ферритовой платы с последующим обжигом и выполнением в ней нерабочих зон, отличающийся тем, что, с целью повышения механической прочности изделий, нерабочие зоны выполняют с местным нагревом до потери магнитных свойств.

Авт. свид. 880 570. 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, термообразующие элементы штампа выполняют из термомагнитного сплава, размещают их на плоскости электромагнитной плиты равномерно, проецируют на них посредством инфракрасных лучей изображение чертежа, нагревают освещенные участки до температуры перехода через точку Кюри, после чего через электромагнитную плиту пропускают ток.

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



Авт. свид. 713 146. Способ изготовления пористых огнеупоров: для создания направленной пористости используют выгорающие шелковые нити.

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

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

Авт. свид. 614 794. Устройство для массажа синхронно с ударами сердца. В стенку ванны, в которую помещают больного, вмонтирована диафрагма насоса, передающего лечебной жидкости или грязям импульсы по команде датчика, контактирующего с телом больного.

Авт. свид. 617 017. 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.

Авт. свид. 317 797. Способ предварительного ослабления угольного пласта путем воздействия на породы искусственно создаваемых импульсов, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности ослабления, на массив, предварительно приведенный в возбужденное состояние, воздействуют направленными импульсами с частотой, равной частоте собственных колебаний массива.

Авт. свид. 856 706. 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.

Авт. свид. 641 229. 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.

Авт. свид. 307 896. Способ безопасного резания древесины при помощи изменяющего свои геометрические размеры режущего инструмента, отличающийся тем, что, с целью снижения усилия внедрения инструмента в древесину, резание древесины осуществляют инструментом, частота пульсации которого близка к собственной частоте колебаний перерезаемой древесины.

Авт. свид. 940 714. 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.

Авт. свид. 514 141. 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.

Авт. свид. 714 509. Провод электропередачи, содержащий один или несколько повивов проволок, отличающийся тем, что, с целью увеличения эксплуатационной надежности провода путем уменьшения амплитуды колебания провода при гололедно-ветровых нагрузках, диаметр одной из проволок внешнего повива больше диаметра остальных.

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

Авт. свид. 865 391. Способ обогащения тонкоизмельченных сильно-магнитных руд, включающий воздействие на руду бегущим магнитным полем и вибрациями, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности процесса сепарации, бегущее поле включают синхронно вибрациям.

Авт. свид. 521 107. Способ нанесения покрытий электрическими разрядами с использованием наносимого материала в виде порошка, включающий импульсную подачу тока и наложение магнитного поля, отличающийся тем, что, с целью повышения твердости и обеспечения мелкозернистости структуры покрытий, наложение магнитного поля осуществляют импульсами, причем каждому импульсу магнитного поля соответствует импульс тока.

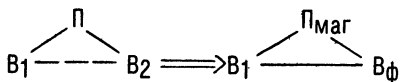
2.3.3. Если два действия, например, изменение и измерение, несовместимы, то одно действие осуществляют в паузах другого. Вообще, паузы в одном действии должны быть заполнены другим полезным действием.

Авт. свид. 336 120. Способ автоматического управления термическим циклом контактной точечной сварки, преимущественно деталей малых толщин, основанный на измерении термоздс, отличающийся тем, что, с целью повышения точности управления при сварке импульсами повышенной частоты, измеряют термоздс в паузах между импульсами сварочного тока.

Авт. свид. 343 722. Способ производства тонких широких листов раскаткой на неподвижной опорной поверхности, отличающийся тем, что, с целью получения повышенной ширины листа, лист по частям раскатывают в поперечном направлении с продольным перемещением листа во время пауз между рабочими движениями вала.

Авт. свид. 778 981. Способ электрохимической обработки деталей импульсным рабочим током с индукционным нагреванием их в процессе обработки, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности, индукционный нагрев производят в паузах между импульсами рабочего тока.

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



Примечания:

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

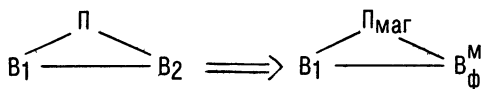
2. Стандарт применим не только к простым вепольям, но и к вепольям комплексным и вепольям, включающим внешнюю среду.

Авт. свид. 794 113. Способ укладки дренажа, включающий отрывку траншеи с одновременной укладкой в нее труб, заделку стыков труб фильтрующим материалом и засыпку траншеи грунтом, отличающийся тем, что, с целью повышения качества укладки дренажа путем устранения смещений труб одна относительно другой, поверхность дренажных труб и фильтрующий материал перед укладкой в траншею покрывают слоем ферромагнетика и намагничивают.

Авт. свид. 499 898. Питатель, преимущественно для образования порошково-воздушной смеси, содержащий герметичную емкость с разгрузочной горловиной, воздухоподводящим и расходным трубопроводами, смесительную камеру и механизм подачи. Его рабочий орган выполнен

в виде гибкого ферромагнитного элемента, например стального троса, размещенного по оси разгрузочной горловины. Последняя выполнена из парамагнитного материала между емкостью и смесительной камерой, а привод гибкого элемента осуществлен от последовательно подключаемых электромагнитов, смонтированных вокруг разгрузочной горловины с наружной ее стороны.

2.4.2. Чтобы повысить эффективность управления системой, необходимо перейти от веполя или «протофеполя» к феполю, 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.



Примечания:

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

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

Авт. свид. 1 045 945. 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.

Авт. свид. 1 006 598. Способ предотвращения образования льда на поверхности водоема, включающий в себя создание на защищаемой поверхности теплоизоляционного слоя, образованного из гранул водонепоглощающего теплоизоляционного материала легче воды, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности защиты путем ликвидации сноса теплоизоляционного материала течением, теплоизоляционный слой, выполненный из гранул металлоизолированного ферромагнетиками материала, размещают между противоположно направленными магнитными полями.

Авт. свид. 1 068 693. Мишень для стрельбы из лука. Выполнена в виде кольцевого электромагнита, заполненного сыпучим ферромагнитным материалом.

Авт. свид. 329 333. Пневматический дроссель с электромагнитным управлением, содержащий канал для прохода воздуха, расположенный в корпусе, с которым соединены входной и выходной штуцеры, электро-

магнит, обмотка которого соединена с клеммами подачи входных сигналов и клапан, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности и упрощения конструкции дросселя, клапан в нем выполнен в виде ферромагнитного порошка, расположенного между сетками, установленными в канале.

Авт. свид. 708 108. Способ временного перекрытия трубопровода путем закачки в него отверждающейся композиции до образования герметизирующего тампона, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности, перед закачкой в трубопровод в композицию добавляют дисперсный адсорбент с ферромагнитными свойствами, а в процессе закачки в зоне формирования герметизирующего тампона на композицию воздействуют магнитным полем.

Авт. свид. 933 927. Способ разрушения горных пород, заключающийся в том, что разрушение ведут жидкостью, содержащей ферромагнитные частицы, на которые воздействуют электромагнитным полем.

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

Авт. свид. 1 124 152. 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 9,5—10 их ширины, при этом в качестве маловязкой жидкости используют магнитную жидкость.

Авт. свид. 1 068 574. Плотина с изменяемым агрегатным состоянием, включающая закрепленную на флутбете замкнутую оболочку из эластичного материала и заполнитель, 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.

Авт. свид. 438 829. 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.

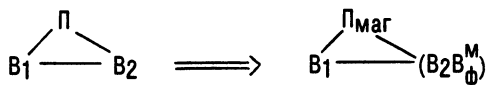
Авт. свид. 740 646. Магнитное транспортное устройство, преимущественно для транспортировки внутри герметичных камер, содержащее перемещаемый от привода в немагнитном трубопроводе ведущий магнитный элемент и связанную с ним через постоянный магнит ведомую тележку, расположенную вне трубопровода, отличающееся тем, что, с целью повышения надежности работы, ведущий элемент выполнен из магнитной жидкости.

Авт. свид. 985 076. Применение магнитной жидкости в качестве закалочной среды.

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

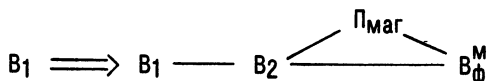
Авт. свид. 1 013 157. Устройство для пайки волной припоя выполнено в виде магнитного цилиндра, покрытого слоем ферромагнитных частиц. Основное назначение — удаление излишков припоя. Одновременно пористая структура используется для подачи (как фитиль) флюса из внутренней полости цилиндра.

2.4.5. 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:



Авт. свид. 751 778. Способ транспортирования деталей с помощью грузоподъемного электромагнита, отличающийся тем, что, с целью обеспечения транспортирования немагнитных деталей, последние предварительно засыпают магнитно-мягкими сыпучими материалами.

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



Авт. свид. 469 059. 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 поля пропорционально амплитуде колебаний.

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

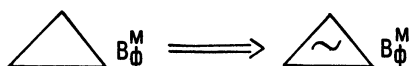
Авт. свид. 527 280. Манипулятор для сварочных работ, содержащий поворотный стол и узел, соединенный со столом, выполненный в виде поплавкового механизма, шарнирно соединенного через кронштейн со столом и помещенного в емкость с жидкостью, отличающийся тем, что, с целью увеличения скорости перемещения стола, в жидкость введена ферромагнитная смесь, а емкость с жидкостью помещена в электромагнитную обмотку.

В качестве внешней среды могут быть использованы также электро-реологические жидкости, управляемые электрическими полями.

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

Авт. свид. 452 055. Способ повышения чувствительности измерительных магнитных усилителей, заключающийся в использовании термического воздействия на сердечник магнитного усилителя, отличающийся тем, что, с целью снижения уровня магнитных шумов, при работе усилителя поддерживают абсолютную температуру сердечника равной 0,92—0,99 температуры Кюри материала сердечника (использован эффект Гопкинса).

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

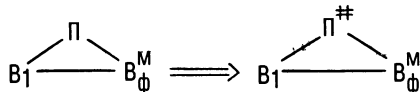


Авт. свид. 750 264. Устройство для контроля толщины стенок полых изделий из немагнитных материалов, содержащее индуктивный преобра-

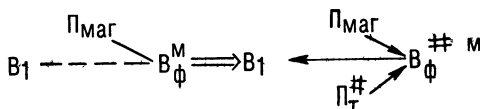
зователь с измерительной схемой и ферромагнитный элемент, располагаемые по разные стороны контролируемой стенки, отличающееся тем, что, с целью повышения точности измерения, ферромагнитный элемент выполнен в виде надувной эластичной оболочки, покрытой ферромагнитной пленкой.

Авт. свид. 792 080. Способ имитации почвенной массы в устройствах для испытаний рабочих органов сельскохозяйственных машин, предусматривающий введение в ее состав ферромагнитных частиц, отличающийся тем, что, с целью расширения условий испытания рабочих органов сельскохозяйственных машин, на частицы воздействуют электромагнитным полем, напряженность которого регулируют.

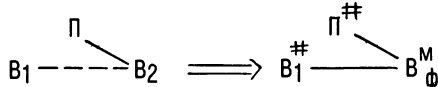
2.4.9. Если дана фепольная система, ее эффективность может быть повышена переходом от полей однородных или имеющих неупорядоченную структуру к полям неоднородным или имеющим определенную пространственную структуру (постоянную или переменную).



Авт. свид. 545 479. Способ магнитной формовки профильных изделий из термопластов. В качестве пуансона используют ферропорошок, на который налагают температурное поле, превышающее в местах наименьшей вытяжки точку Кюри:



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



Авт. свид. 587 183, Способ получения ворса на поверхности термопластического материала, при котором ворс образуют путем вытяжки поверхностных слоев материала с последующим охлаждением, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности и увеличения возможности управления процессом ворсообразования, перед операцией вытяжки в поверхностные слои материала вводят ферромагнитные частицы, производят нагрев термопластического материала до температуры его плавления, а вытяжку осуществляют путем извлечения ферромагнитных частиц посредством их контакта с электромагнитом.

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

Авт. свид. 698 663. Предложено при вибромагнитной сепарации материала вращающееся магнитное поле реверсировать синхронно с вибрациями. При этом уменьшается сила сцепления между частицами материала и повышается эффективность разделения.

Авт. свид. 267 455. Способ транспортирования ферромагнитных сыпучих и кусковых материалов путем сообщения им отрывной вибрации, отличающийся тем, что, с целью повышения скорости транспортирования,

на вибрируемый материал в начале фазы его отрыва воздействуют импульсным магнитным полем, бегущим по направлению транспортирования, причем длительность магнитных импульсов устанавливают равной фазе отрыва вибрируемого материала:

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

Авт. свид. 994 726. Способ разрушения горных пород: для силового воздействия пропускают импульсный ток по двум параллельным проводникам.

Авт. свид. 1 033 417. Способ захвата и удержания металлических немагнитных изделий, отличающийся тем, что, с целью повышения его надежности, в процессе захвата и удержания изделия через тело изделия в зоне действия магнитного поля пропускают электрический ток в направлении, перпендикулярном к силовым линиям магнита.

Авт. свид. 865 200. Способ съема ягод со шпалерных культур путем колебания шпалерных проволок с привязанными к ним побегами, отличающийся тем, что, с целью снижения затрат труда и повреждений шпалерных культур, берут магнит с постоянным по направлению магнитным полем, между полюсами которого располагают шпалерные проволоки, по которым пропускают переменный электрический ток, и вдоль упомянутых проволок перемещают магнит.

Примечания:

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

2. Развитие эполей, как и развитие феполей, повторяет общую линию: простые эполи — комплексные эполи — эполи на внешней среде — динамизация — структурирование — согласование ритмики. Материал по эполям накапливается, его анализ покажет, целесообразно ли выделить стандарты по эполям в отдельную группу.

3. Стандарт на эполи предложен И. Л. Викентьевым (Ленинград).

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

Авт. свид. 425 660. Дебалансный возбудитель колебаний. Дебалансы размещены в электрореологической жидкости.

Авт. свид. 495 467. Электрореологическая жидкость с изменяемой вязкостью использована в амортизаторе транспортного средства.

Авт. свид. 931 471. Применение электровязкой суспензии в устройстве для резки материалов в качестве зажимающей среды.

Авт. свид. 934 143. Шланг, содержащий внутренний и наружный слой, между которыми расположены слои электропроводных нитей, разделенных между собой слоем гибкого изоляционного материала, отличающийся тем, что, с целью возможности управления жесткостью, гибкий изолирующий материал выполнен пористым и пропитан электрореологической суспензией.

Класс 3. Переход к надсистеме и на микроуровень

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

Авт. свид. 722 624. Способ транспортировки горячих слябов транзитом от слябингов к приемному рольгангу широкополосного стана включающий

порезку слябов, их перемещение по рольгангу, отличающийся тем, что, с целью снижения потерь тепла слябов путем уменьшения охлаждения каждого сляба, перемещение осуществляют пакетом, сложенным по крайней мере из двух слябов с последующим их разделением перед подачей в клеть.

Примечания:

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

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

Патент США 3 567 547. Для получения изделий из тонких стеклянных пластинок заготовки склеивают в блок. После этого блок можно подвергнуть машинной обработке без опасения повредить тонкие пластинки.

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

Другая характерная особенность бисистем и полисистем — эффект многоступенчатости.

Авт. свид. 126 079. 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.

Примечание:

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

Авт. свид. 321 195. Способ электронагрева металлических заготовок под обработку давлением, отличающийся тем, что, с целью обеспечения безокислительного нагрева, поверхностные слои заготовок в процессе нагрева интенсивно охлаждают (биполевая система).

Авт. свид. 252 036. Получение электрохимическим способом отверстия, которое имеет расширение на середине глубины. Электрод (продольно) разделен на три части, на каждую подают свой потенциал.

Примечание.

4. В предыдущих работах по стандартам переход к надсистеме рассматривался как завершающий этап развития систем. Предполагалось, что система сначала должна исчерпать резервы развития «на своем уровне», а потом перейти к надсистеме. Однако был накоплен обширный материал, свидетельствующий, что этот переход может совершаться на любом этапе развития системы. При этом дальнейшее развитие идет по двум линиям: совершенствуется образовавшаяся надсистема и продолжается развитие исходной системы. Нечто подобное имеет место в химии: более сложные

химические элементы образуются за счет надстройки новых электронных орбит и за счет достройки незавершенных внутренних орбит.

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

Примечание. Новообразованные бисистемы и полисистемы часто имеют «нулевую связь» (термин предложен А. Тимощуком), т. е. представляют собой просто «кучу» элементов. Развитие идет в направлении усиления межэлементных связей. С другой стороны, элементы в новообразованных системах иногда бывают соединены жесткими связями. В этих случаях развитие идет в направлении увеличения степени динамизации связей.

Пример «ужесточения» связей. При групповом использовании подъемных кранов (три крана по 60 т поднимают груз в 150 т) трудно синхронизировать работу машин. Предложено (авт. свид. 742 372) устройство (жесткий многоугольник), объединяющее стрелы кранов.

Пример динамизации связей. Первоначально катамараны имели корпуса, жестко соединенные между собой. Затем были введены подвижные связи, позволяющие менять расстояние между корпусами (например, авт. свид. 524 728 и 1 094 797).

3.1.3. Эффективность бисистем и полисистем повышается при увеличении различия между элементами системы (системный переход 1-6): 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).

Авт. свид. 546 445. 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).

Авт. свид. 645 773. Устройство для зажима деталей по внутренней поверхности, содержащее разрезной упругий элемент, отличающееся тем, что, с целью повышения точности зажима и расширения технологических возможностей устройства, упругий элемент выполнен в виде двух соединенных между собой колец из материалов с различным коэффициентом линейного расширения.

Авт. свид. 606 233. Электроакустический преобразователь, содержащий секционный активный элемент, отличающийся тем, что, с целью обеспечения температурной стабилизации электроакустических параметров, любые соседние секции активного элемента выполнены из материала с противоположными по знаку температурными коэффициентами изменения пьезомодуля.

Авт. свид. 1 041 250. Генератор механических колебаний для сварки, содержащий выполненный в виде ролика фрикционный рабочий элемент, установленный с возможностью скользящефрикционного 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.

Авт. свид. 1 001 988. Способ получения дисперсных систем путем вибрационных воздействий на среду в режиме вибротурбулизации путем введения в емкость со средой упругого резонатора и воздействия на емкость колебаниями резонансной частоты, отличающийся тем, что, с целью повышения экономичности процесса и его интенсификации, в емкость со средой

вводят несколько упругих резонаторов с различной частотой собственных колебаний.

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

Авт. свид. 408 586. Тепловая электрическая станция с котельными агрегатами башенного типа, отличающаяся тем, что, с целью сокращения коммуникаций, упрощения монтажных работ и уменьшения опорной площади фундаментов, все котельные агрегаты сгруппированы в едином блоке с расположенной на нем общей дымовой трубой.

Авт. свид. 111 144. Увеличение защитной мощности холодильного костюма для горноспасателей наталкивалось на весовой барьер. Предложено объединить холодильную и дыхательную системы в единый скафандр, в котором одно холодное вещество (жидкий кислород) выполняет две функции: сначала испаряется, а потом идет на дыхание. Отпадает необходимость в тяжелом дыхательном аппарате; это позволяет во много раз увеличить запас холодильного вещества.

Авт. свид. 287 967. Способ переработки соленых руд, при котором дробление, измельчение и растворение руды ведут в одном устройстве за один цикл (до этого операции осуществляли последовательно в отдельных аппаратах).

3.1.5. Эффективность бисистем и полисистем может быть повышена распределением несовместимых свойств между системой и ее частями. Это — системный переход 1-в: используют двухуровневую систему, в которой вся система в целом обладает свойством С, а ее части (частицы) — свойством анти-С.

Авт. свид. 510 350. Рабочая часть тисков для зажима деталей сложной формы: каждая часть (стальная втулка) твердая, а в целом зажим податливый и способен менять форму.

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

Авт. свид. 275 751. 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.

Примечание.

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.

Авт. свид. 339 397. Устройство для безопилочного резания древесины, включающее станину и рабочий орган с режущим инструментом, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности и качества пиления, режущий инструмент выполнен из магнитострикционного материала с двухсторонней заточкой передней грани и соединен через электромеханические преобразователи с высокочастотным генератором.

Примечания:

2. В предыдущих работах по стандартам предполагалось, как и при рассмотрении перехода к надсистеме (см. примечание 4 к стандарту 3.1.1),

что переход на микроуровень целесообразен при исчерпании ресурсов развития системы. По современным представлениям переход на микроуровень возможен на любом этапе развития системы.

3. Переход макро—микро — понятие обобщенное. Существует множество уровней «микро» (домены, молекулы, атомы и т. д.) — соответственно имеется много разных переходов на микроуровень, а также множество переходов с одного микроуровня на другой, более низкий. По этим переходам накапливается материал, который, вероятно, приведет к появлению новых стандартов подкласса 3.2.

Класс 4. Стандарты на обнаружение и измерение системы

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

Авт. свид. 505 706. *Способ индукционного нагрева деталей. Для фиксации заданной температуры между индуктором и деталью помещают соль с температурой плавления, равной заданной температуре.*

Авт. свид. 471 395. *Индукционная печь для нагрева токами промышленной частоты, включающая тигель и индуктор, отличающаяся тем, что, с целью поддержания заданного режима нагрева, тигель выполнен из ферромагнитного материала, точка Кюри которого равна заданной температуре нагрева.*

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

Авт. свид. 241 077. *Измерение деформаций оболочек затруднено тем, что оболочки эти являются частью громоздкой конструкции. Предложено изготавливать слепки (до деформации и после нее) и вести измерения на слепках.*

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

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

Авт. свид. 350 219. *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.*

Авт. свид. 359 512. *Способ сличения объектов, заключающийся в проектировании изображений сличаемых объектов на экран и совмещении идентичных участков изображений, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности процесса сличения, изображения сличаемых материалов проектируют на экран во взаимно исключающих контрастах, например, негативное и позитивное или красное и синее.*

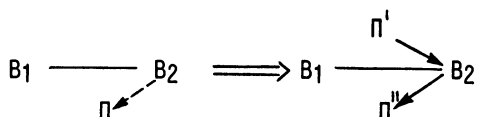
4.1.3. Если дана задача на измерение и нельзя применить стандарты **4.1.1** и **4.1.2**, то целесообразно перевести ее в задачу на **последовательное обнаружение изменений**.

Авт. свид. 186 366. *При добыче медных руд камерным способом образуются огромные подземные залы, камеры. От взрывов и других причин потолок (кровля) камер местами отслаивается, падает. Необходимо регулярно слезить 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 люминисцирующие*

вещества. Если в каком-то месте выпала порода и образовался купол, это легко обнаружить по свечению люминофора. А по цвету можно судить о высоте образовавшегося купола.

П р и м е ч а н и е. Любое измерение производится с определенной степенью точности. Поэтому в задачах на измерение, даже если речь в них идет о непрерывном измерении, всегда можно выделить элементарный акт измерения, состоящего из двух последовательных обнаружений. Рассмотрим, например, задачу об измерении диаметров шлифовального круга. Измерение нужно вести с определенной (и отнюдь не безграничной) точностью. Допустим, требуется точность в 0,01 мм. Это значит, что круг можно рассматривать состоящим из концентрических окружностей, причем расстояние между окружностями — 0,01 мм. Задача сводится к вопросу: как обнаружить, что совершился переход от одной окружности к другой? Фиксируя такие переходы и зная их число, мы всегда можем вычислить диаметр круга. Переход от расплывчатого понятия «измерение» к четкой модели «два последовательных обнаружения» резко упрощает задачу.

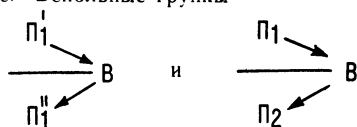
4.2.1. Если неведомая система плохо поддается обнаружению или измерению, задачу решают, достраивая простой или двойной веполь с полем на выходе:



Авт. свид. 269 558. Способ обнаружения момента начала кипения жидкости (т. е. появление в жидкости пузырьков B_2). Через жидкость пропускают ток — при появлении пузырьков резко возрастает электрическое сопротивление.

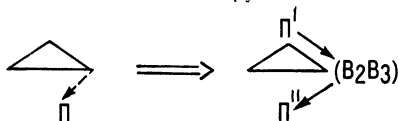
Авт. свид. 305 395. Способ обнаружения и счета инородных включений в жидкости, отличающийся тем, что, с целью повышения чувствительности, исследуемую среду облучают электромагнитными колебаниями сверхвысокой частоты и регистрируют форму и амплитуду рассеянных частицами колебаний, по которым судят о количестве включений в жидкости.

П р и м е ч а н и е. Вепольные группы



типичны для ответов на задачи по обнаружению и измерению.

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

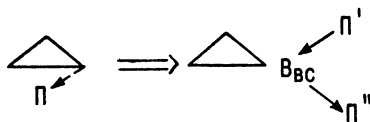


Авт. свид. 277 805. Способ обнаружения неплотностей в холодильных агрегатах, заполненных фреоном и маслом, преимущественно домашних холодильников, отличающийся тем, что, с целью повышения точности определения мест утечек, в агрегат вместе с маслом вводят люминофор, освещают агрегат в затемненном месте и определяют места утечки по свечению люминофора в просачивающемся через неплотности масле.

Авт. свид. 110 314. Способ определения фактической площади кон-

такта поверхностей, отличающийся тем, что для окрашивания поверхностей применяют люминисцентные краски.

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



Авт. свид. 260 249. Для контроля износа двигателя нужно определить количество «стершегося» металла. Частицы эти поступают во внешнюю среду — масло. Предложено добавлять в масло люминофоры: металлические частицы являются гасителями свечения.

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

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

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

Авт. свид. 170 739. Исчезновение люминисцентных свойств у некоторых веществ в присутствии очень небольшого количества влаги.

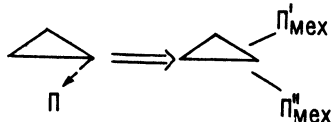
Авт. свид. 415 516. Резкое изменение показателя преломления света у алмазного зерна при изменении температуры.

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

Авт. свид. 715 838. Подшипник скольжения, содержащий антифрикционный вкладыш, установленный в токопроводящей обойме, контактирующей с токопроводящим корпусом, и подключенную к блоку защиты термопару, отличающийся тем, что, с целью повышения быстродействия защиты от перегрева, термопара образована обоймой и корпусом.

Авт. свид. 1 046 636. Способ регистрации разрушения изделий, включающий нанесение на контролируруемую поверхность чувствительного слоя, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности, в качестве чувствительного слоя используют магнитную пленку и размещают на ней токопроводящий контур, а о разрушении изделий судят по эдс индукции, возникающей в контуре.

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



Авт. свид. 271 051. Способ измерения массы вещества в резервуаре, например жидкого, отличающийся тем, что, с целью повышения точности и надежности измерения, возбуждают механические резонансные колебания системы резервуар — вещество, измеряют их частоту, по величине которой судят о массе вещества.

Авт. свид. 244 690. 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.

Авт. свид. 560 563. Способ контроля выдаивания долей вымени животных при машинном доении, включающий определение степени опорожнения вымени по изменению физических свойств его с помощью известных устройств, отличающийся тем, что, с целью повышения точности контроля, определение степени опорожнения долей вымени ведут по изменению уровня и частоты акустических колебаний, возникающих в них.

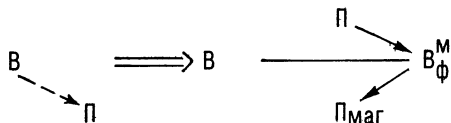
4. 3. 3. Если невозможно применить стандарт 4. 3. 2., о состоянии системы судят по изменению собственной частоты объекта (внешней среды), связанного с контролируемой системой.

Авт. свид. 438 873. Способ измерения количества материала в кипящем слое, например в аппарате для обжига цементного клинкера, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения, количество материала определяют по изменению амплитуды автоколебаний газа над кипящим слоем.

4. 4. 1. Веполы с немагнитными полями имеют тенденцию перехода в «протофеполы», т. е. веполы с магнитным веществом и магнитным полем

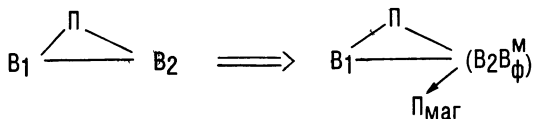
Авт. свид. 222 892. Способ обнаружения герметизированных отверстий, например, в подводной части корпуса законсервированного корабля, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности и ускорения процесса поиска местонахождения герметизирующего отверстия, в патрубок отверстия перед его герметизацией закладывают излучающий элемент, например, постоянный магнит с направлением создаваемого им магнитного поля по нормали к наружной обшивке корпуса, и обнаруживают это отверстие при помощи индикатора, например магнитометра, по наибольшей величине местной напряженности магнитного поля.

4. 4. 2. Если нужно повысить эффективность обнаружения или измерения «протофепольными» и вепольными системами, необходимо перейти к фепольям, заменив одно из веществ ферромагнитными частицами (или добавив ферромагнитные частицы) и обнаруживая или измеряя магнитное поле:



Авт. свид. 239 633. Способ определения степени затвердевания (размягчения) полимерных составов, отличающийся тем, что, с целью неразрушающего контроля, в состав вводят магнитный порошок и измеряют изменение магнитной проницаемости состава в процессе его затвердевания (размягчения).

4. 4. 3. Если нужно повысить эффективность обнаружения или измерения системы путем перехода к феполью, а замена вещества ферромагнитными частицами недопустима, то переход к феполью осуществляют построением **комплексного феполя**, вводя добавки в вещество:



Авт. свид. 754 347. Гидроразрыв пласта осуществляют, действуя жидкостью под давлением на горную породу. Для контроля за жидкостью в нее вводят ферропорошок и осуществляют магнитный каротаж.

4. 4. 4. Если нужно повысить эффективность обнаружения или измерения системы путем перехода от веполя к феполю, а введение феррочастиц недопустимо, то феррочастицы следует ввести во **внешнюю среду**.

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

4. 4. 5. Если нужно повысить эффективность фепольной измерительной системы, необходимо использовать физические эффекты, например, переход через точку Кюри, эффекты Гопкинса и Баркгаузена, магнитоупругий эффект и т. д.

Авт. свид. 115 128. Способ измерения температуры при помощи индуктивного датчика, свойства магнитопровода которого изменяются в зависимости от изменения его температуры, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения, магнитопровод разогревают (или охлаждают) до температуры, близкой к точке Кюри, при которой незначительное изменение температуры магнитопровода вызывает резкое изменение его проницаемости (эффект Гопкинса).

Авт. свид. 1 035 426. 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

Авт. свид. 332 758. 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.

Авт. свид. 266 029. 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 термоактивного материала, имеющего характеристику магнитной проницаемости с точкой Кюри, соответствующей заданной температуре, а корпус и ротор изготовлены из материала с точкой Кюри, соответствующей температуре выше заданной (бистабильный переход через точку Кюри).

Авт. свид. 504 944. Способ измерения усилия, заключающийся в изменении микроструктуры элемента, имеющего доменную структуру, и преобразовании изменений микроструктуры в электрический сигнал, отличающийся тем, что, с целью повышения чувствительности и точности измерения, в нем регистрируют число скачкообразных изменений микроструктуры элемента, по которому и судят о величине измеряемого усилия (эффект Баркгаузена).

Авт. свид. 563 556. Способ измерения толщины металлопокрытий, заключающийся в том, что металлопокрытие подвергают электролитическому растворению, окончание которого фиксируют по сигналу электролитического взаимодействия с основой, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения немагнитных металлопокрытий на ферромагнитной основе, в качестве сигнала электролитического взаимодействия с основой используют шумы Баркгаузена.

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

Задача об измерении температуры тела маленького жука-долгоносика. В стакан помещают много жуков. Между жуками возникает внутренняя среда, температура которой равна температуре жуков. Измерение ведут с помощью обыкновенного медицинского термометра.

Авт. свид. 256 570. Устройство для измерения длины прыжка воднолыжника. Если под трамплином установить два микрофона: один над водой, а другой под водой, то разность времени прохождения воздушной и подводной волн будет пропорциональна длине прыжка.

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

Авт. свид. 998 754. Способ определения напряженного состояния горного массива, при котором измеряют не само электросопротивление породы (как было раньше), а скорость изменения электросопротивления.

Класс 5. Стандарты на применение стандартов

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

1. Вместо вещества используют «пустоту».

Авт. свид. 245 425. Способ образования тензометрической сетки внутри модели из прозрачного материала путем заливки в тело модели сетки из нити, отличающийся тем, что, с целью исключения искажения поля напряжений нитями, после затвердевания материала модели нити удаляют, в результате чего внутри модели образуется тензометрическая сетка из цилиндрических микропустот. В качестве материала можно использовать, например, тонкие медные нити, удаляемые затем воздействием кислоты.

2. Вместо вещества вводят поле.

Авт. свид. 500 464. Для измерения степени вытяжки нити на ходу на нить наносят электрические заряды и определяют изменение линейной плотности заряда.

3. Вместо внутренней добавки используют добавку наружную.

Авт. свид. 360 540. Как измерить толщину стенки полого керамического сосуда? В сосуд заливают жидкость с высокой электропроводностью, подводят к жидкости один электрод и измеряют толщину стенки в любом месте, прикладывая снаружи другой электрод омметра.

4. Вводят в очень малых дозах особо активную добавку.

Авт. свид. 427 982. Смазка для волочения труб на основе минерального масла, отличающаяся тем, что, с целью уменьшения гидродинамического давления смазки в очаге деформации, в ее состав введено 0,2—0,8 вес. % полиметакрилата.

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

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

6. Добавку вводят на время.

Авт. свид. 458 422. Способ бесконтактной магнитной ориентации деталей по авт. свид. 360 116, отличающийся тем, что, с целью увеличения эффекта ориентации без дополнительных энергозатрат, при ориентации полых деталей в последние предварительно вводят ферромагнитные тела.

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

Авт. свид. 499 577. Способ получения множества сечений путем создания набора моделей, отличающийся тем, что, с целью повышения точности

стереометрических исследований, плоскости сечений трехмерных тел имитируют горизонтальной поверхностью жидкости, помещенной внутри прозрачной модели, которой придают различные положения в пространстве.

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

Авт. свид. 342 761. Способ пластификации древесины путем обработки аммиаком, отличающийся тем, что, с целью обеспечения пластификации поверхностей трения в процессе работы, пропитку древесины производят солями, разлагающимися при температуре трения, например $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

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

Авт. свид. 904 956. Способ размерной электрохимической обработки, осуществляемый с присутствием газа в электролите, отличающийся тем, что, с целью интенсификации удаления продуктов растворения, газ в электролите образуют посредством электролиза последнего перед зоной обработки.

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

Авт. свид. 177 761. Способ подачи быстрорасплаивающейся рабочей жидкости в рабочую камеру анодно-механического станка, отличающийся тем, что, с целью лучшего перемешивания, жидкость подается в зону обработки двумя встречными потоками.

Авт. свид. 412 449. 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.

Авт. свид. 719 809. 1. 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 струн металлического расплава осуществляют противоположно направлению вихревого газового потока.

Авт. свид. 726 256. 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.

Авт. свид. 727 942. Способ сжигания топлива путем подачи в зону горения смеси топлива, воздуха и предварительно подогретого сыпучего материала, отличающийся тем, что, с целью интенсификации процесса горения с одновременным уменьшением вредных выбросов, смесь топлива, воздуха и сыпучего материала подают по крайней мере двумя встречными сталкивающимися потоками.

Авт. свид. 749 571. Способ дробления стружки при токарной обработке заготовок со снятием больших припусков, заключающийся в разделении снимаемого припуска с последующим получением направленных и независимых друг от друга потоков стружки, отличающийся тем, что, с целью расширения диапазона дробления стружки и уменьшения усилий

резания, независимые потоки стружки направляют навстречу друг другу с последующим их столкновением между собой и дроблением на элементы путем взаимодействия сил сталкивающихся потоков стружки.

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

Авт. свид. 259 019. Способ электрической коагуляции аэрозоля в шахтах для очистки воздуха сухим пылеосаждением, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности пылеулавливания, пылевой поток разделяют на две части, каждую из которых заряжают разноименно и направляют навстречу друг другу.

5. 1. 3. Введенное в систему вещество (после того, как оно сработало) должно исчезнуть или стать неотличимым от вещества, ранее бывшего в системе или во внешней среде.

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

Авт. свид. 588 025. Способ очистки внутренних поверхностей полых изделий путем прокачки через изделия жидкости с наполнителем, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности очистки и обеспечения возможности полного удаления остатков наполнителя, в качестве последнего используют гранулы легкоиспаримого вещества.

Авт. свид. 1 013 709. Лъдохранилище, содержащее корпус, выполненный из теплоизоляционного материала, отличающийся тем, что, с целью предотвращения загрождения воды при размораживании льда, в качестве теплоизоляционного материала используют искусственный нетоксичный тугоплавкий лед, полученный из смеси воды с метаном.

5. 1. 4. Если нужно ввести большое количество вещества, а это запрещено условиями задачи или недопустимо по условиям работы системы, то в качестве вещества используют «пустоту» в виде надувных конструкций или пены.

Патент СССР 320 102. Для перемещения аварийных самолетов под крыльями устанавливают надувные емкости. При наполнении воздухом емкости плавно приподнимают самолет. Под емкости могут быть установлены тележки для транспортировки.

Авт. свид. 895 858. 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. 1. Если в вепольную систему нужно ввести поле, следует прежде всего использовать уже имеющиеся поля, носителями которых являются входящие в систему вещества.

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

5. 2. 2. Если нужно ввести поле, а по стандарту 5. 2. 1 это сделать невозможно, то следует использовать поля, имеющиеся во внешней среде.

Авт. свид. 414 354. Для удаления влаги с проезжей части моста используют тягу, создаваемую эжектором, опущенным в реку.

5. 2. 3. Если в систему нужно ввести поле, а это нельзя сделать по стандартам 5.2.1 и 5.2.2, следует использовать поля, носителями или источниками которых могут «по совместительству» стать вещества, имеющиеся в системе или во внешней среде.

Авт. свид. 504 932. 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 в 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 термопары, а другой спай, расположенный вне объекта контроля, снабжен источником подогрева.

Авт. свид. 225 992. Электромагнитный насос для перекачивания расплавленного металла или жидкого электропроводного теплоносителя, включающий электромагнит и электрический контур, отличающийся тем, что, с целью исключения внешнего источника электрического питания, в нем в качестве источника питания применен замкнутый контур, состоящий из двух полупроводниковых термоэлементов, имеющих форму пластин и расположенных между холодной коммутационной пластиной термоэлемента и горячей коммутационной пластиной, имеющей полость, по которой протекает горячий перекачиваемый жидкий теплоноситель и которая расположена между полюсами электромагнита.

Авт. свид. 356 489. Система обрабатываемая деталь—режущий инструмент использована как термопара в устройстве для измерения температуры резания.

Авт. свид. 568 538. Абразив нанесен на проволочный каркас, выполненный в виде термопары. Шлифовальный круг сам сигнализирует о температуре в зоне шлифования.

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

Авт. свид. 518 591. Мальтийский механизм, содержащий ведущее звено и ведомый мальтийский крест, отличающийся тем, что, с целью повышения срока службы, ведущее звено снабжено секторами из магнитомягкого материала с установленными в них постоянными магнитами, а мальтийский крест снабжен пластинками из гистерезисного материала.

5. 3. 1. Эффективность применения вещества (без введения других веществ) может быть повышена фазовым переходом 1, т. е. заменой фазового состояния имеющегося вещества.

Авт. свид. 252 262. Энергоснабжение пневмосистем в шахтах — на основе сжиженного (а не сжатого) газа.

5. 3. 2. Двойственные свойства могут быть обеспечены фазовым переходом 2, т. е. использованием веществ, способных переходить из одного фазового состояния в другое в зависимости от условий работы.

Авт. свид. 166 202. Применение в качестве рабочих тел в газотурбинных установках замкнутого цикла газовых систем (например, N_2O_4 , Al_2C_2 , $NCH_4 + CO_2$ и др.), в которых в результате обратимых химических реакций, сопровождающихся тепловым эффектом, газовая постоянная увеличивается перед турбиной и уменьшается перед компрессором до первоначальной величины.

(Газовые смеси обладают свойством обратимой диссоциации-рекомбинации с выделением и погашением тепла.)

Авт. свид. 1 003 163. Конденсатор переменной емкости, содержащий две обкладки с расположенным между ними диэлектриком и узел регулирования температуры диэлектрика, отличающийся тем, что, с целью увеличения диапазона изменения емкости, диэлектрик состоит из двух слоев, один из которых выполнен из материала с диэлектрической проницаемостью, не зависящей от температуры, а другой — из материала с фазовым переходом металл—диэлектрик.

5. 3. 3. Эффективность системы может быть повышена за счет фазового перехода 3, т. е. использования явлений, сопутствующих фазовому переходу.

Авт. свид. 601 192. Приспособление для транспортировки мороженных грузов имеет опорные элементы в виде брусков льда (снижение трения за счет таяния).

5. 3. 4. Двойственные свойства системы могут быть обеспечены фазовым переходом 4 — замена однофазового состояния двухфазовым.

Патент США 3 589 468. Для глушения шума, а также для улавливания испарений, запахов и стружек при резании покрывают пеной зону резания; пена проницаема для инструмента, но непроницаема для шума, испарений и т. д.

Авт. свид. 936 962. Способ промывки фильтров с зернистой загрузкой, включающий взрыхление загрузки и последующее вымывание загрязнений восходящим потоком промывной воды, отличающийся тем, что, с целью повышения КПД и уменьшения травматизации рыбы, активную среду перед подачей ее из сопла насыщают газом.

5. 3. 5. Эффективность технических систем, полученных в результате фазового перехода 4, может быть повышена введением взаимодействия (физического, химического) между частями (или фазами) системы.

Авт. свид. 224 743. Двухфазное рабочее тело для компрессоров и теплосиловых установок, состоящее из газа и мелких частиц твердого тела, отличающееся тем, что, с целью дополнительного сжатия газа в холодильнике и компрессоре и дополнительного расширения в нагревателе, в качестве твердой фазы использованы сорбенты с общей или избирательной поглотительной способностью.

Авт. свид. 282 342. Применение в качестве рабочего тела для контуров бинарного цикла энергетической установки химически реагирующих веществ, диссоциирующих при нагревании с поглощением тепла и уменьшением молекулярного веса и рекомбинирующих при охлаждении к исходному состоянию.

5. 4. 1. Если объект должен периодически находиться в разных физических состояниях, то переход следует осуществлять самим объектом за счет использования обратных физических превращений, например, фазовых переходов, ионизации—рекомбинации, диссоциации—ассоциации и т. д.

Авт. свид. 177 497. Молниеотвод в виде газоразрядной трубки сам включается при возникновении молнии: газ ионизируется, становится проводником. После исчезновения молнии ионы сами рекомбинируют, газ становится электронейтральным, а молниеотвод непроводящим и потому не дающим радиотени.

Авт. свид. 820 836. Автоматическая заслонка, содержащая корпус, клапан и термочувствительный элемент, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности работы и упрощения конструкции, она имеет установленную на корпусе пережимку, на которой закреплен клапан, состоящий из двух загнутых пластин, выполненных из металла, обладающего «памятью формы».

5. 4. 2. Если необходимо получить сильное действие на выходе при слабом действии на входе, необходимо привести вещество-преобразователь

в состояние, близкое к критическому. Энергия запасается в веществе, а входной сигнал играет роль «спускового крючка».

Авт. свид. 969 327. Способ усиления упругих волн, включающий ввод в твердое тело упругой волны и наложение поля внешнего источника энергии, отличающийся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей путем усиления ударных волн, перед вводом упругой волны твердое тело деформируют, нагревают его до температуры, меньшей температуры фазового перехода второго рода на величину скачка температуры при прохождении упругой волны по нему.

Авт. свид. 416 586. Способ испытания изделий на герметичность, заключающийся в том, что изделие погружают в обезгаженную жидкость, создают перепад давления в полости изделия и над жидкостью, обеспечивая более высокое давление в полости, и по пузырькам в жидкости обнаруживают места нарушения герметичности, отличающийся тем, что, с целью повышения чувствительности испытания, жидкость при испытании поддерживают в состоянии перегрева.

5. 5. 1. Если для решения задачи нужны частицы вещества (например ионы) и непосредственное их получение невозможно по условиям задачи, требуемые частицы надо получить разрушением вещества более высокого структурного уровня (например молекул).

Авт. свид. 741 105. Способ создания высокого давления водорода. Водородосодержащее соединение помещают в герметический сосуд и подвергают электролизу с образованием свободного водорода.

5. 5. 2. Если для решения задачи нужны частицы вещества (например молекулы) и невозможно получить их непосредственно или по стандарту 5.5.1, то требуемые частицы надо получить дотройкой или объединением частиц более низкого структурного уровня (например ионов).

Авт. свид. 364 493. Для снижения гидродинамического сопротивления движению судов использовали подачу высокомолекулярных составов (эффект Томса). Это связано с большим расходом полимеров. Предложено создавать комплексы молекул воды под действием электромагнитного поля.

5. 5. 3. При применении стандарта 5. 5. 1. простейший путь — разрушение ближайшего вышестоящего «целого» или «избыточного» (отрицательные ионы) уровня, а при применении стандарта 5. 5. 2 простейший путь — дотройка ближайшего нижестоящего «нецелого» уровня.

Авт. свид. 177 497. Задача о защите антенны. Ионы получают разрушением молекул газа. Нейтральные молекулы восстанавливают, объединяя «осколки» (ионы и электроны)

5. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ АРИЗ-85В

ВНИМАНИЕ!

АРИЗ — сложный инструмент, не применяйте его для решения новых производственных задач без предварительного обучения хотя бы по 80-часовой программе.

АРИЗ — инструмент для мышления, а не вместо мышления. Не спешите! Тщательно обдумывайте формулировку каждого шага. Кроме того, надо обязательно записывать (на полях) все соображения, возникающие по ходу решения задачи.

АРИЗ — инструмент для решения нестандартных задач. Проверьте, может быть, ваша задача решается по стандартам?

Часть I. Анализ задачи

Основная цель первой части **АРИЗ** — переход от расплывчатой изобретательской ситуации к четко построенной и предельно простой схеме (модели) задачи.

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

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

Пример. Техническая система для приема радиоволн включает антенну радиотелескопа, радиоволны, молниеотводы, молнии. ТП-1: если молниеотводов много, они надежно защищают антенну от молний, но поглощают радиоволны. ТП-2: если молниеотводов мало, то заметного поглощения радиоволн нет, но антенна не защищена от молний. Необходимо при минимальных изменениях обеспечить защиту антенны от молний без поглощения радиоволн. (В этой формулировке следует заменить термин «молниеотвод» словами «проводящий стержень», «проводящий столб» или просто «проводник»).

Примечания:

1. Мини-задачу получают из изобретательской ситуации, вводя ограничения: «Все остается без изменений или упрощается, но при этом появляется требуемое действие (свойство) или исчезает вредное действие (свойство)». Переход от ситуации к мини-задаче не означает, что взят курс на решение небольшой задачи. Наоборот, введение дополнительных требований (результат должен быть получен «без ничего») ориентирует на обострение конфликта и заранее отсекает пути к компромиссным решениям.

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

3. Техническими противоречиями называют взаимодействия в системе, состоящие, например, в том, что полезное действие вызывает одновременно и вредное; введение (усиление) полезного действия или устранение (ослабление) вредного действия вызывает ухудшение (в частности, недопустимое усложнение) одной из частей системы или всей системы в целом.

Технические противоречия составляют, записывая одно состояние элемента системы с объяснением того, что при этом хорошо, а что — плохо. Затем записывают противоположное состояние этого же элемента, и вновь — что хорошо, что плохо.

Иногда в условиях задачи дано только изделие; технической системы (инструмента) нет, поэтому нет явного ТП. В этих случаях ТП получают, условно рассматривая два состояния изделия, хотя одно из состояний заведомо недопустимо. Например, дана задача: «Как наблюдать невооруженным глазом микрочастицы, взвешенные в образце оптически чистой жидкости, если эти частицы настолько малы, что свет обтекает их?»

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

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

Условия задачи, казалось бы, заведомо исключают рассмотрение ТП-2: изделие менять нельзя! Действительно, в дальнейшем будем исходить (в данном случае) из ТП-1, но ТП-2 даст дополнительные требования к изделию: маленькие частицы, оставаясь маленькими, должны быть большими...

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

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

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

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

1.2. Выделить и записать конфликтующую пару элементов: изделие и инструмент.

Правило 1. Если инструмент по условиям задачи может иметь два состояния, надо указать оба.

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

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

П р и м е ч а н и я:

5. Изделием называют элемент, который по условиям задачи надо обработать (изготовить, переместить, изменить, улучшить, защитить от вредного действия, обнаружить, измерить и т. д.). В задачах на обнаружение и измерение изделия может оказаться элемент, являющийся по своей основной функции инструментом, например шлифовальный круг.

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

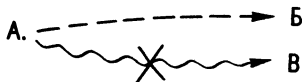
7. Один из элементов конфликтующей пары может быть двояким. Например, даны два различных инструмента, которые должны одновременно действовать на изделие, причем один инструмент мешает другому. Или даны два изделия, которые должны воспринимать действие одного и того же инструмента: одно изделие мешает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

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

Пример: ТП-1: много проводящих стержней



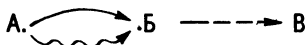
ТП-2: мало проводящих стержней



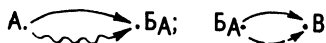
П р и м е ч а н и я:

8. В таблице (см. с. 341) приведены схемы типичных конфликтов. Допустимо использование нетабличных схем, если они лучше отражают сущность конфликта.

9. В некоторых задачах встречаются многозвенные схемы конфликтов, например:



такие схемы сводятся к однозвенным



если считать Б изменяемым изделием или перенести на Б основное свойство (или состояние) А.

10. Конфликт можно рассматривать не только в пространстве, но и во времени.

11. Шаги 1.2 и 1.3 уточняют общую формулировку задачи. Поэтому после шага 1.3 необходимо вернуться к 1.1 и проверить, нет ли несоответствий в линии 1.1—1.2—1.3. Если несоответствия есть, их надо устранить, откорректировав линию.

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

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

Примечания:

12. Выбирая одну из двух схем конфликта, мы выбираем и одно из двух противоположных состояний инструмента. Дальнейшее решение должно быть привязано именно к этому состоянию. Нельзя, например, подменять «малое количество проводников» каким-то «оптимальным количеством». АРИЗ требует обострения, а не сглаживания конфликта.

«Вцепившись» в одно состояние инструмента, мы в дальнейшем должны добиться, чтобы при этом состоянии появилось положительное свойство, присущее другому состоянию. Проводников мало и увеличивать их количество не будем, но — в результате решения молнии должны отводиться так, словно проводников очень много.

13. С определением главного производственного процесса (ГПП) иногда возникают трудности в задачах на измерение. Измерение почти всегда производят ради изменения, т. е. обработки детали, выпуска продукции. Поэтому ГПП в измерительных задачах — это ГПП всей системы, а не измерительной части.

Исключением являются только некоторые задачи на измерение в научных целях.

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

Правило 3. Большинство задач содержат конфликты типа «много элементов» и «мало элементов» («сильный элемент» — «слабый элемент» и т. д.). Конфликты типа «мало элементов» при усилении надо приводить к одному виду — «ноль элементов» («отсутствующий элемент»).

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

1.6. Записать формулировку модели задачи, указав: 1) конфликтующую пару; 2) усиленную формулировку конфликта; 3) что должен сделать вводный для решения задачи икс-элемент (что он должен сохранить и что должен устранить, улучшить, обеспечить и т. д.).

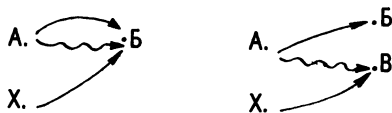
Пример. Даны отсутствующий проводник и молния. Отсутствующий проводник не создает помех (при приеме радиоволн антенной), но и не обеспечивает защиту от молний. Необходимо найти такой икс-элемент, который, сохраняя способность отсутствующего проводника не создавать помех (антенне), обеспечивал бы защиту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

Примечания:

14. Модель задачи условна, в ней искусственно выделена часть элементов технической системы. Наличие остальных элементов только под-

разумеается. Так, в модели задачи о защите антенны из четырех элементов, необходимых для формулировки задачи (антенна, радиоволны, проводник и молния), остались только два, остальные упоминаются в скобках — их можно было бы вообще не упоминать.

15. После шага 1.6 следует обязательно вернуться к 1.1 и проверить логику построения модели задачи. При этом часто оказывается возможным уточнить выбранную схему конфликта, указав в ней икс-элемент, например так:



16. Икс-элемент не обязательно должен оказаться какой-то новой вещественной частью системы. Икс-элемент — это некое изменение в системе, некий икс вообще. Он может быть равен, например, изменению температуры или агрегатного состояния какой-то части системы или внешней среды.

1.7. Проверить возможность применения системы стандартов к решению модели задачи. Если задача не решена, перейти ко второй части АРИЗ. Если задача решена, можно перейти к седьмой части АРИЗ, хотя и в этом случае рекомендуется продолжить анализ по второй части.

Примечание:

17. Анализ по первой части АРИЗ и построение модели существенно проясняют задачу и во многих случаях позволяют увидеть стандартные черты в нестандартных задачах. Это открывает возможность более эффективного использования стандартов, чем при применении их к исходной формулировке задачи.

Часть 2. Анализ модели задачи

Цель второй части АРИЗ — учет имеющихся ресурсов, которые можно использовать при решении задачи: ресурсов пространства, времени, веществ и полей.

2.1. Определить оперативную зону (ОЗ).

Примечание:

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

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

2.2. Определить оперативное время (ОВ)

Примечание:

19. Оперативное время — это имеющиеся ресурсы времени: конфликтное время T_1 и время до конфликта T_2 . Конфликт (особенно быстротечный, кратковременный) иногда может быть устранен (предотвращен) в течение T_2 .

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

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

Примечания:

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

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

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

При решении конкретной мини-задачи желательно получить результат при минимальном расходовании ВПР. Поэтому целесообразно использовать в первую очередь внутрисистемные ВПР. При развитии же полученного ответа и при решении задач на прогнозирование (т. е. макси-задач), целесообразно задействовать максимум различных ВПР.

21. Как известно, изделие — неизменяемый элемент. Какие же ресурсы могут быть в изделии? Изделие действительно нельзя изменять, т. е. нецелесообразно менять при решении мини-задачи. Но иногда изделие может:

- а) изменяться само;
- б) допускать расходование (т. е. изменение) какой-то части, когда изделия в целом неограниченно много (например, вода в реке, ветер и т. д.);
- в) допускать переход в надсистему (кирпич не меняется, но меняется дом);
- г) допускать использование микроуровневых структур;
- д) допускать соединение с «ничем», т. е. с пустотой;
- е) допускать изменение на время.

Таким образом, изделие входит в ВПР лишь в тех сравнительно редких случаях, когда его можно легко менять, не меняя.

22. ВПР — это имеющиеся ресурсы. Их выгодно использовать в первую очередь. Если они окажутся недостаточными, можно привлечь другие вещества и поля. Анализ ВПР на шаге 2.3 является предварительным.

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

Часть 3. Определение ИКР и ФП

В результате применения третьей части АРИЗ должен сформулироваться образ идеального решения ИКР. Определяется также и физическое противоречие (ФП), мешающее достижению ИКР. Не всегда возможно достичь идеального решения. Но ИКР указывает направление на наиболее сильный ответ.

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

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

Примечание:

23. Кроме конфликта «вредное действие связано с полезным действием», возможны и другие конфликты, например, «введение нового полезного действия вызывает усложнение системы» или «одно полезное действие несовместимо с другим». Поэтому приведенная в 3.1 формулировка ИКР — только образец, по типу которого необходимо записывать ИКР. Общий смысл любых формулировок ИКР: приобретение полезного качества (или устранение вредного) не должно сопровождаться ухудшением других качеств (или появлением вредного качества).

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

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

Примечание.

24. При решении мини-задач, в соответствии с примечаниями 20 и 21, следует рассматривать используемые ВПР в такой последовательности: ВПР инструмента; ВПР внешней среды; побочные ВПР; ВПР изделия (если нет запрета по примечанию 21).

Наличие разных ВПР обуславливает существование четырех линий дальнейшего анализа. Практически условия задачи обычно сокращают часть линий. При решении мини-задачи достаточно вести анализ до получения идеи ответа; если идея получена, например, на «линии инструмента», можно не проверять другие линии. При решении макси-задачи целесообразно проверить все существующие в данном случае линии. То есть, получив ответ, например, на «линии инструмента», следует проверить также линии внешней среды, побочных ВПР и изделия.

При обучении АРИЗ последовательный анализ постепенно заменяется параллельными: вырабатывается умение переносить идею ответа с одной линии на другую. Это так называемое многоэкранное мышление: умение одновременно видеть изменения в надсистеме, системе и подсистемах.

ВНИМАНИЕ! Решение задачи сопровождается ломкой старых представлений, возникают новые представления, с трудом отражаемые словами. Как, например, обозначить свойства краски растворяться, не растворяясь (окрасить, не крася)?..

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

3.3. Записать формулировку физического противоречия на макроуровне: оперативная зона в течение оперативного времени должна (указать физическое макросостояние, например, «быть горячей»), чтобы выполнять (указать одно из конфликтующих действий), и не должна (указать противоположное физическое макросостояние, например, «быть холодной»), чтобы выполнять (указать другое конфликтующее действие или требование).

Примечания:

25. Физическим противоречием (ФП) называют противоположные требования к физическому состоянию оперативной зоны.

26. Если составление полной формулировки ФП вызывает затруднения, можно составить краткую формулировку: «Элемент (или часть элемента в оперативной зоне) должен быть, чтобы (указать), и не должен быть, чтобы (указать)».

Пример. Столб воздуха в течение ОВ должен быть электропроводным, чтобы 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 формулируется постепенно, как бы проявляется. Не надо прерывать решение при первом

намеке на ответ и «закреплять» еще не вполне готовый ответ. Решение по АРИЗ должно быть доведено до конца!

3.4. Записать формулировку физического противоречия на микроуровне: в оперативной зоне должны быть частицы вещества (указать их физическое состояние или действие), чтобы обеспечить (указать требуемое по 3.3 макросостояние), и не должны быть частицы (или должны быть частицы с противоположным состоянием или действием), чтобы обеспечить (указать требуемое по 3.3 другое макросостояние).

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

Примечания:

27. При выполнении 3.4 еще нет необходимости конкретизировать понятие «частицы». Это могут быть, например, домены, молекулы, ионы и т. д.

28. Частицы могут оказаться: а) просто частицами вещества; б) частицами вещества в сочетании с каким-то полем и (реже); в) «частицами поля».

29. Если задача имеет решение только на макроуровне, 3.4 может не получиться. Но и в этом случае попытка составления микро-ФП полезна, потому что дает дополнительную информацию: задача решается на макроуровне.

ВНИМАНИЕ! Три первые части АРИЗ существенно перестраивают исходную задачу, итог этой перестройки подводит шаг 3.5. Составляя формулировку ИКР-2, мы одновременно получаем новую задачу — физическую.

В дальнейшем надо решать именно эту задачу!

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

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

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

3.6. Проверить возможность применения системы стандартов к решению физической задачи, сформулированной в виде ИКР-2. Если задача не решена, перейти к четвертой части АРИЗ. Если задача решена, можно перейти к седьмой части АРИЗ, хотя и в этом случае рекомендуется продолжить анализ по четвертой части.

Часть 4. Мобилизация и применение ВПР

Ранее, на шаге 2.3, были определены имеющиеся ВПР, которые можно использовать бесплатно. Четвертая часть АРИЗ включает планомерные операции по увеличению ресурсов, рассматриваются производные ВПР, получаемые почти бесплатно путем минимальных изменений имеющихся ВПР. Шаги 3.3—3.5 начали переход от задачи к ответу, основанному на использовании физики; четвертая часть АРИЗ продолжает эту линию.

Правило 4. Каждый вид частиц, находясь в одном физическом состоянии, должен выполнять одну функцию. Если частицы А не справляются

с действиями 1 и 2, надо ввести частицы Б; пусть частицы А выполняют действие 1, а частицы Б — действие 2.

Правило 5. Введение частицы Б можно разделить на две группы Б-1 и Б-2. Это позволяет «бесплатно» (за счет взаимодействия между уже имеющимися частицами Б) получить новое действие 3.

Правило 6. Разделение частиц на группы выгодно и в тех случаях, когда в системе должны быть только частицы А: одну группу частиц А оставляют в прежнем состоянии, у другой группы меняют главный для данной задачи параметр.

Правило 7. Разделенные и введенные частицы после обработки должны стать неотличимыми друг от друга или от ранее имевшихся частиц.

Примечание:

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

4.1. Метод ММЧ:

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

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

Примечания:

31. Метод «моделирование маленькими человечками» состоит в том, что конфликтующие требования схематически представляют в виде условного рисунка (или нескольких последовательных рисунков), на котором действует большое число «маленьких человечков» (группа, несколько групп, «толпа»). Изображать в виде «маленьких человечков» следует изменяемые части модели задачи (инструмент, экс-элемент).

«Конфликтующие требования» — это конфликт из модели задачи или противоположные физические состояния, указанные на шаге 3.5. Вероятно, лучше последнее, но пока нет четких правил перехода от физической задачи (3.5) к ММЧ. Легче рисовать «конфликт» в модели задачи.

Пункт 4.1-б часто можно выполнить, совместив на одном рисунке два изображения: плохое действие и хорошее действие. Если события развиваются во времени, целесообразно сделать несколько последовательных рисунков.

ВНИМАНИЕ! Здесь часто совершают ошибку, ограничиваясь беглыми, небрежными рисунками. Хорошие рисунки: а) выразительны и понятны без слов; б) дают дополнительную информацию о физпротиворечии, указывая в общем виде пути его устранения.

32. Шаг 4.1 — вспомогательный. Он нужен, чтобы перед мобилизацией ВПР нагляднее представить — что, собственно, должны делать частицы вещества в оперативной зоне и близ нее. Метод ММЧ позволяет отчетливее увидеть идеальное действие («что надо сделать») без физики («как это сделать»). Благодаря этому снимается психологическая инерция, форсируется работа воображения. ММЧ, таким образом, метод психологический. Но моделирование «маленькими человечками» осуществляется с учетом законов развития технических систем. Поэтому ММЧ нередко приводит к техническому решению задачи. Прерывать решение в этом случае не надо, мобилизация ВПР обязательно должна быть проведена.

Пример. А. Человечки внутри мысленно выделенного столба воздуха ничем не отличаются от человечков воздуха за пределами столба. Те и другие одинаково нейтральны (условно: человечки держат друг друга, руки у них заняты, человечки не хватают молнию).

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

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

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

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

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

4.3. Определить, решается ли задача применением смеси ресурсных веществ.

Примечания:

33. Если бы для решения могли быть использованы ресурсные вещества — в том виде, в каком они даны, — задача, скорее всего, не возникла или была бы решена автоматически. Обычно нужны новые вещества. Но введение новых веществ связано с усложнением системы, появлением побочных вредных факторов и т. д. Суть работы с ВПР в четвертой части АРИЗ в том, чтобы обойти это противоречие и ввести новые вещества, не вводя их.

34. Шаг 4.3 состоит, в простейшем случае, в переходе от двух моно-веществ к неоднородному бивеществу.

Может возникнуть вопрос: возможен ли переход от моно-вещества к однородному бивеществу или поливеществу? Аналогичный переход от системы к однородной бисистеме или полисистеме применяется очень широко и отражен в стандарте 3.1.1. Но в этом стандарте речь идет об объединении систем, а на шаге 4.3 рассматривается объединение веществ. При объединении двух одинаковых систем возникает новая система. А при объединении двух «кусков» вещества происходит простое увеличение количества.

Один из механизмов образования новой системы при объединении одинаковых систем состоит в том, что в объединенной системе сохраняются границы между объединившимися системами. Так, если моносистема — лист, то полисистема — блокнот, а не один очень толстый лист.

Но сохранение границ требует введения второго (граничного) вещества (пусть это будет даже пустота). Отсюда шаг 4.4 — создание неоднородной квазиполисистемы, в которой роль второго (граничного) вещества играет пустота. Правда, пустота — необычный партнер. При смешивании вещества и пустоты границы не всегда видны. Но новое качество появляется, а именно это и нужно.

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

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

Примечание.

35 Пустота — исключительно важный вещественный ресурс. Она

всегда имеется в неограниченном количестве, предельно дешева, легко смешивается с имеющимися веществами, образуя, например, полные и пористые структуры, пену, пузырьки и т. д.

Пустота — не обязательно вакуум. Если вещество твердое, пустота в нем может быть заполнена жидкостью или газом. Если вещество жидкое, пустота может быть газовым пузырьком.

Для вещественных структур определенного уровня пустотой являются структуры нижних уровней (см. примечание 37). Так, для кристаллической решетки пустотой являются отдельные сложные молекулы, для молекул — отдельные атомы и т. д.

4.5. Определить, решается ли задача применением веществ производных от ресурсных (или применением смеси этих производных веществ с «пустотой»).

Примечание.

36. Производные ресурсные вещества получают изменением агрегатного состояния имеющихся ресурсных веществ. Если, например, ресурсное вещество жидкость, к производным относятся лед и пар. Производными считаются и продукты разложения ресурсных веществ. Так, для воды производными будут водород и кислород. Для многокомпонентных веществ производные — их компоненты. Производными являются также вещества, образующиеся при разложении или сгорании ресурсных веществ.

Правило 8. Если для решения задачи нужны частицы вещества (например ионы) и непосредственное их получение невозможно по условиям задачи, требуемые частицы надо получать разрушением вещества более высокого структурного уровня (например молекул).

Правило 9. Если для решения задачи нужны частицы вещества (например молекулы) и невозможно получить их непосредственно или по правилу 8, требуемые частицы надо получать достройкой или объединением частиц более низкого структурного уровня (например ионов).

Правило 10. При применении правила 8 простейший путь — разрушение ближайшего вышестоящего «целого» или «избыточного» (отрицательные ионы) уровня, а при применении правила 9 простейший путь — достройка ближайшего нижестоящего «нецелого» уровня.

Примечание.

37. Вещество представляет собой многоуровневую иерархическую систему. С достаточной для практических целей точностью иерархию уровней можно представить так:

минимально обработанное вещество (простейшее техновещество, например проволока);

«сверхмолекулы»: кристаллические решетки, полимеры, ассоциации молекул;

сложные молекулы;

молекулы;

части молекулы, группы атомов;

атомы;

части атомов;

элементарные частицы;

поля.

Суть правила 8: новое вещество можно получить обходным путем — разрушением более крупных структур ресурсных веществ или таких веществ, которые могут быть введены в систему.

Суть правила 9: возможен и другой путь — достройка менее крупных структур.

Суть правила 10: разрушать выгоднее «целые» частицы (молекулы, атомы), поскольку нецелые частицы (положительные ионы) уже частично разрушены и сопротивляются дальнейшему разрушению; достраивать, наоборот, выгоднее нецелые частицы, стремящиеся к восстановлению.

Правила 8—10 указывают эффективные пути получения производных ресурсных веществ из «недр» уже имеющихся или легко вводимых веществ. Правила наводят на физэффект, необходимый в том или ином конкретном случае.

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

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

Примечание.

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

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

Примечание:

39. На шаге 2.3 рассмотрены уже имеющиеся ВПР. Шаги 4.3—4.5 относятся к ВПР, производным от имеющихся. Шаг 4.6 — частичный отход от имеющихся и производных ВПР: вводят «посторонние» поля.

Решение мини-задачи тем идеальнее, чем меньше затраты ВПР. Однако не каждая задача решается при малом расходе ВПР. Иногда приходится отступать, вводя «посторонние» вещества и поля. Делать это надо только при действительной необходимости, если никак нельзя обойтись наличными ВПР.

Часть 5. Применение информфонда

Во многих случаях четвертая часть АРИЗ приводит к решению задачи. В таких случаях можно переходить к седьмой части. Если же после шага 4.7 ответа нет, надо пройти пятую часть. Цель пятой части АРИЗ — использование опыта, сконцентрированного в информационном фонде ТРИЗ. К моменту ввода в пятую часть АРИЗ задача существенно проясняется — становится возможным ее прямое решение с помощью информационного фонда.

5.1. Рассмотреть возможность решения задачи (в формулировке ИКР-2 и с учетом ВПР, уточненных в четвертой части) по стандартам.

Примечание.

40. Возврат к стандартам происходит, в сущности, уже на шагах 4.6 и 4.7. До этих шагов главной идеей было использование имеющихся ВПР — по возможности, избегая введения новых веществ и полей. Если задачу не удастся решить в рамках имеющихся и производных ВПР, приходится вводить новые вещества и поля. Большинство стандартов как раз и относится к технике введения добавок.

5.2. Рассмотреть возможность решения задачи (в формулировке ИКР-2 и с учетом ВПР, уточненных в четвертой части) по аналогии с еще нестандартными задачами, ранее решенными по АРИЗ.

Примечание.

41. При бесконечном многообразии изобретательских задач число физических противоречий, на которых держатся эти задачи, сравнительно невелико. Поэтому значительная часть задач решается по аналогии с другими задачами, содержащими аналогичное физпротиворечие. Внешне задачи могут быть весьма различными, аналогия выявляется только после анализа — на уровне физпротиворечия.

5.3. Рассмотреть возможность устранения физического противоречия с помощью типовых преобразований (см. приложение 3).

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

5.4. Применение «Указателя физэффектов».

Рассмотреть возможность устранения физпротиворечия с помощью указателя применения физических эффектов и явлений (см. приложение 6).

Примечание.

42. Разделы «Указатели применения физических эффектов и явлений» опубликованы в работе [8] (цикл «Магический кристалл физики»).

Часть 6. Изменение и (или) замена задачи

Простые задачи решаются буквальным преодолением ФП, например, разделением противоречивых свойств во времени или в пространстве. Решение сложных задач обычно связано с изменением смысла задачи — снятием первоначальных ограничений, обусловленных психологической инерцией и до решения кажущихся самоочевидными.

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

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

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

6.2. Если ответа нет, проверить — не является ли формулировка 1.1 сочетанием нескольких разных задач. В этом случае следует изменить 1.1, выделив отдельные задачи для первоочередного решения (обычно достаточно решить одну главную задачу).

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

Задача разбивается на ряд подзадач: а) как ввести микродозы припоя в зазоры звеньев? б) как обеспечить нагрев внесенных микродоз припоя без вреда для всей цепочки? в) как убрать излишки припоя, если они есть? Главная задача — внесение микродоз припоя в зазоры.

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

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

6.4. Если ответа нет, вернуться к шагу 1.1, заново сформулировать мини-задачу, отнеся ее к надсистеме. При необходимости такое возвращение совершают несколько раз — с переходом к наднадсистеме и т. д.

Часть 7. Анализ способа устранения ФП

Главная цель седьмой части АРИЗ — проверка качества полученного ответа. Физическое противоречие должно быть устранено почти идеально, «без ничего». Лучше потратить два-три часа на получение нового — более сильного ответа, чем потом полжизни бороться за плохо внедряемую, слабую идею.

7.1. Контроль ответа.

Рассмотреть вводимые вещества и поля. Можно ли не вводить новые вещества и поля, используя ВПР — имеющиеся и производные? Можно ли использовать саморегулируемые вещества? Ввести соответствующие поправки в технический ответ.

Примечание.

43. Саморегулируемые (в условиях данной задачи) вещества — это такие вещества, которые определенным образом меняют свои физические параметры при изменении внешних условий, например, теряют магнитные свойства при нагревании выше точки Кюри. Применение саморегулируемых веществ позволяет менять состояние системы или проводить в ней измерения без дополнительных устройств.

7.2. Провести предварительную оценку полученного решения.

Контрольные вопросы:

а) обеспечивает ли полученное решение выполнение главного требования ИКР-1?

б) какое физическое противоречие устранено (и устранено ли) полученным решением?

в) содержит ли полученная система хотя бы один хорошо управляемый элемент? Какой именно? Как осуществлять управление?

г) годится ли решение, найденное для «одноцикловой» модели задачи, в реальных условиях со многими «циклами»?

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

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

7.4. Какие подзадачи возникнут при технической разработке, полученной идеи? Записать возможные подзадачи — изобретательские, конструкторские, расчетные, организационные.

Часть 8. Применение полученного ответа

Действительно хорошая идея не только решает конкретную задачу, но и дает универсальный ключ ко многим другим аналогичным задачам. Восьмая часть АРИЗ имеет целью максимальное использование ресурсов найденной идеи.

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

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

8.3. Использовать полученный ответ при решении других технических задач:

а) сформулировать в обобщенном виде полученный принцип решения;

б) рассмотреть возможность прямого применения полученного принципа при решении других задач;

в) рассмотреть возможность использования принципа, обратного полученному;

г) построить морфологическую таблицу, например, типа «расположение частей — агрегатные состояния изделия» или «использованные поля — агрегатные состояния внешней среды» и рассмотреть возможные перестройки ответа по позициям этих таблиц;

д) рассмотреть изменение найденного принципа при изменении размеров системы (или главных ее частей): размеры стремятся к нулю, размеры стремятся к бесконечности.

Примечание.

44. Если работа ведется не только ради решения конкретной технической задачи, тщательное выполнение шагов 8.3 (а) — 8.3 (д) может стать началом разработки общей теории, исходящей из полученного принципа.

Часть 9. Анализ хода решения

Каждая решенная по АРИЗ задача должна повышать творческий потенциал человека. Но для этого необходимо тщательно проанализировать

ход решения. В этом смысл девятой, завершающей части АРИЗ.

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

9.2. Сравнить полученный ответ с данными информационного фонда ТРИЗ (стандарты, приемы, физэффекты). Если в информационном фонде нет подобного принципа, записать его в предварительный накопитель.

ВНИМАНИЕ!

АРИЗ-85В опробован на многих задачах, практически на всем фонде задач, используемом при обучении ТРИЗ. Забывая об этом, иногда с ходу предлагают усовершенствования, основанные на опыте решения одной задачи. Для этой задачи предлагаемые изменения, может быть, и хороши (допустим). Но облегчая решение одной задачи, они, как правило, затрудняют решение всех других...

Любое предложение желательно вначале испытать вне АРИЗ (так было, например, с методом ММЧ). После введения в АРИЗ каждое изменение должно быть опробовано разбором как минимум 20—25 достаточно трудных задач.

АРИЗ постоянно совершенствуется и потому нуждается в притоке новых идей. Но идеи должны быть сначала тщательно, даже дотошно, проверены.

Основные виды конфликтов в моделях задач

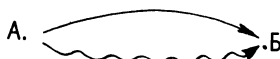
| Конфликт | Пояснение |
|----------|-----------|
|----------|-----------|

1. Противодействие



А действует на Б полезно (сплошная стрелка), но при этом постоянно или на отдельных этапах возникает обратное вредное действие (волнистая стрелка), требуется устранить вредное явление, сохранив полезное действие

2. Сопряженное действие



Полезное действие А на Б в чем-то оказывается вредным действием на это же Б (например, на разных этапах работы одно и то же действие может быть то полезным, то вредным). Требуется устранить вредное действие, сохранив полезное

3. Сопряженное действие



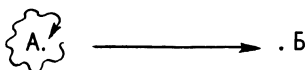
Полезное действие А на одну часть Б оказывается вредным для другой части Б. Требуется устранить вредное действие на Б₂, сохранив полезное действие на Б₁

4. Сопряженное действие

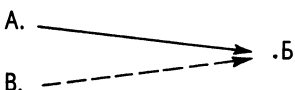


Полезное действие А на Б является вредным действием на В (причем А, Б и В образуют систему). Требуется устранить вредное действие, сохранив полезное и не разрушив систему

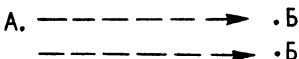
5. Сопряженное действие



6. Несовместимое действие



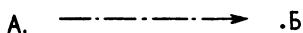
7. Неполное действие или бездействие



8. «Безмолвие»



9. Нерегулируемое (в частности, избыточное) действие



Полезное действие А на Б сопровождается вредным действием на само А (в частности, вызывает усложнение А). Требуется устранить вредное действие, сохранив полезное

Полезное действие А на Б несовместимо с полезным действием В на Б (например, обработка несовместима с измерением). Требуется обеспечить действие В на Б (пунктирная стрелка), не меняя действия А на Б

А оказывает на Б одно действие, а нужно два разных действия. Или А не действует на Б. Иногда А вообще не дано: надо изменить Б, а каким образом — неизвестно. Требуется обеспечить действие на Б при минимально простом А

Нет информации (волнистая пунктирная стрелка) об А, Б или взаимодействии А и Б. Иногда дано только Б. Требуется получить необходимую информацию

А действует на Б нерегулируемо (например, постоянно), а нужно регулируемое действие (например, переменное). Требуется сделать действие А на Б регулируемым (штрих-пунктирная стрелка)

6. ПРИМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ И ЯВЛЕНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

| Требуемое действие, свойство | Физическое явление, эффект, фактор, способ |
|------------------------------|--|
|------------------------------|--|

1. Измерение температуры

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

2. Понижение температуры

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

| Требуемое действие, свойство | Физическое явление, эффект, фактор, способ |
|---|--|
| 3. Повышение температуры | Электромагнитная индукция. Вихревые токи. Поверхностный эффект. Диэлектрический нагрев. Электронный нагрев. Электрические разряды. Поглощение излучения веществом. Термоэлектрические явления |
| 4. Стабилизация температуры | Фазовые переходы (в том числе переход через точку Кюри) |
| 5. Индикация положения и перемещения объекта | Введение меток — веществ, преобразующих внешние поля (люминофоры) или создающих свои поля (ферромагнетики) и потому легко обнаруживаемых. Отражение и испускание света. Фотоэффект. Деформация. Рентгеновское и радиоактивное излучения. Люминесценция. Изменение электрических и магнитных полей. Электрические разряды. Эффект Доплера |
| 6. Управление перемещением объекта | Действие магнитным полем на объект или на ферромагнетик, соединенный с объектом. Действие электрическим полем на заряженный объект или магнитным на проводник с током. Передача давления жидкостями или газами. Механические колебания. Центробежные силы. Тепловое расширение. Световое давление |
| 7. Управление движением жидкости и газа | Капиллярность. Осмос. Электроосмос. Эффект Томса. Эффект Бернулли. Волновое движение. Центробежные силы. Эффект Вайссенберга |
| 8. Управление потоками аэрозолей (пыль, дым, туман) | Электризация. Электрические и магнитные поля. Давление света |
| 9. Перемещение смесей. Образование растворов | Ультразвук. Кавитация. Диффузия. Электрические поля. Магнитное поле в сочетании с ферромагнитным веществом. Электрофорез. Солюбилизация |
| 10. Разделение смесей | Электро- и магнитосепарация. Изменение кажущейся плотности жидкостей — разделителя под действием электрических и магнитных полей. Центробежные силы. Сорбция. Диффузия. Осмос. Электроосмос. Электрофорез |
| 11. Стабилизация положения объекта | Электрические и магнитные поля. Фиксация в жидкостях, твердых в магнитном и электрическом полях. Гироскопический эффект. Реактивное движение |

| Требуемое действие, свойство | Физическое явление эффект, фактор, способ |
|---|---|
| 12. Силовое воздействие. Регулирование сил. Создание больших давлений | Действие магнитным полем через ферромагнитное вещество. Фазовые переходы. Тепловое расширение. Центробежные силы. Изменение гидростатических сил путем изменения кажущейся плотности магнитной или электропроводной жидкости в магнитном поле. Применение взрывчатых веществ. Электрогидравлический эффект. Оптико-гидравлический эффект. Осмос |
| 13. Изменение трения | Эффект Джонсона-Рабекса. Воздействие излучений. Эффект аномально низкого трения. Эффект безызносного трения. Колебания. |
| 14. Разрушение объекта | Электрические разряды. Электрогидравлический эффект. Резонанс. Ультразвук. Кавитация. Лазер (индуцированное излучение) |
| 15. Аккумулирование механической и тепловой энергии | Упругие деформации. Гироскопический эффект. Фазовые переходы |
| 16. Передача энергии: механической | Деформации. Колебания. Эффект Александрова. Волновое движение, в том числе ударные волны |
| тепловой | Излучения. Теплопроводность. Конвекция |
| лучистой | Явление отражения света (световоды). Индуцированное излучение |
| электрической | Электромагнитная индукция. Сверхпроводимость |
| 17. Установление взаимодействия между подвижным (меняющимся) и неподвижным (неменяющимся) объектами | Использование электромагнитных полей (переход от «вещественных» связей к «полевым») |
| 18. Измерение размеров объекта | Измерение собственной частоты колебаний. Нанесение и считывание магнитных и электрических меток |
| 19. Изменение размеров объектов | Тепловое расширение. Эффект «память формы». Деформации. Магнито-, электрострикция. Пьезоэлектрический эффект |
| 20. Контроль состояния и свойств поверхности | Электрические разряды. Отражение света. Электронная эмиссия. Муаровый эффект. Излучения |

| Требуемое действие, свойство | Физическое явление, фактор, эффект, способ |
|---|---|
| 21. Изменение свойств поверхности | Трение. Адсорбция. Диффузия. Эффект Баушингера. Электрические разряды. Механические и акустические колебания. Ультрафиолетовое излучение |
| 22. Контроль состояния и свойств в объеме | Введение меток — веществ, преобразующих внешние поля (люминофоры) или создающих свои поля (ферромагнетики), зависящие от состояния и свойств исследуемого вещества. Изменение удельного электрического сопротивления в зависимости от изменения структуры и свойств объекта. Взаимодействие со светом. Электро- и магнитооптические явления. Поляризованный свет. Рентгеновские и радиоактивные излучения. Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонансы. Магнитоупругий эффект. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкинса и Баркхаузена. Измерение собственной частоты колебания объекта. Ультразвук. Эффект Мессбауэра. Эффект Холла |
| 23. Изменение объемных свойств объекта | Изменение свойств жидкости (кажущейся плотности, вязкости) под действием электрических и магнитных полей. Введение ферромагнитного вещества и действие магнитным полем. Тепловое воздействие. Фазовые переходы. Ионизация под действием электрического поля. Ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивное излучения. Деформация. Диффузия. Электрические и магнитные поля. Эффект Баушингера. Термоэлектрические, термомагнитные и магнитооптические эффекты. Кавитация. Фотохромный эффект. Внутренний фотоэффект |
| 24. Создание заданной структуры. Стабилизация структуры объекта | Интерференция волн. Стоячие волны. Муаровый эффект. Магнитные поля. Фазовые переходы. Механические и акустические колебания. Кавитация |
| 25. Индикация электрических и магнитных полей | Осмоз. Электризация тел. Электрические разряды. Пьезо- и сегнетоэлектрические эффекты. Электреты. Электронная эмиссия. Электрооптические явления. Эффекты Гопкинса и Баркхаузена. Эффект Холла. Ядерный магнитный резонанс. Гиромагнитные и магнитооптические явления |

| Требуемое действие, свойство | Физическое явление, фактор, эффект, способ |
|---|--|
| 26. Индикация излучения | Оптико-акустический эффект. Тепловое расширение. Фотозффект. Люминесценция. Фотопластический эффект |
| 27. Генерация электромагнитного излучения | Электрические разряды. Эффект Джоузефсона. Явление индуцированного излучения. Туннельный эффект. Люминесценция. Эффект Ганна. Эффект Черенкова |
| 28. Управление электромагнитными полями | Экранирование. Изменение состояния среды, например, увеличение или уменьшение ее электропроводности, магнитной проницаемости. Изменение формы поверхностей тел, взаимодействующих с полями |
| 29. Управление потоками света. Модуляция света | Преломление и отражение света. Электро- и магнитооптические явления. Фотоупругость. Эффекты Керра и Фарадея. Эффект Ганна. Эффект Франца—Келдыша |
| 30. Инициирование и интенсификация химических превращений | Ультразвук. Кавитация. Ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивное излучения. Электрические разряды. Ударные волны |

7. ПРИМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ И ЯВЛЕНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ [9]

| Требуемые действия, свойство | Химическая реакция, способ |
|------------------------------|----------------------------|
|------------------------------|----------------------------|

Преобразование вещества

- | | |
|---------------------------|--|
| 1. 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 |
| 2. Изменение массы | Транспортные реакции. Термохимический метод. Перевод в химически связанный вид. Перевод в гидратное состояние. Перевод в гидридное состояние. Экзотермические реакции |
| 3. Изменение концентрации | Транспортные реакции. Перевод в химически связанный вид и выделение. Перевод в гидратное состояние. В сжа- |

| Требуемое действие, свойство | Химическая реакция, способ |
|-------------------------------------|---|
| 4. Изменение удельного веса | <p>тых газах. В гидридах. Смещение химического равновесия. Адсорбция — десорбция. Полупроницаемые мембраны. Комплексоны. Жидкие мембраны</p> <p>Перевод в химически связанный вид. Перевод в гидратное состояние. Гидриды</p> |
| 5. Изменение объема | <p>Перевод в химически связанный вид. Транспортные реакции. Перевод в гидратное состояние, растворение в сжатых газах. Перевод в гидриды. Экзотермические реакции. Термохимические реакции. Растворение. Взрыв</p> |
| 6. Изменение формы | <p>Транспортные реакции. Термохимическая обработка. Газовые гидраты. Сжатые газы. Гидриды. Плавление — затвердевание</p> |
| 7. Изменение электрических свойств | <p>Гидрирование. Восстановление окисей. Растворение солей. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Нейтрализация электрических зарядов. Смещение химического равновесия. Электризация окислением. Газы при радиоактивном облучении. Электрохромы. Гидрофильный слой. Комплексоны</p> |
| 8. Изменение оптических свойств | <p>Восстановление окисей. Изменение цвета. Генерация света. Изменение светопропускания. В молекулярных слоях</p> |
| 9. Изменение магнитных свойств | <p>Гидрирование. СВС. Изменение окислителей. Кластеры</p> |
| 10. Изменение биологических свойств | <p>Перевод в химически связанный вид. Озонирование. Гидрофильность — гидрофобность. Комплексоны</p> |
| 11. Изменение химических свойств | <p>Транспортные реакции. Термохимическая обработка. Химическое связывание газов. Газовые гидраты. Сжатые газы. Гидрирование. Восстановление окисей. Экзотермические реакции. Термохимические реакции. Плавление — затвердевание. Растворение солей. СВС. Смещение химического равновесия. Озонирование. Фотохромы. Гидрофильность — гидрофобность. Перевод в микросостояние. Комплексоны. Жидкие мембраны</p> |
| 2. Изменение фазового состояния | <p>Транспортные реакции. Термохимическая обработка. Химическое связыва-</p> |

| Требуемое действие, свойство | Химическая реакция, способ |
|--|--|
| 13. Обезвреживание (деструкция) | <p>ние газов. Газовые гидраты. Сжатые газы. Гидриды. Плавление — затвердевание. Растворение солей. Выделение из растворов. Адсорбция — десорбция. Фотохромы</p> <p>Перевод в химически связанный вид. Перевод в гидратное состояние. В сжатых газах. Гидрирование. Экзотермические реакции. Термохимические реакции. Растворение. Озонирование. Комплексоны. Жидкие мембраны</p> |
| 14. Стабилизация (временное уменьшение активности) | <p>Химическое связывание газов. Перевод в гидратное состояние. В сжатых газах. В гидридах. Плавление — затвердевание. В адсорбентах. Комплексоны</p> |
| 15. Превращение двух или более веществ в одно | <p>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</p> |
| 16. Предохранение одного вещества от проникновения другого | <p>Путем химического связывания одного из них. Защита гидратами. Растворение в сжатых газах. Защита гидридами. Сжигание. Окисление. Озон. Гидрофильность — гидрофобность. Полупроницаемые мембраны. Жидкие мембраны</p> |
| 17. Нанесение одного вещества на поверхность другого | <p>Транспортные реакции. В гидратном состоянии. С помощью гидридов. Окисление — восстановление. Соединение взаимоактивных веществ. Фотохромы. Электрохромы. Молекулярная самосборка. Гидрофильность — гидрофобность. Жидкие мембраны</p> |
| 18. Соединение разнородных веществ (уплотнение, закурка) | <p>С помощью гидратов. С помощью гидридов. Сварка. Плавление — затвердевание. Молекулярная самосборка</p> |
| 19. Разделение веществ (выделение одного из другого) | <p>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</p> |

| Требуемое действие, свойство | Химическая реакция, способ |
|---|--|
| 20. Разрушение вещества | Транспортные реакции. Термохимический метод. Разрушение химически связанных веществ. Выделение из сжатых газов. Насыщение водородом. Разрушение окисей. Сжигание. Растворение. Смещение химического равновесия в смесях. Соединение взаимоактивных веществ. Окисление. Взрыв. Комплексоны |
| 21. Размещение одного вещества в другом | Транспортные реакции. Химическое связывание газов. Газовые гидраты. В сжатых газах. В гидридах. В адсорбентах. Растворение. Комплексоны. Молекулярная самосборка. Жидкие мембраны |
| 22. Получение новых веществ (синтез) | Транспортные реакции. Термохимический метод. Химическое связывание газов. Газовые гидраты. Гидриды. Восстановление из окисей. Экзотермические реакции. Термохимические реакции. Соединение взаимоактивных веществ. При смещении химического равновесия. Озонирование. Окислители. Сверхокислители. Озониды. Молекулярная самосборка. Комплексоны |
| 23. Организация замкнутого цикла по веществу (поглощение — выделение) | Транспортные реакции. Химическое связывание — выделение газов. Растворение в сжатых газах. Гидриды. Адсорбция — десорбция. Озониды. Электрохромы. Комплексоны. Жидкие мембраны |
| 24. Сборка вещества из атомов | Транспортные реакции. Выделение из химически связанного вида. Выделение из сжатых газов. Из гидридов. Восстановление из окисей. Соединение взаимоактивных веществ. Молекулярная самосборка. Полупроницаемые мембраны. Переход молекула — агрегат. Комплексоны. Жидкие мембраны |
| 25. Получение веществ с хорошо организованной структурой (чистых веществ) | Транспортные реакции. В химически связанном виде. Выделение из сжатых газов. Из гидридов. Молекулярная самосборка. Комплексоны. Жидкие мембраны |
| 26. Транспорт одного вещества сквозь другое | Транспортные реакции. Термохимический метод. В химически связанном виде. В сжатых газах. В гидридах. Водород сквозь металлы. Термохимические реакции. Фазовые переходы. Сме- |

| Требуемое действие, свойство | Химическая реакция, способ |
|------------------------------|---|
| | шение химического равновесия. Адсорбция. Полупроницаемые мембраны. Комплексоны. Жидкие мембраны |

Преобразование энергии

| | |
|--|---|
| 27. Получение тепла (ввод тепловой энергии в систему) | Сжигание газовых гидратов. Сжигание водорода. Гидриды. Энергоемкие вещества. Экзотермические реакции. СВС. Сильные окислители. Разложение озона |
| 28. Получение холода (вывод тепловой энергии из системы) | Разложение газогидратов. Гидриды. Эндотермические реакции. Растворение |
| 29. Получение механических давлений | Разложение газогидратов. Разложение гидридов. Разупрочнение металлов при наводораживании. Разбухание металлов. Разложение жидкого озона |
| 30. Генерация светового излучения | Хемилюминесценция |
| 31. Аккумулирование тепла | Химические реакции. Фазовые переходы |
| 32. Аккумулирование холода | Гидриды |
| 33. Аккумулирование световой энергии | Фотохромизм |
| 34. Транспорт тепловой энергии | Транспортные реакции. Гидридные аккумуляторы |
| 35. Транспорт (сток) статического электричества | Металлизация тканей. Обработка озонном. Гидрофильное покрытие |
| 36. Регулирование световой энергии | Фотохромизм |
| 37. Энергетические воздействия на вещество | Коронный разряд. Радиоактивное излучение. Кавитация. Ультрафиолет. Электрическое поле. Электрический ток. Электромагнитное поле. Инфракрасное излучение. СВЧ-разряд. Видимый свет. Тепловая энергия |

Преобразование информации

| | |
|---|--|
| 38. Индикация текущей информации о веществе | Хемилюминесценция. Флуоресценция. Гидрофотография. Гидродинамика потоков |
| 39. Индикация информации об энергии: | |
| тепловой | Фазовые переходы. Термохромы |
| коронного разряда | По образованию озона |
| радиоактивного излучения | По образованию озона. Радиохромы |
| видимого излучения | Фотохромы |
| ультрафиолета | Фотохромы |

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМУЛИРОВАНИЮ И РЕШЕНИЮ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

1. Формулировка исходной исследовательской задачи

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

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

Запишем исходную исследовательскую задачу по приведенной выше форме.

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

2. Формулировка обращенной задачи

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

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

3. Поиск известных решений

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

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

4. Паспортизация и использование ресурсов

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

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

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

5. Поиск нужных эффектов

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

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

6. Поиск новых решений

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

Примечания:

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

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

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

7. Формулировка гипотез и задач по их проверке

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

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

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

8. Развитие решения

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

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

9. ЭТАПЫ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА

| Этап | Содержание работы | Результаты работы | Исполнители |
|------------------|---|---|--|
| Подготовительный | Выбор объекта с соответствующим технико-экономическим обоснованием | Предложения по объектам проведения ФСА. Таблица сравнения возможных объектов ФСА | Службы предприятия. Служба ФСА |
| | Определение конкретных задач по проведению ФСА Составление рабочего плана проведения ФСА Оформление решения о проведении ФСА | Приказ (распоряжение) о проведении ФСА, включающий: предложения по составу и регламенту работы ВРГ; предложения по составу экспертной комиссии; список информационных материалов, предоставляемых службами предприятия группе ФСА Подборки информационных материалов | Служба ФСА совместно со службами предприятия |
| Информационный | Подготовка, сбор и систематизация информации об объекте ФСА и его аналогах | Структурная схема объекта. Технологическая схема | Служба ФСА совместно со службами предприятия |
| | Изучение объекта и его аналогов: составление структурной схемы, изучение технологии, исследование условий применения (эксплуатации), анализ патентной информации и рационализаторских предложений, связанных с совершенствованием объекта | Структурная схема объекта. Технологическая схема | Временная рабочая группа. Служба ФСА |
| Аналитический | Определение затрат и их структуры на стадиях разработки, производства и эксплуатации объекта | Калькуляция затрат. Структурная схема затрат | Временная рабочая группа |
| | Формулирование функций объекта и его элементов, группировка функций, построение функциональной модели объекта | Протоколы заседаний временной рабочей группы. Матрицы функций объекта, его узлов и деталей | Временная рабочая группа |

| Этап | Содержание работы | Результаты работы | Исполнители |
|-------------------|---|---|---------------------------------|
| Творческий | Оценка значимости функций экспертным методом | Матрицы поэлементного анализа деталей | |
| | Оценка затрат, связанных с осуществлением функций | | |
| | Сопоставительный анализ значимости функций и затрат на их реализацию для выявления зон (частей объекта) с неоправданно высокими затратами | Диагностические таблицы, учитывающие значимость и стоимость выполнения функций, недостатки изделия и его технологии, узкие места в производстве, пожелания различных служб и потребителей | |
| Исследовательский | Проведение дифференцированного анализа по каждой из функциональных зон | | |
| | Формулирование и преобразование задач для последующих этапов ФСА | Список проблем и задач для творческого этапа | |
| | Выработка предложений по совершенствованию объекта | Протоколы заседаний временной рабочей группы. Эскизы вариантов решений | |
| Исследовательский | Анализ и предварительный отбор предложений для реализации | Сводная таблица найденных решений | |
| | Систематизация предложений по функциям. Формирование вариантов исполнения объекта | | |
| | Предварительная оценка выдвинутых вариантов предложений | Тексты описания предложений, эскизы предложений, предварительные экономические расчеты | |
| | Разработка эскизов выбранных вариантов и проведение необходимых расчетов | Таблицы сравнения альтернативных вариантов предложений | Служба ФСА и службы предприятия |
| | Рассмотрение вариантов совместно со специалистами заинтересованных служб | Протокол предварительной экспертизы | |

| Этап | Содержание работы | Результаты работы | Исполнители |
|------------------|---|---|--|
| Рекомендательный | Отбор наиболее рациональных вариантов предложений для рассмотрения на следующих этапах | | |
| | Создание (при необходимости) макетов и опытных образцов | | |
| | Проведение экспертизы предложений | Протокол заседаний экспертной комиссии | Экспертная комиссия |
| | Рассмотрение руководящими органами по ФСА заключения экспертной комиссии и принятие окончательного решения | Решение Совета ФСА предприятия | Служба ФСА совместно со службами предприятия |
| | Окончательное оформление принятых предложений | | |
| | Составление проекта плана-графика внедрения рекомендаций | План-график внедрения предложений | |
| Внедрение | Утверждение результатов ФСА руководством министерства, ведомства, объединения, предприятия, организации в качестве составной части плана повышения эффективности производства | Приказ по результатам проведения ФСА Планы работы предприятия, его подразделений и служб Техническая документация | Службы предприятия Служба ФСА |
| | Разработка и согласование научно-технической и проектной документации в связи с изменением объекта в результате проведения ФСА | | |
| | Подготовка и освоение производства | Акты о внедрении Итоговый отчет по результатам ФСА | |
| | Оценка фактической экономической эффективности внедрения результатов ФСА | | |

10. СПИСОК КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА

1. Какова основная функция узла (детали)?
2. Что представляет собой «идеальный» узел (деталь)?
3. Что будет, если убрать данный узел (деталь)?
4. Какие и сколько функций выполняет данный узел (деталь), нельзя ли часть из них сократить?
5. Как иначе можно выполнить основную функцию?
6. В какой отрасли техники наилучшим образом выполняется данная функция и нельзя ли позаимствовать решение?
7. Можно ли разделить узел (деталь) на части? Можно ли объединить несколько деталей (узлов)? Можно ли разборные соединения сделать неразборными и наоборот?
8. Можно ли неподвижные детали сделать подвижными и наоборот? Можно ли использовать холостые ходы? Можно ли от периодического движения перейти к непрерывному и наоборот?
9. Нельзя ли поменять последовательность технологических операций? Ввести или исключить предварительные сборочные и обработочные операции? Исключить отделочные операции?
10. Какой элемент узла (детали) самый «слабый», нельзя ли его отделить от детали (узла), «усилить»?
11. Какие факторы, функции в работе узла (детали) самые «вредные»? Нельзя ли их использовать? Что будет с изделием, если узел станет выполнять противоположные функции? Как реализовать работу «наоборот»?
12. Нельзя ли упростить узел, добиваясь не 100% полезного эффекта, а чуть меньше или больше?
13. Можно ли уменьшить допуск, снизить чистоту, упростить форму, усовершенствовать прочие аналогичные элементы узла (детали)?
14. Можно ли заменить специальные детали стандартными?
15. Какие дополнительные функции может выполнять данный узел (деталь)?
16. Можно ли изменить материал, сортамент?
17. Можно ли уменьшить отходы или использовать их?
18. Нельзя ли взять более дешевый материал и применить покрытия, биметаллы и т. д. либо вставки из высококачественного материала?
19. Что в детали (узле) в первую очередь изнашивается?
20. Где в детали (узле) заложены излишние запасы, нельзя ли их сократить?

11. СКРЫТЫЕ РЕЗЕРВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ

| Характеристика резерва | Признаки наличия | Причины появления | Способ выявления |
|--|---|---|--|
| 1. Необоснованно завышенные и излишние требования в техническом задании | Неполное использование возможностей изделия в эксплуатации. Широкое применение изделия в непредусмотренных техническим заданием условиях | Недостаток объективной информации о потребностях и условиях работы проектируемого изделия. Недоучет экономических критериев (стоимости превышения параметров). | Анализ условий и опыта эксплуатации изделий. Выявление реальных требований, которым должно отвечать большинство изделий |
| 2. Необоснованно завышенные по сравнению с техническим заданием характеристики изделия (прочность, надежность, мощность, ресурс, точность и т. п.) | Существенное превышение параметров по сравнению с советскими и (или) зарубежными аналогами. При массовом производстве — кажущееся благополучие, полное отсутствие случаев поломок, рекламаций. | Перестраховка заказчиков. Перестраховка производителей, конструкторов. Проектирование без серьезного расчетного обоснования, «на глазок». Недоучет экономических критериев | Сравнение с аналогами. Анализ опыта эксплуатации. Расчетная проверка обоснованности выбора основных параметров |
| 3. Необоснованность, консерватизм основных конструктивных и (или) технологических решений во вновь спроектированных и в давно выпускаемых изделиях | Несоответствие технического уровня изделий уровню лучших советских и (или) зарубежных аналогов. Явные нарушения закономерностей и тенденций развития технических систем | Недостаточное изучение научно-технической, в особенности патентной информации. Неумение вести поиск новых решений. | Сравнение с аналогами. Анализ истории и закономерностей развития изделия. Проверка возможности изменения изделия с учетом новых технических возможностей, появившихся после создания данного изделия |
| | | Психологическая инерция, «боязнь нового». Отсутствие в течение многих лет пересмотра конструкции и технологии изделий | |

| Характеристика резерва | Признаки наличия | Причины появления | Способ выявления |
|---|---|---|--|
| 4. Непредусмотренное вредное взаимодействие между частями изделия или между изделием и связанными с ним другими изделиями, внешней средой | Необъяснимые или трудно-объяснимые повреждения изделий после испытаний или в процессе эксплуатации. Не предусмотренные проектом особенности изделия, выявляющиеся в процессе эксплуатации | Недостаток научно-технической информации. Отсутствие системного подхода к изделию | Системный анализ взаимодействия изделия, выявление всех видов взаимодействий (механического, химического, электрического и т. п.) и их комбинаций. Выявление влияния изменения разных параметров среды (температуры, давления, состава и т. п.). Диверсионный подход |
| 5. Недоработанность, «сырость» конструкции и (или) технологии изготовления изделия | Чрезмерное количество изменений конструкции и технологий, рационализаторских предложений, разрешений на отклонение. Большой процент брака, рекламаций. Наличие «узких мест» в производстве, неритмичность, сложный технологический маршрут изделий. Низкий коэффициент использования оборудования | Пропуск необходимых этапов в процессе разработки изделия. Недостаточное внимание разработчиков к испытаниям и эксплуатации изделия. Изолированность друг от друга конструкторских, технологических, производственных, исследовательских, экономических и других подразделений предприятия | Анализ изменений конструкции и технологий, рационализаторских предложений, трудностей производства и эксплуатации, данных по браку и рекламаций |
| 6. Плохое сопряжение отдельных частей изделия | Обособленность конструкции отдельных частей сложного изделия, агрегата, отсутствие сверхсуммарных эффектов от бюро, отделами, группами, объединения частей. Наличие отдельных специалистами, | Отсутствие продуктивных контактов между подразделениями, конструкторскими | Анализ связей и взаимодействия между узлами и деталями изделия |

| Характеристика резерва | Признаки наличия | Причины появления | Способ выявления |
|--|---|---|---|
| | элементов конструкции, несущих только соединительные, согласующие функции. Наличие вредных взаимодействий частей изделия | разрабатываемыми разными частями изделия | |
| 7. Наличие в изделии элементов (узлов, деталей, частей деталей), не выполняющих полезных функций | Отсутствие изменений в чертежах деталей, сопрягаемых с измененными | Изменение частей изделия без согласованных изменений других его частей (несистемный подход к изменениям) | Анализ изменений конструкции |
| 8. Необоснованность отдельных второстепенных конструктивных решений при достаточной обоснованности основных | Излишняя трудоемкость и (или) материалоємкость отдельных деталей, не соответствующая выполняемым ими функциям | Недостаточное внимание к второстепенным элементам. Вынужденные, временные решения, оставшиеся в технической документации, несмотря на то, что породившие их причины исчезли | Поэлементный анализ деталей, оценка их соответствия выполняемым функциям |
| | Выход из строя при эксплуатации отдельных вспомогательных деталей | | Сравнение с деталями, выполняющими аналогичные функции в других устройствах |
| 9. Наличие в конструкции отдельных неудачных решений, не ухудшающих функционирование изделия, но повышающих его стоимость, легко поддающихся улучшению | Излишние запасы прочности, наличие заведомо «перетяженных» деталей, лишних обработок, необоснованной высокой чистоты и точности, покрытий и т. п. | Резерв, умышленно оставленный конструктором для обеспечения возможности последующих улучшений (выполнение плана мероприятий, подачи предложений т. п.) | Системное рассмотрение изделия |

| Характеристика резерва | Признаки наличия | Причины появления | Способ выявления |
|---|--|---|---|
| 10. Недостаточный уровень унификации и стандартизации изделий, ограничение унификации простыми деталями, крепёжом и т. п. | Чрезмерное количество новых вспомогательных деталей, элементов (крепежные детали, отверстия, протоки и т. п.), входящих в конструкцию. Наличие на предприятии большого количества разных исполнений однотипных узлов | Недостаточное внимание к формальному отношению к унификации. Отсутствие продуктивных контактов между разными конструкторскими подразделениями | Сравнительный анализ вспомогательных деталей и элементов, одноимённых узлов, спроектированных разными конструкторами (конструкторскими подразделениями). Сравнительный анализ разных типов размеров изделия |
| 11. Избыточный уровень унификации и стандартизации | Унификация нескольких типов размеров изделий в тех случаях, когда каждый из типовых размеров выпускается в больших количествах (массовый выпуск) | Формальный подход к унификации | Анализ объемов выпуска и применяемости унифицированных деталей |
| 12. Ошибки и недостатки в конструкции, связанные с психологическими факторами: несоответствие требованиям деталей, вычерчиваемых в масштабах уменьшения или увеличения; избыточная тяжесть или сложность деталей, связанная с их симметричностью, с выполнением в них прямых углов; | Отсутствие в чертежах прорисовки деталей в масштабе 1:1. Симметричность деталей, наличие четного числа узлов крепления, ребер, граней и т. п. в тех случаях, когда это не вызвано функциональными или технологическими требованиями. | Особенности человеческого восприятия, вследствие которых детали, выполненные правильно, кажутся менее прочными, чем есть в действительности, а в масштабах уменьшения, наоборот, более прочными. Привычка конструкторов «видеть» изделие в виде чертежа, подсознательное желание сделать деталь удобной не столько для изготовления, сколько для вычерчивания. Психологиче- | Изучение деталей, выполненных в натуральную величину. Изготовление прототипов моделей и макетов, прорисовка деталей в масштабе 1:1. Проверка повторяющихся элементов конструкции. Анализ объекта группой специалистов широкого профиля, представителей разных специальностей, различных подразделений предприятия |

| Характеристика резерва | Признаки наличия | Причины появления | Способ выявления |
|--|--|---|---|
| 13. Низкая технологичность изделия | <p>одним и тем же специалистом, без привлечения специалистов соответствующего профиля</p> <p>Большой процент брака и рекламаций, «узкие места» в производстве, неритмичность, сложный технологический маршрут, низкий коэффициент использования оборудования, большое количество ручного труда</p> | <p>сая инерция, стремление к привычным формам, решениям</p> <p>Отсутствие продуктивных контактов между конструкторскими и технологическими службами. Слабость инструментального производства.</p> <p>Изготовление изделий, спроектированных в расчете на новую технологию (переданных с другого предприятия, скопированных с зарубежных образцов)</p> | <p>Сравнение нормативной (отраженной в документации) и фактической технологии</p> <p>Анализ технологических отклонений</p> <p>Сравнительный анализ технологий изготовления разных изделий</p> |
| 14. Изделие плохо поддается механизации и автоматизации изготовления | <p>Большой удельный вес ручного труда, сложная форма деталей, большое количество сложной специализированной оснастки</p> | <p>Попытки автоматизации и механизации производства изделий, спроектированных для ручного производства, без пересмотра их конструкции</p> | <p>Позлементный анализ деталей.</p> <p>Анализ технологической оснастки</p> |
| 15. Несоответствие изделия и технологии его изготовления типу производства | <p>Повышенный по сравнению с аналогичными изделиями или средней для предприятия нормальный вес ручного труда</p> | <p>Изделие, спроектированное для единичного или мелкосерийного производства, но оказавшееся нужным в народном хозяйстве, выпускается массовым тиражом без переработки конструкции</p> | <p>Анализ истории разработки и выпуска изделия, динамики роста его выпуска</p> |

12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫЯВЛЕНИЮ И ФОРМУЛИРОВАНИЮ ЗАДАЧ

(Анализ изобретательской ситуации)

Настоящие рекомендации предназначены для ведущего ВРГ при проведении ФСА, для преподавателя ТРИЗ и ФСА в качестве руководства по решению практических задач в аудитории, а также для самоконтроля при индивидуальном решении задач.

1. Объясните членам ВРГ (слушателям) правила формулирования практической задачи:

- а) указать цель решения задачи;
- б) описать существующее положение и его недостатки;

в) в формулировке задачи избегать терминов и стремиться к тому, чтобы ее условие было понятно ребенку 12–14 лет.

2. Соберите предложенные задачи и предварительно рассортируйте их по темам (разделам) ТРИЗ.

П р и м е ч а н и е . Этот шаг наиболее важен при обучении. При изучении того или иного инструмента ТРИЗ в качестве завершающего занятия по теме предлагается решать практические задачи с использованием этого инструмента.

3. Прослушайте вместе с остальными членами ВРГ (слушателями) рассказ задачедателя, который должен включать необходимые пояснения, рисунки, показ чертежей, по возможности образцов в натуре и т. п. Дайте возможность другим участникам работы дополнить рассказ, задать вопросы.

Рассказ задачедателя должен содержать также следующую информацию:

- а) характеристику исходной системы, ее надсистем, подсистем;
- б) сведения о ресурсах системы, надсистемы, среды;
- в) описание функционирования системы (физику действия), ее полезные функции;
- г) описание вредных функций и других недостатков исходной системы;
- д) ограничения, налагаемые на решение, другие пожелания задачедателя по решению;

е) что будет хорошо, и что может быть плохо в случае решения задачи.

П р и м е ч а н и е . Если по какому-то из пунктов у задачедателя нет ответа, остаются неясности, то для уяснения использовать методологию аналитического этапа ФСА: функциональный анализ, диагностические таблицы.

4. Проверьте правильность постановки задачи (отсутствие типовых ошибок, приведенных в приложении 15). При необходимости устранили ошибку и сформулируйте задачу заново.

5. Проверьте достаточность представленной задачедателем информации и степень своего понимания задачи. Для этого необходимо построить ряд простых моделей задачи (ситуации): неполные модели, модель на базе метода ММЧ, с помощью простых механических аналогий. Изложите задачедателю и другим участникам работы суть задачи, как Вы ее поняли.

П р и м е ч а н и я : 1. Если оказывается, что принцип действия системы не вполне ясен, сформулируйте и решите исследовательскую задачу (с использованием приема обращения). 2. Если информации недостаточно для построения моделей, уточните ее и постройте модели повторно. 3. Если информации чересчур много (модели сложны и запутанны), попробуйте выявить основные конфликты.

6. Проведите экспресс-прогноз развития исходной системы (см. приложение 13) с целью выявления дополнительных задач.

7. Выявите известные решения аналогичных задач в данной области, а также в ведущей области техники. Выясните, чем они не удовлетворяют задачедателя. Уточните перечень ограничений по п. 3 д.

8. Проведите ряд упражнений на снижение психологической инерции: еще раз проверьте условия задач на отсутствие терминов; используйте оператор числовой оси. Еще раз уточните перечень ограничений.

9. Если в результате анализа ситуации у Вас появилась группа задач, проведите свертывание и выявление ключевой задачи.

10. Выберите направление решения задачи и инструмент для ее решения в зависимости от условий:

а) если возможен перенос известного решения — задача решена;

б) если исходная система признана неперспективной, необходимо использовать стандарты на синтез веполей, законы развития технических систем;

в) если исходная система остается и попытка использовать известные решения приводит к противоречию, следует рассмотреть возможность компромиссного решения;

г) если компромисс невозможен, то нужно рассмотреть решение задачи по АРИЗ.

13. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПРОГНОЗА НА БАЗЕ ТРИЗ

Прогнозирование — самый сложный вид работ по совершенствованию технических систем, поэтому для его успешного проведения необходимо уверенное владение всем аппаратом ТРИЗ. При выполнении шагов рекомендуется придерживаться следующих правил:

1. На каждом шаге необходимо выявлять и обязательно фиксировать неясности, проблемы, задачи (лучше всего в виде сформулированных противоречий), в том числе и кажущиеся неактуальными, неразрешимыми.

2. Каждую выявленную задачу следует обострить и попытаться решить. Если решение сразу найти не удастся, отложить его поиск на завершающий этап. Найденное решение зафиксировать, рассмотреть возможность получения от него сверхэффекта, пути его использования и новые задачи, которые при этом могут возникнуть.

3. Не следует прекращать работу, даже если получены идеи, удовлетворяющие заказчика. Наиболее интересные результаты, как правило, могут быть получены при выполнении завершающего этапа прогноза.

Этап 1. Предварительный прогноз (экспресс-прогноз)

1.1. Ознакомиться с базовой технической системой (БТС) по технической литературе, документации и в натуре: изучить ее принцип действия, конструкцию, историю развития (в том числе и возникавшие на разных этапах развития задачи, проблемы), альтернативные системы.

1.2. Построить ряд моделей, описывающих БТС: с помощью механических аналогий, метода ММЧ, вепольных преобразований. Выявить и сформулировать технические и физические противоречия, характерные для современного состояния БТС.

1.3. Использовать инструменты ТРИЗ для решения сформулированных задач, преобразования построенных моделей.

1.4. Провести простые морфологические преобразования БТС (см. АРИЗ-85В, часть 8).

1.5. Рассмотреть надсистемы БТС, их влияние на развитие БТС.

1.6. Рассмотреть развитие БТС по основным линиям действия законов развития технических систем (см. приложение 14).

1.7. Подвести итоги предварительного прогноза: сформулировать основные возможные направления дальнейшего развития, перспективные технические решения и задачи, подлежащие решению.

Этап 2. Подготовка к углубленному анализу

2.1. Определить конечные цели работы и сформировать рабочий план прогноза. Отобрать экспертов для участия во временной рабочей группе (требования к экспертам аналогичны требованиям к членам ВРГ при проведении ФСА).

2.2. Провести прогноз с помощью традиционных методов.

П р и м е ч а н и е. Традиционный прогноз играет служебную роль, его результаты нужны для сопоставления в дальнейшем с результатами прогноза на базе ТРИЗ. Если такая цель отсутствует, можно обойтись без затрат времени на традиционный прогноз.

2.3. Провести анализ БТС с использованием методологии ФСА: построить структурные, функциональные, технологические и диагностические таблицы.

2.4. Проанализировать тенденции развития надсистем, факторы, стимулирующие и (или) тормозящие развитие БТС, степень влияния их на БТС, ограничения, налагаемые надсистемами на БТС, вредные и полезные системные свойства (сверхэффекты), возникающие при работе БТС в составе разных надсистем.

П р и м е ч а н и е. Среди факторов, влияющих на развитие БТС, следует рассматривать развитие потребности в БТС, технологии производства, развитие других систем, связанных или конкурирующих с БТС, развитие коллектива создателей БТС и т. п.

2.5. Рассмотреть развитие систем, аналогичных БТС, в других областях техники, в биологии, палеонтологии. Рассмотреть развитие систем, альтернативных БТС (систем с аналогичными функциями, но действующих на других принципах) и антисистем (систем противоположного назначения).

Этап 3. Прогноз по законам развития технических систем

3.1. Определить, на какой стадии развития по каждой из линий развития (см. приложение 14) находится БТС в целом, а также ее подсистемы; выявить основные проблемы, задачи данной стадии развития.

3.2. Рассмотреть возможность выполнения очередного шага или ряда шагов по каждой линии. Выявить трудности, проблемы, задачи (противоречия), возникающие при попытке выполнить шаги.

3.3. Выявить возможные ошибки в развитии (по списку типовых ошибок, см. приложение 16). Выявить возможные отрицательные моменты в развитии с использованием «диверсионного подхода» и инструментов ТРИЗ.

Этап 4. Завершение прогноза (суммарный прогноз)

4.1. Проанализировать все выявленные в процессе работы задачи, построить иерархию задач, провести поиск недостающих задач. Провести свертывание системы задач, выявить ключевые задачи.

4.2. Провести решение выявленных на предыдущем шаге ключевых задач с помощью инструментов ТРИЗ. Выявить возможные сверхэффекты от полученных решений, рассмотреть возможности их использования и возникающие при этом задачи.

4.3. Свести полученные на разных шагах прогноза идеи и решения в блоки-предсказания. Выявить противоречия между блоками и попытаться их разрешить с помощью инструментов ТРИЗ.

4.4. Выписать все задачи, решение которых оказалось невозможно на нынешнем уровне техники, технологии. Рассмотреть, как изменятся блоки, если эти ограничения будут сняты.

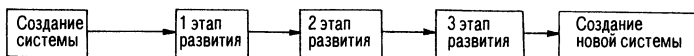
4.5. Составить сценарий будущего развития БТС: свести блоки-пред-

сказания в единую непротиворечивую картину (или ряд внутренне непротиворечивых альтернативных картин).

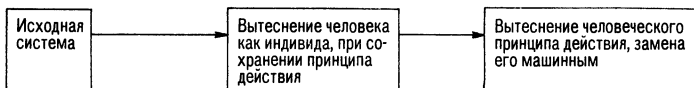
4.6. Составить перспективные планы развития БТС на базе полученного сценария.

14. ЛИНИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

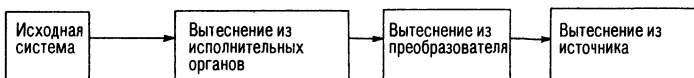
1. Этапы развития ТС



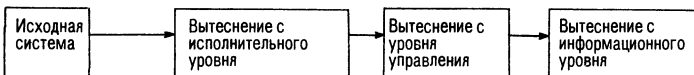
2. Вытеснение человека из ТС



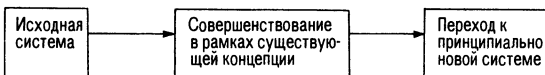
Вытеснение на одном уровне:



Вытеснение между уровнями:

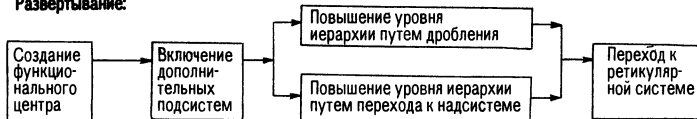


3. Увеличение степени идеальности ТС

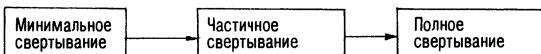


4. Развертывание-свертывание ТС

Развертывание:

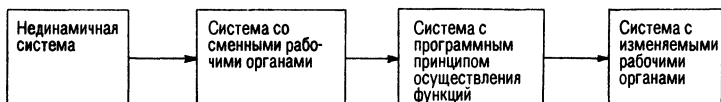


Свертывание:

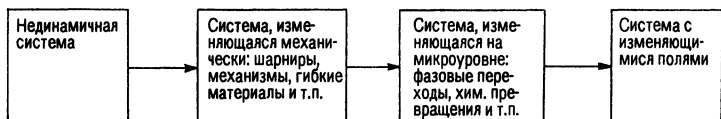


5. Повышение динамичности и управляемости ТС

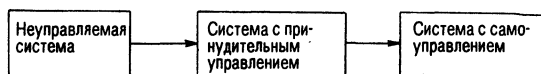
Переход к мультифункциональности:



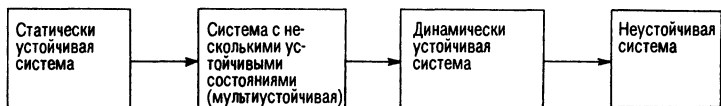
Увеличение числа степеней свободы:



Повышение управляемости:



Изменение степени устойчивости:

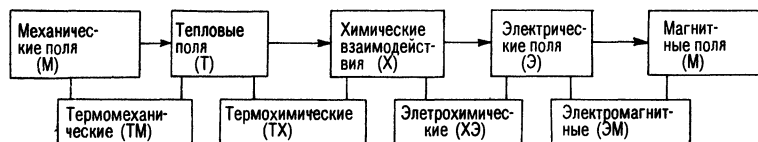


6. Переход на микроуровень и к использованию полей

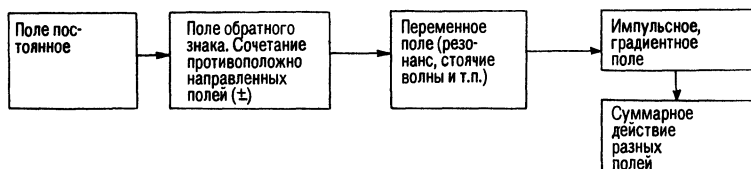
Переход на микроуровень:



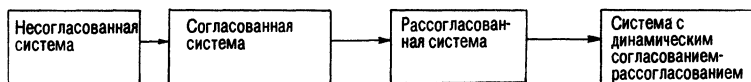
Переход к высокоэффективным полям:



Повышение эффективности действия поля:



7. Согласование-рассогласование ТС



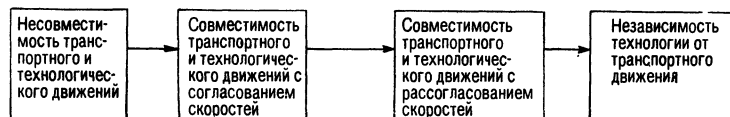
Виды согласования:



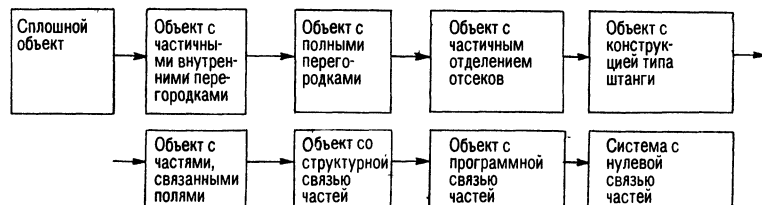
Согласование взаимодействия инструмента с изделием:



Согласование ритмики рабочих движений при обработке:

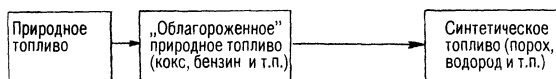


8. Дробление ТС

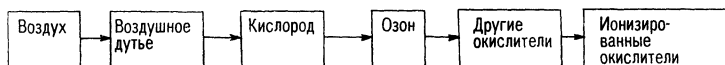


9. Развитие процесса сжигания

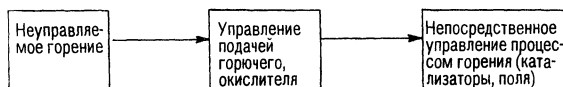
Топливо:



Окислитель:



Управление сгоранием:



15. ТИПОВЫЕ ОШИБКИ В ФОРМУЛИРОВАНИИ ЗАДАЧ И ПРИЕМЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

«Глобализм» – чрезмерно общая постановка задачи.

Пример. Задача формулируется так: *«Как избавиться от заусенцев при механической обработке?»* В такой общей постановке задача при нынешнем уровне техники, скорее всего, неразрешима. Но в том или ином конкретном случае избавление от заусенцев вполне возможно.

Для устранения ошибки специалист-поисковик должен конкретизировать задачу, «привязав» ее к конкретной ситуации.

«Избыточная конкретизация» – слишком узкая постановка задачи, характерная для заводских темников.

Пример. Задача в темнике сформулирована так: *«Усовершенствовать деталь БК8.826.045»*.

В такой постановке задача понятна лишь тем, кто ее поставил. Специалист-поисковик должен предложить объяснить задачу «своими словами», с минимальным количеством терминов. Помогает требование сформулировать задачу языком, понятным ребенку 12–14 лет.

«Тупик» – постановка задачи направляет поиск в бесперспективном направлении. Психологически это вполне понятно: человек, решавший проблему, выбрал одно из возможных направлений ее решения, но успеха не добился. Вместо того, чтобы изменить направление поиска, он предлагает последователям искать решение в первоначальном, тупиковом варианте.

Пример. Формулировка задачи: *«Разработать пневматическое приспособление для зажима детали»*. Решение задачи не получено, скорее всего потому, что неверна исходная позиция использования для этой цели пневматики. Но именно в такой формулировке она попадает в темник и может там оставаться в течение десятка лет без решения.

Для устранения ошибки специалист-поисковик должен реконструировать исходную изобретательскую ситуацию и выбрать другую задачу, решение которой обеспечит необходимый эффект.

«Тупиковые» постановки возникают также тогда, когда пытаются совершенствовать систему, ресурсы развития которой исчерпаны и ее «дожимание» уже неэффективно. Другой вариант: решение задачи требует нарушения

законов природы или материалов, технологий завтрашнего дня. В случае исчерпания ресурсов развития нужно переформулировать задачу на создание принципиально новой системы, решающей исходную проблему; для преодоления поставленных природой или уровнем технологии пределов необходимо реконструировать изобретательскую ситуацию и выбрать другую задачу, обеспечивающую достижение нужного эффекта без нарушения законов.

Пример. Задачу «Как поднять себя за волосы» можно превратить в задачу «Обеспечить подъем за счет собственной мускульной силы».

Прожектерство — вместо решения конкретной задачи пытаются решить проблему неизмеримо более сложную.

Пример. Не зная, как обеспечить имеющимися средствами подъем тяжелой детали, пытаются решить проблему антигравитации.

Для устранения ошибки необходимо реконструировать изобретательскую ситуацию и выбрать другую задачу того же либо несколько более высокого уровня, обеспечивающую получение нужного результата.

«Путанка» — ситуация, когда под видом одной задачи прячется клубок взаимосвязанных задач.

Для устранения ошибки необходимо выделить все элементарные задачи, после чего решать каждую в отдельности в предположении, что остальные задачи из этого клубка уже решены. Если задачи не одного уровня иерархии, выбрать ключевую задачу.

Избыток информации — ситуация, когда специалист, ставящий задачу, пытаясь облегчить ее решение, выкладывает массу информации, среди которой нужная просто «тонет».

Для устранения ошибки необходимо выявить суть задачи — конфликт, отбросив все несущественное.

Недостаток информации — ситуация, когда специалист при постановке задачи упускает важные сведения, например, об имеющихся ресурсах, считая их несущественными либо полагая, что они всем известны. Бывает, что задачу ставят «понаслышке», из чужой практики, просто не владея необходимой для решения задачи информацией.

Поисковик не должен браться за организацию решения задачи без соответствующего специалиста (если он сам не является специалистом в данной области). Всю необходимую информацию по ресурсам можно получить, работая по АРИЗ (шаг 2.3), либо с помощью схемы (рис. 5).

Разновидности недостатка информации — отсутствие при постановке задачи сформулированных ограничений, налагаемых системой. Для выявления ограничения полезно предложить «задачедателю» ряд вариантов решения, известных или полученных с помощью простых инструментов ТРИЗ. Объясняя, почему то или иное предложенное решение не подходит, «задачедатель» раскрывает ограничения, не высказанные в первоначальной постановке.

Избыточные ограничения — постановка задачи с требованием «ничего не менять», либо решать строго определенным образом.

Пример. Ставится задача устранить трудности в процессе сборки некоторого узла. Ее легко решить, если принять соответствующие меры в механическом цехе, но из-за сложностей внедрения предложений в чужом цехе возникает требование решать задачу, не выходя за пределы сборочного.

Для устранения ошибки необходимо уточнить допустимость тех или иных запретов, их обоснованность. Формулируется новая задача, позволяющая обойти запреты.

«Вторичное объяснение» — ситуация, когда специалисты объясняют тот или иной эффект, особенность конструкции не реальными причинами, а ошибочными, но ставшими привычными, как бы «узаконенными» многолетним заблуждением, не критическим подходом.

Пример. Специалисты считали отверстия, появляющиеся в стенке обоймы насосов, промывом быстро текущей водой, хотя на практике часто встречались отверстия конусной формы с расширением кнаружи, где

вода не движется. Настоящая причина выявилась после анализа: это электрохимическое растворение.

Для устранения ошибки необходимо разобраться в физике процесса, не полагаясь на предлагаемые специалистами объяснения причин явления.

«Ложные» задачи — задачи, случайно попавшие в число требующих решения: при более подробном знакомстве оказывается, что решать их не нужно, так как это не даст никакого эффекта.

Пример. В темнике тракторного завода постоянно фигурировала задача создания установки для автоматической распаковки подшипников от промасленной оберточной бумаги. При внимательном рассмотрении оказалось, что включение в производственный процесс такой операции усложнило бы работу.

Для устранения ошибки необходимо задать вопрос: какой эффект будет получен, если задача будет решена.

«Близорукая» задача — постановка задачи без учета изменения условий, которые могут произойти за время ее решения и внедрения.

Пример. В темник попадает задача по совершенствованию детали изделия, снимаемого с производства в ближайшее время.

Для устранения ошибки необходимо выяснить перспективы производства, ввести поправку на время, необходимое для внедрения, в частности, несколько увеличить требуемые параметры.

Неучет масштабов и условий внедрения — постановка задачи без учета масштабов будущего внедрения: единичный образец, малая серия, большая серия. Установки, разработанные как единичный образец, часто не работают в условиях массового производства. На качество работы влияют и условия. Так, для эксплуатации в шахте не подходит установка, предназначенная для работы в исследовательской лаборатории.

Для устранения ошибки необходимо рассмотреть конкретные условия работы разрабатываемого устройства, учесть масштаб производства.

«Изобретение велосипеда» — попытка искать новое решение без предварительного ознакомления с уже известными решениями, среди которых имеются и полностью решающие поставленную проблему.

Для устранения ошибки необходимо провести патентно-информационный поиск.

Ориентация только на известные решения — ситуация, когда пытаются использовать даже не очень подходящие известные решения, хотя предлагаются гораздо более перспективные, но новые, еще не опробованные идеи, обычно вызываемая боязнью сложностей внедрения нового.

Для устранения ошибки необходимо попытаться решить мини-задачу: избавиться от недостатков известных решений.

«Несистемная задача» — постановка задачи, лежащей на поверхности проблемы. После ее решения становится ясно, что предполагаемый эффект не будет достигнут, так как эта задача — лишь звено системы задач, задерживающих дальнейшее развитие системы. Аналогия: войска штурмуют стены крепости, убеждены, что взятие ее — победа. А за стеной оказывается новая стена...

Пример. Группе ФСА на машиностроительном предприятии было предложено улучшить работу станка для съема заусенцев после штамповки. Но выяснилось, что решение этой задачи нисколько не изменило положение в цехе, он оставался «в прорыве». Анализ выявил целую серию новых проблем: чересчур большое время установки штампов, сложность их переточки, большой расход и т. п. Ключевой же проблемой оказалось низкая долговечность штампов из-за плохого качества их изготовления, обязанного, в свою очередь, многократным необоснованным снижением расценок. То есть корень зла оказался в доперестроенной экономике. Временный выход из положения был найден — наиболее ответственные штампы стали заказывать у соседей.

Для устранения ошибки необходимо выявить всю цепочку задач, найти среди них ключевую и рассмотреть возможность ее решения.

«Исправительная задача» — ситуация, когда предлагается усовершенствовать участок технологического процесса, созданный для устранения недостатков, возникших из-за несовершенства предыдущей операции.

Для устранения ошибки необходимо проверить, не окажется ли более простым решение по устранению недостатков непосредственно на той операции, где они возникают.

16. ТИПОВЫЕ ОШИБКИ В РАЗВИТИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1. **Технический волюнтаризм** — убеждение, что развитие техники можно направлять и форсировать волевыми решениями.

Примеры. *Страдавший манией величия Гитлер постоянно вмешивался в работу немецких военных конструкторов, требуя от них, чтобы немецкая техника превосходила технику других государств по мощности. Это привело к перетяжелению практически всех видов вооружения. Так, лучший немецкий танк «Королевский тигр» весил свыше 70 тонн, в связи с чем уступал в скорости, маневренности и в конечном итоге боевой эффективности вдвое более легкому советскому танку Т-34.*

Убыточными оказались попытки насильственного, без учета конкретной экономической ситуации, повсеместного внедрения роботов и гибких автоматизированных производств (ГАП).

2. **Непонимание сути и роли противоречий** в развитии техники, попытки усиливать одно из качеств системы, не считаясь с ухудшением других, совершенствование элементов системы по отдельности, без учета системных эффектов.

Пример. *В 20—30-е годы авиаконструкторы создали немало рекордных машин: рекордсмен дальности, рекордсмен скорости, самолет с самым высоким «потолком» и т. д. Но соединить все эти качества в одном самолете оказалось невозможным. Попытки создания на базе рекордных машин серийных обычно оказывались неудачными.*

3. **Топтание на месте**, разработка и внедрение мелких усовершенствований вместо серьезных изменений, которые требуются в соответствии с законами развития и вполне могут быть сделаны. Фактически подавляющее большинство изобретений таким образом опаздывает. Это расплата за поиск методом проб и ошибок.

Пример. *С начала развития авиации взлет и посадка всегда осуществлялись против ветра. Когда же направление ветра иное, приходится выполнять развороты, что приводит к увеличению времени полета и лишнему расходу топлива. Только недавно было предложено отказаться от устаревшей традиции — ведь у современного самолета огромные энергетические возможности и скорость ветра до определенных пределов для него малозначительна. Это предложение, экономящее ежегодно десятки миллионов рублей, могло появиться на несколько десятилетий раньше.*

4. **Забегание вперед** — преждевременное внедрение новых элементов, решений, не обоснованных потребностью, не согласованных с другими подсистемами. Встречается довольно редко.

Пример. *В одно время на спецмашины установили лампы-мигалки с достаточно сложной электронной схемой. Позже от них отказались, перейдя к использованию постоянно горящей лампы с вращающимся экраном. Фактически произошел возврат с микроуровня на макроуровень. Электронная система «не прижилась» на автомобиле из-за несогласованности с его подсистемами по уровню сложности. Автомобиль — устройство в основном механическое, электроника же потребовала новых знаний от водителей, механиков. В то же время в самолетах, где много другой электроники, импульсная лампа вполне на месте. Возможно, она*

найдет себе применение в автомобиле будущего, в котором обязательно появится электроника — в системах регулирования двигателя, управления и т. п.

Помимо указанных выше типовых ошибок, характерных для любого этапа развития системы, известны ошибки специфические, характерные для конкретного этапа S-кривой.

Ошибки 1-го этапа

1. «Дефицит новизны» — недостаточная смелость в использовании новых подходов при создании новой системы, снижающая ее эффективность.

Пример. Один из первых советских реактивных самолетов Як-15 очень мало отличался от своего прототипа — поршневого истребителя. Самолет высоких результатов не дал. Правда, он оказался ценной учебной машиной для переучивания летчиков на реактивную технику, дал возможность конструкторам накопить некоторый опыт.

2. «Избыток новизны» — соединение в одной системе слишком большого количества новых решений, резко затрудняющее обеспечение работоспособности системы, ее наладку, доводку, эксплуатацию. Вместе с тем такие системы могут быть полезны как «банк» новых идей, образец для конструкторов-серийщиков.

Пример. Все самолеты выдающегося советского авиаконструктора Р. Л. Бартини отличались очень высокой степенью новизны. По этой причине только одна его разработка (дизельный бомбардировщик ЕР-2) выпускалась небольшой серией. Остальные его машины — более десятка типов — остались экспериментальными. Но блестящие решения Бартини, отработанные им элементы конструкции и технологии широко применялись в самолетах других конструкторов.

3. Включение в систему подсистем, хотя и выполняющих свои функции наилучшим образом, но не рассчитанных на совместную работу.

Пример. В свое время были неудачные попытки поставить паровую машину (наиболее совершенный в те времена двигатель) на самолет (А. Ф. Можайский, 1882 г.) и на подводную лодку (США, 1861 г., Швеция, 1886 г.).

4. Попытки подражания «взрослым» (находящимся на 2—3 этапах развития) системам, например, чрезмерное на 1 этапе усложнение системы, переход к динамичной, рассогласованной, свернутой системе до того, как отработана основная функциональная цепь.

Примеры. Попытки создать самолет с изменяющейся геометрией крыла в 30-х годах. Созданный и испытанный монобиплан конструкции В. В. Шевченко оказался менее эффективным, чем созданные в те же годы истребители-монопланы.

На заре авиации пытались создавать сложные устройства для обеспечения устойчивости самолета в воздухе, типа автопилотов. Решение же оказалось гораздо проще — использование аэродинамических стабилизаторов (хвостового оперения). Только в последние десятилетия начали появляться автопилоты, стабилизирующие полет.

5. Включение в систему подсистем (материалов, конструкций, технологий), применимых и полезных на данном этапе, но не имеющих достаточных ресурсов развития.

Пример. В 20-х годах много спорили по поводу материала для создаваемых самолетов, что выбрать: дерево, которого было в достатке, или дюралюминий, которого не хватало. Правильный выбор металла был сделан благодаря четкой позиции А. Н. Туполева.

6. Попытки перейти к внедрению системы с высоким уровнем факторов расплаты: недостаточной надежности системы, дороговизне, необходимости в сложном обслуживании и т. п.

Пример. Попытки внедрения электродугового освещения со свечами Яблочкова.

7. Попытки внедрить систему без соответствующего обеспечения в лице сопутствующих систем.

Пример. Попытки внедрения электроосвещения до Эдисона были обречены на неудачу. Эдисон сумел это сделать благодаря разработке, помимо лампочки, генераторов, регуляторов, выключателей, конструкций линий электропередач и т. п.

8. Ограничение возможностей системы каким-то одним, не самым перспективным применением.

Пример. Эдисон фактически первым создал основу техники кино: кинетоскоп — прибор, способный показывать фильм на малом индивидуальном экране для одного человека. Он был глубоко убежден, что только так можно смотреть кино, и ожесточенно боролся против большого экрана общественного кинематографа.

Ошибки 2-го этапа

1. Сохранение при переходе к массовому производству системы конструктивных и технологических решений 1-го этапа, в частности, связанных с индивидуальным производством и эксплуатацией, применением ручного труда, «подгонки по месту» и т. п.

Пример. Завод в порядке исключения разработал и изготовил необходимую и очень важную установку. Проект установки был выполнен без участия компетентных в данной области специалистов, изготовление шло практически по эскизам, «по месту», без разработки технологической оснастки (это было оправдано, так как речь шла всего об одной единице продукции). Но через некоторое время потребовалось сделать еще одну установку, потом — еще и, наконец, министерство выделило заводу деньги на строительство цеха для выпуска крупных серий установок. И установка пошла в производство без коренной переработки конструкции и технологии под массовый выпуск. В результате продукция получилась очень дорогой, а добиться ее удешевления, автоматизации производства оказалось уже невозможным без существенной реконструкции цеха.

2. Непонимание неизбежного прекращения лавинообразного роста важнейших характеристик системы, возникновения ограничений в развитии и соответственно отсутствие попыток своевременной оценки возможных ограничений и принятия соответствующих решений.

Пример. В начале 70-х годов ведущими советскими теоретиками и практиками был сделан прогноз развития турбогенераторостроения, предусматривавший появление в конце 80-х годов турбогенераторов мощностью около 8 миллионов киловатт. Но мощность турбогенераторов, дойдя, согласно прогнозу, к началу нашего десятилетия до миллиона киловатт, перестала расти из-за появления новых, не учтенных при прогнозировании факторов. Был сделан и прогноз развития криоенных турбогенераторов с обмотками, охлаждаемыми жидким гелием, предусматривавший развертывание в 90-е годы на электростанциях таких конструкций. В их разработку было вложено около 20 миллионов рублей. Все эти затраты оказались бесполезными после открытия в 1987 г. явления высокотемпературной сверхпроводимости.

3. Неверный выбор направления совершенствования системы. Известно, что развитие системы приостанавливается, когда одна из ее ведущих подсистем исчерпала возможности роста. Для обеспечения дальнейшего развития необходимо заменить достигшую предела подсистему. Вместо этого на практике поступают иначе — форсируют развитие других подсистем, имеющих резервы развития и потому поддающихся совершенствованию. Это никогда не дает кардинального решения вопроса.

Пример. На разных этапах развитие самолета приостанавливалось то из-за несовершенства аэродинамики, то из-за недостатков винта как движителя, то из-за прямого крыла и т. п. Но во всех случаях вместо решительной смены не справляющейся подсистемы делались многократные попытки улучшить дело увеличением мощности двигателя.

Ошибки 3-го этапа

1. Попытки любыми средствами продлить жизнь старой системы вместо переключения на развитие новой: компромиссы вместо разрешения противоречий, введение многоступенчатых компенсаций вредных эффектов. В результате происходит значительное усложнение системы, возникает «гигантизм» — бессмысленное, неоправданное увеличение размеров системы, то есть резкое возрастание факторов расплаты без существенного увеличения полезных функций. Идеальность системы резко понижается.

Примеры. По настоянию Гитлера немецкие конструкторы в конце войны разработали танк «Маус» массой 180 тонн и приступили к созданию «сухопутных броненосцев» массой в несколько сотен тонн.

В 60—70-х годах резко усложнились механические и электромеханические счетные устройства. Образцы этих машин последних выпусков перед тем, как были вытеснены электронными вычислительными машинами, имели по несколько тысяч шестерен, других сложных деталей.

2. Преждевременный отказ от дальнейшего совершенствования системы, еще не исчерпавшей свои ресурсы развития, и замена ее на новую, более сложную. Обычно причиной этого являются требования своеобразной технической «моды».

Примеры. Использование сложных электронных, оптических измерительных устройств там, где достаточно точность, быстродействие механических измерительных приборов.

Неоправданное внедрение компьютеризованных робототехнических комплексов там, где вполне можно обойтись станками-автоматами, простыми манипуляторами, роторно-конвейерными линиями.

3. Вместо перехода к системе, основанной на новых принципах, возврат на предыдущий, уже пройденный этап развития.

Пример. В 60-х годах прошлого века выяснилось, что бронированные корабли неуязвимы для артиллерии. Вместо совершенствования артиллерии решили вернуться к таранам, существовавшим еще в античные времена. За 40 лет таранными ударами было потоплено немало кораблей, но не вражеских, а своих — при столкновениях во время маневрирования.

4. Имитация развития, то есть мелкое совершенствование второстепенных подсистем, порой внедрение просто декоративных элементов.

Пример. Джон де Лориан, бывший вице-директор фирмы «Дженерал Моторс», крупнейшего в мире производителя автомобилей, в 1979 году писал, что в отрасли с 1949 года не была внедрена ни одна серьезная новинка. Машины не становились ни надежнее, ни долговечнее, ни безопаснее. Менялся только их внешний вид, добавлялись побрякушки и росли цены.

5. Борьба против новой системы. Преувеличивание ее недостатков, прямая дискредитация.

Пример. Эдисон отчаянно боролся против внедрения переменного электрического тока. Пытался доказать ненужность его для общества и даже... безграмотность!

Аннотированный указатель литературы

Литературы по методологии творчества и сопутствующим вопросам очень много. Авторы отобрали из них наиболее доступные и информативные, правда, с учетом личных вкусов и опыта.

1. *Джонс Дж. К.* Методы проектирования. 2-е изд. доп., пер. с англ. М.: Мир, 1986 г.

Эта книга представляет собой, по сути дела, справочник, в котором по единой форме кратко и доступно изложены 35 применяемых за рубежом методов повышения эффективности работы. Большая их часть не относится к поиску новых решений, включает мероприятия по улучшению организации работы, учету эргономических факторов, улучшению информационного обеспечения, исключению конструкторских ошибок и т. д. Интерес представляют имеющиеся в книге описание мозгового штурма, списки контрольных вопросов, в особенности описание стоимостного анализа в том виде, в каком он был создан Л. Майлзом.

2. *Альтшуллер Г. С., Шапиро Р. Б.* О психологии изобретательского творчества.— Вопросы психологии, 1956, № 6.

Это первая публикация по ТРИЗ, в которой впервые сформулирован технический, основанный на знании закономерностей развития техники, подход к поиску новых решений в отличие от общепринятого в то время психологического подхода. В ней изложены основные теоретические положения ТРИЗ: понятия технического противоречия, идеального конечного результата решения, приемов разрешения технических противоречий; сформулирована программа дальнейшей работы по развитию ТРИЗ, активно выполняющаяся уже более 30 лет.

3. *Альтшуллер Г. С.* Алгоритм изобретения.— М.: Московский рабочий. 1-е изд., 1969, 2-е изд., 1973.

В этой книге, подводящей итог первому этапу развития ТРИЗ, подробно рассмотрены и обоснованы основные положения теории (на базе обширного материала из истории развития техники и анализа современного этапа, путем исследования патентных фондов). Приведены две модификации АРИЗ: АРИЗ-61 и АРИЗ-71, что позволяет наглядно увидеть направление и пути развития ТРИЗ. Подробно разобрано по АРИЗ-71 решение ряда изобретательских задач. И хотя сегодня используются другие модификации, гораздо более эффективные, книга не утратила своей значимости. До сего дня сохранила свое значение приведенная в книге таблица использования приемов устранения технических противоречий.

4. *Селюцкий А. Б., Слугин Г. И.* Вдохновение по заказу.— Петрозаводск: Карелия, 1977.

Книга рассказывает о практическом применении АРИЗ-71 для решения производственных задач. Большой интерес представляют две главы книги, посвященные изложению основ методики развития творческого воображения.

5. *Альтшуллер Г. С.* Творчество как точная наука.— М.: Советское радио, 1979.

В книге обобщены все разработки по ТРИЗ начиная с 1973 года. Большую часть книги составил принципиально новый материал. Впервые опубликованы разработки по законам развития технических систем, первый анализ, первый вариант системы стандартов на решение изобретательских задач. В книге приведены 70 изобретательских задач, решение 60 из них снабжено подробным разбором.

6. *Альтшуллер Г. С., Селюцкий А. Б., Крылья для Икара.*— Петрозаводск: Карелия, 1980.

Данная книга продолжает и развивает предыдущую, в ней приводится более подробное обоснование некоторых разделов ТРИЗ. Приведен разбор 50 учебных задач.

7. *Альтшуллер Г. С.* Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач.— Новосибирск: Наука, 1986.

Книга обобщает следующий этап развития ТРИЗ. В ней отражен опыт семинаров, проведенных в Москве, Баку, Новосибирске и других городах. Особое внимание уделено центральному этапу творческого процесса — анализу задачи и формированию новой идеи. Приведен фрагмент современной модификации АРИЗ-85В, рассмотрены механизмы преодоления психологических барьеров, закономерности развития технических систем. Все положения проиллюстрированы примерами и задачами, большинство из которых снабжено подробными разборами.

8. *Дерзкие формулы творчества.* В серии «Техника—молодежь—творчество». Составитель А. Б. Селюцкий.— Петрозаводск: Карелия, 1987.

Книга открывает новую серию, созданную для пропаганды и изложения основ современной ТРИЗ. Содержит вступительную статью составителя «ТРИЗ в Карелии», обширную статью Г. С. Альтшуллера (давшую название сборнику), в которой изложены основные положения и идеи современной ТРИЗ, ряд статей, посвященных подробному рассмотрению некоторых наиболее полезных изобретательно физических эффектов, в том числе тепловых, электрических и магнитных полей, магнитных жидкостей, коронного разряда, пены, капиллярно-пористых веществ и т. п. Третья часть книги — фантастика. Это цикл рассказов В. Журавлевой «Звезда психологин» о природе творчества, который может быть использован в качестве инструмента развития воображения.

9. *Нить в лабиринте.* В серии «Техника—молодежь—творчество». Составитель А. Б. Селюцкий.— Петрозаводск: Карелия, 1988.

Это вторая книга серии. В нее вошли статьи специалистов по ТРИЗ И. М. Верткина «Бороться и искать», посвященная вопросам формирования в человеке комплекса качеств творческой личности, и Ю. П. Саламатова «Подвиги на молекулярном уровне» об использовании в изобретательстве химических эффектов. Третья часть — статья Г. С. Альтшуллера «Маленькие необъятные миры» излагает систему 76 стандартов на решение изобретательских задач с примерами их практического применения. Заключительная часть — научно-фантастическая повесть Г. Алтова «Третье тысячелетие», посвященная изучению возможных путей развития творческого обучения.

10. *Правила игры без правил.* В серии «Техника—молодежь—творчество». Составитель А. Б. Селюцкий.— Петрозаводск: Карелия, 1989.

Третья книга серии включает АРИЗ (Г. С. Альтшуллер); рассказ о применении в изобретательстве геометрических эффектов (И. Л. Викентьев), практикум по ТРИЗ (Б. Л. Злотин и А. В. Зусман) и сборник фантастических рассказов (Н. В. Журавлева).

11. *Фостер Р.* Обновление производства: атакующие выигрывают. Пер. с англ.— М.: Прогресс, 1987.

Директор компании «Маккинси» рассказывает о практике работы лучших американских компаний по внедрению новых изделий и технологий в производство, анализирует причины успехов и неудач в коммерческой деятельности разных компаний. Анализ основан на использовании S-кривых развития.

12. *Половинкин А. И.* Законы строения и развития техники: Постановка проблемы и гипотезы. Учебное пособие.— Волгоград, Волгоградский политехнический институт, 1985.

В книге дан обзор попыток выявления законов развития техники разными авторами и собственные гипотезы автора. К сожалению, многие из приведенных закономерностей не отвечают требованиям, приведенным на с. 22 настоящей книги, которым должны удовлетворять формулировки законов развития. Например, сформулированный автором «Принцип предпочтения» утверждает, что «...при переходе на новые принципы действия или изобретении новых функций и соответственно создании новых

технических объектов вероятность использования конкретных физических эффектов тем выше, чем позднее они были открыты» (с. 56). Из этого утверждения следует, что предпочтение отдается более новым эффектам, что не подтверждается историей развития техники, анализом патентного фонда, который содержит огромное количество новых изобретений высокого уровня, использующих такие простые и давно известные физические эффекты, как тепловое расширение, коронный разряд, электромагнитная индукция и т. п. Статистический подход к использованию физических эффектов отражен в приложении 6.

13. *Моисеева Н. К.* Функционально-стоимостный анализ в машиностроении.— М.: Машиностроение, 1987.

В книге подробно излагаются основы ФСА с точки зрения экономиста. Изложение ведется на высоком научном уровне, соответствующем современному состоянию экономической науки. Некоторое противопоставление автором ФСА и ТРИЗ, на наш взгляд, не вполне обоснованно.

14. *Моисеева Н. К. Карпунин М. Г.* Основы теории и практики функционально-стоимостного анализа. Учебное пособие для вузов.— М.: Высшая школа, 1988.

Книга является первым в стране учебником по ФСА, раскрывающим в достаточно популярной форме основные положения метода. Отражая, как и предыдущая, экономическую точку зрения, книга более четко показывает роль методов поиска новых решений, в частности ТРИЗ, при проведении ФСА. Для практики представляет большой интерес раздел, посвященный организации, планированию, финансированию и стимулированию работ по ФСА.

15. Практика проведения функционально-стоимостного анализа в электротехнической промышленности. Под ред. Карпунина М. Г.— М.: Энергоатомиздат, 1987.

Это сборник статей специалистов по ФСА, рассказывающих об опыте практического использования этого метода, в том числе на стадиях разработки и выпуска изделий, а также о ФСА технологий. Многие статьи представляют интерес, в особенности статья сотрудников Ленинградского производственного электромашиностроительного объединения «Электросила» Герасимова В. М. и Литвина С. С., в которой приведена разработанная авторами методика «свертывания» задач при проведении ФСА, показана на конкретных примерах эффективность применения элементов ТРИЗ.

16. Справочник по функционально-стоимостному анализу. Под ред. Карпунина М. Г., Майданчика М. И.— М.: Финансы и статистика, 1988.

Книга содержит разнообразные справочные сведения по вопросам ФСА из официальных и методических документов (стандартов, методических указаний и др.). Обобщает опыт внедрения ФСА в нашей стране и за рубежом. Упоминаются методы поиска решений, в том числе ТРИЗ (рассказано об уровнях изобретательских решений и двух модификациях АРИЗ: АРИЗ-77 и АРИЗ-85 с сокращениями). Несколько подробнее рассказано о мозговом штурме и его модификациях, морфологическом анализе, синектике и некоторых других методах.

17. *Велленройтер Х.* Функционально-стоимостный анализ в рационализации производства. Сокр. пер. с нем.— М.: Экономика, 1984.

В книге западногерманского специалиста в общедоступной форме и без лишней формализации изложен ценный практический опыт организации работ по ФСА на предприятиях. К сожалению, практически не затронут вопрос поиска новых решений при проведении ФСА, но тем не менее книга полезна для специалиста-практика.

18. *Соболев Ю. М.* Конструктор и экономист: ФСА для конструктора.— Пермь, Пермское книжное издательство, 1987.

Автор, один из основателей ФСА, подробно излагает основы поэтапного анализа и показывает возможности его применения для свер-

шенствования конструкций и снижения стоимости их изготовления. В книге множество практических примеров, она является своеобразным учебником по выявлению и решению изобретательских задач, как правило, невысокого уровня, но дающих большой экономический эффект. Книга чрезвычайно полезна для специалиста по ТРИЗ и ФСА, а также для любого инженера.

19. *Альтшуллер Г. С., Злотин Б. Л., Филатов В. И.* Профессия — поиск нового.— Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1985.

Это первая книга, излагающая «технический» подход к ФСА, связывающая ФСА с ТРИЗ. В ней подробно изложены основы ФСА и ТРИЗ, на практических примерах показана методология использования элементов ТРИЗ при проведении ФСА.

20. *Мартино Дж.* Технологическое прогнозирование Пер. с англ.— М.: Прогресс, 1977.

В книге изложены традиционные методы прогнозирования, такие как метод «Делфи», прогнозирование по аналогии, экстраполяция тенденций развития, нормативное прогнозирование и т. д. Рассматриваются также вопросы организации прогнозной работы, принятия решений на базе прогнозов и другие. Благодаря обилию примеров и другой фактической информации, хорошему языку, книга читается с большим интересом и может служить прекрасным пособием по изучению традиционных методов прогнозирования.

21. Рабочая книга по прогнозированию (Редкол.: И. В. Бестужев-Лада (отв. ред.).— М.: Мысль, 1982.

Книга является справочно-информационным изданием, в котором принята попытка обобщить многочисленные отечественные и зарубежные работы по теории и практике прогнозирования, вышедшие за последние 10—15 лет. Она содержит сведения о терминологии, методах и организации прогнозных разработок, об основных сферах прогнозирования, библиографические данные. Освещаются этапы развития прогностики как науки, дается классификация прогнозов, инструментарий прогнозирования, приводятся сведения об официальных и общественных организациях в мире, ведущих исследования по проблемам прогностики. К сожалению, книга лишена примеров практического использования излагаемых методов, что затрудняет ее практическое применение.

22. *Петрович Н. Т., Цуриков В. М.* Путь к изобретению: Десять шагов.— М.: Молодая гвардия, 1986.

Книга в популярной форме знакомит читателя с полным циклом работы изобретателя — от выбора темы до оформления заявки на изобретение. Большое внимание уделено описанию методов поиска новых решений, преодолению психологической инерции, использованию ЭВМ для поиска нового. Приведено множество оригинальных примеров и задач.

23. *Альтов Г.* И тут появился изобретатель.— М.: Детская литература. 1984, 1987 (перензд.), 1989 (изд. перераб. и доп.).

Алтов Г. Ши атунч аппар инвентаторул. (На молд. языке).— Кишинэу: Лумина, 1987.

Книга составлена по материалам рубрики в газете «Пионерская правда» «Изобретать — это так просто, изобретать — это так сложно» и излагает основы ТРИЗ для школьников. Ее можно использовать в качестве учебного пособия при проведении занятий со школьниками, а также со слушателями нетехнических специальностей. Полезна она и для инженеров благодаря большому количеству подробно разобранных изобретательских задач.

24. *Иванов Г. И.* ...И начинайте изобретать! — Иркутск, Восточно-Сибирское книжное издательство, 1987.

Автор книги — изобретатель, много лет использующий ТРИЗ,— рассказывает о своем опыте обучения изобретательству и решения разнообразных практических задач.

25. Злотин Б. Л., Зусман А. В. Месяц под звездами фантазии: Школа развития творческого воображения.— Кишинев: Лумина, 1988.

Книга представляет собой дневник месячного цикла занятий по ТРИЗ, проведенного авторами в летней школе научного общества учащихся Молдавии. Помимо подробной записи занятий, рассказывается и о других творческих мероприятиях школы — заседаниях дискуссионного клуба межнаучных контактов, соревнованиях юных изобретателей, вечерних беседах. В конце каждой главы — «вечерние размышления» авторов книги — рекомендации по проведению занятий по данной теме для преподавателей.

26. Злотин Б. Л., Зусман А. В. Изобретатель пришел на урок.— Кишинев: Лумина, 1990.

Книга рассказывает об использовании элементов ТРИЗ при изучении школьных предметов (физики, химии) для повышения интереса к ним учащихся, улучшения освоения, а также подготовки к использованию физики и химии при решении изобретательских задач. Приведено большое количество примеров применения различных физических эффектов, имеются рекомендации для учителей и родителей по использованию книги при обучении.

27. Альтшуллер Г. С., Верткин И. М. Деловая игра «Жизненная стратегия творческой личности». Рига, Изд. ЦК ЛКСМ, Латвия, 1987.

Брошюра представляет второй вариант деловой игры и является первой публикацией по вопросам жизненной стратегии творческой личности (первый вариант не публиковался). Включает помимо самой игры краткое введение, комментарии и сводную картотеку примеров к ходам игры.

28. Педагогический поиск. Сост. И. Н. Баженова.— М.: Педагогика, 1987.

Книга включает статьи педагогов-новаторов: Ш. А. Амонашвили, С. Н. Лысенковой, И. П. Волкова, В. Ф. Шаталова, Е. Н. Ильина, Т. И. Гончаровой и др. Знакомство с их опытом чрезвычайно полезно для преподавателей ТРИЗ, занимающихся как со школьниками, так и со взрослыми слушателями.

29. Райт Дж. П. «Дженерал Моторс» в истинном свете: Автомобильный гигант — взгляд изнутри. Пер. с англ.— М.: Прогресс, 1986.

Книга написана на основании бесед авторов с бывшим вице-президентом фирмы «Дженерал Моторс» Джоном де Лорианом. В ней подробно рассказывается о различных сторонах деятельности одной из крупнейших фирм США. Приведено классическое описание коллектива, находящегося на третьем этапе развития по S-образной кривой, тяжело пораженного болезнью застоя. Книга наглядно показывает, что застойные явления могут возникать при разных социальных системах, когда исчерпываются ресурсы развития Дела, для которого создан коллектив.

30. Питерс Т., Уотермен Р. В. В поисках эффективного управления: Опыт лучших компаний. Пер. с англ.— М.: Прогресс, 1986.

Книга посвящена изучению опыта развития нескольких лучших американских компаний. Авторы выявили и показали ряд высокоэффективных механизмов антиторможения, приводят конкретные и инструментальные рекомендации по улучшению деятельности предприятий, полезные и для нашей страны.

31. Исикава К. Японские методы управления качеством. Сокр. пер. с англ.— М.: Экономика, 1988.

Несмотря на узко сформулированное название, книга затрагивает гораздо более широкий и интересный круг проблем. Фактически она посвящена вопросам управления коллективом предприятия таким образом, чтобы в нем не могло возникнуть состояние застоя, а развитие шло непрерывно и эффективно. Многие изложенные в книге элементы управления качеством являются по сути механизмами антиторможения.

Содержание

| | |
|---|-----|
| ОТ ОЗАРЕНИЯ К ТЕХНОЛОГИИ | 5 |
| ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТРИЗ | 13 |
| Изобретательские задачи. Уровни изобретений | 13 |
| Технические системы. Основные определения | 17 |
| Этапы развития технических систем | 24 |
| Вытеснение человека из технической системы | 33 |
| Неравномерное развитие частей технической системы. Противоречия | 35 |
| Увеличение степени идеальности технических систем | 41 |
| Развертывание-свертывание технических систем | 51 |
| Повышение динамичности и управляемости технических систем | 56 |
| Переход технических систем на микроуровень. Использование полей | 59 |
| Согласование-рассогласование технических систем | 62 |
| Особенности совместного действия законов развития технических систем | 73 |
| Закономерности как основа интуиции | 79 |
| ИНСТРУМЕНТЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ФОНД ТРИЗ | 85 |
| Типовые приемы устранения технических противоречий | 85 |
| Вепольный анализ | 88 |
| Решение типовых задач. Стандарты на решение изобретательских задач | 98 |
| Решение нетиповых задач. АРИЗ | 104 |
| Использование физических, химических, геометрических и других эффектов и явлений при решении изобретательских задач | 117 |
| Решение исследовательских задач | 123 |
| Рекомендации по использованию инструментов ТРИЗ | 132 |
| КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТРИЗ | 139 |
| ФСА. История создания и основные положения | 139 |
| Этапы ФСА | 146 |
| Практика проведения ФСА | 177 |
| Внедрение ФСА на предприятии | 216 |
| Прогнозирование развития технических систем | 224 |
| ОТ ТЕХНОЛОГИИ К... | 235 |
| История ТРИЗ | 235 |
| Общие закономерности развития | 238 |
| ТРИЗ и патентование | 245 |
| Развитие творческого воображения | 247 |
| Формирование творческой личности | 251 |
| Закономерности развития коллективов | 255 |
| ТРИЗ и элементы творческой педагогики | 264 |
| Обучение ТРИЗ | 267 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 280 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 285 |
| 1. Типовые приемы устранения технических противоречий | 285 |
| 2. Таблица выбора приемов устранения технических противоречий | 292 |

| | |
|--|-----|
| 3. Приемы разрешения физических противоречий | 293 |
| 4. Стандарты на решение изобретательских задач | 294 |
| 5. Алгоритм решения изобретательских задач АРИЗ-85В | 327 |
| 6. Применение некоторых физических эффектов и явлений при решении изобретательских задач | 342 |
| 7. Применение некоторых химических эффектов и явлений при решении изобретательских задач | 346 |
| 8. Порядок обработки исследовательских задач | 351 |
| 9. Этапы функционально-стоимостного анализа | 353 |
| 10. Список контрольных вопросов функционального анализа | 356 |
| 11. Скрытые резервы совершенствования продукции | 357 |
| 12. Методические рекомендации по выявлению и формулированию задач | 362 |
| 13. Методика проведения прогноза на базе ТРИЗ | 363 |
| 14. Линии развития технических систем | 365 |
| 15. Типовые ошибки в формулировании задач и приемы их устранения | 368 |
| 16. Типовые ошибки в развитии технических систем | 371 |

| | |
|---|-----|
| АННОТИРОВАННЫЙ УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ | 375 |
|---|-----|

Научно-популярное издание

Генрих Саулович Альтшуллер
Борис Львович Злотин
Алла Вениаминовна Зусман
Виталий Иванович Филатов

**ПОИСК НОВЫХ ИДЕЙ:
ОТ ОЗАРЕНИЯ К ТЕХНОЛОГИИ
(Теория и практика решения
изобретательских задач)**

Зав. редакцией Б. Парий
Художественный редактор Н. Бурилова
Технический редактор Г. Андреева
Корректоры Н. Казак, С. Задорожная

ИБ № 4282

Сдано в набор 14.07.89. Подписано к печати 16.11.89. АБ 02640. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага офс. № 2. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл.-печ. листов 20,16 + вкл. Усл. кр.-отт. 40,74. Уч.-изд. листов 24,27 + 0,47 вкл. Тираж 15000. Зак. № 91188. Цена 1 руб. 20 коп.

Издательство «Картя Молдовеняскэ»
Кишинев, пр. Ленина, 180.

Полиграфкомбинат Государственного комитета Молдавской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. г. Кишинев, ул. Берзарина, 35.

П 44 Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач) /Г. С. Альтшуллер, Б. Л. Злотин, А. В. Зусман, В. И. Филатов.— Кишинев:КартяМолдовеняскэ,1989.—381с.,ил., табл.
ISBN 5 — 362 — 00147 — 7

В книге рассказано о теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), ее практическом использовании, в том числе и в рамках функционально-стоимостного анализа — современного эффективного метода совершенствования продукции. Приведенные рекомендации основаны на опыте практической работы авторов и их коллег в области применения ТРИЗ, обучения методологии изобретательства, внедрения полученных решений и т. п.

Рассчитана на тех, кто проходит обучение по ТРИЗ, разрабатывает или совершенствует новую технику. Будет полезна и тем, кто в любой области деятельности встречается с творческими задачами.

А — 2002000000—083
М751(10)—89

ББК 30У

PL. 204

