

Г. С. АЛЬТШУЛЛЕР

**ТВОРЧЕСТВО КАК ТОЧНАЯ НАУКА
ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ**

ББК 3281
А 58

УДК 608

Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. - М.: Сов. радио, 1979.- Кибернетика.

Творчество изобретателей издавна связано с представлениями об «озарении», случайных находках и врожденных способностях. Однако современная научно-техническая революция вовлекла в техническое творчество миллионы людей и остро поставила проблему повышения эффективности творческого мышления. Появилась теория решения изобретательских задач, которой и посвящена эта книга.

Автор, знакомый многим читателям по книгам «Основы изобретательства», «Алгоритм изобретения» и другим, рассказывает о новой технологии творчества, ее возникновении, современном состоянии и перспективах. В книге разобраны 70 задач, приведена программа решения изобретательских задач АРИЗ-77 и необходимые для ее использования материалы.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, в первую очередь на инженеров, разработчиков новой техники, изобретателей, студентов технических вузов. На изобретательских примерах рассмотрены и вопросы управления творческим процессом вообще, поэтому книга адресована и читателям, не связанным с техническим творчеством. Особый интерес книга представляет для научных работников и исследователей в области кибернетики, искусственного интеллекта, психологии мышления.

Рис. 16, библи. 36 назв.

Редакция кибернетической литературы

А $\frac{30501-032}{046(01) - 79}$ 59-79 1502000000

© Издательство «Советское радио», 1979 г.

В наше время трудно кого-нибудь удивить идеей управления тем или иным процессом. Управление термоядерной энергией? Что ж, дело ближайших лет. Управление наследственностью? Пожалуйста, уже есть генная инженерия. Управление погодой? Какие могут быть сомнения - будет у нас дождь по заказу! Управление движением звезд? Задача нелегкая, но ведь принципиальных препятствий нет, научимся управлять и звездами, это вопрос времени... Любая идея об управлении чем-то, сегодня еще не управляемом, воспринимается спокойно: найдем средства управления, будем управлять. И только *идея управления процессом творчества*, как правило, вызывает резкое сопротивление.

«Как известно, акт творчества произволен, - пишет драматург В. Розов. Он не покорен даже очень мощному волевому усилию или категорическому повелению... Как ни парадоксально, но художник в момент творческого акта как бы не мыслит, мысль убьет творчество... Как мне кажется, художник мыслит до момента творчества и после него, во время же самого акта творчества рефлексии быть не должно. Сложнее, конечно, дело обстоит с научным творчеством. Но и оно - сестра художественному, возможно, даже родная. Несколько лет тому назад в одной статье я прочел замечание о том, что первоисточником величайших достижений и открытий во всех сферах культуры, науки, техники и искусства является внезапное и без видимой причины возникающее озарение. Это и есть творчество». («Вопросы философии», 1975, №8, с.151.)

Впервые я встретился с таким взглядом на творчество тридцать лет назад, когда начал заниматься изобретательством. Ученые и изобретатели, рассказывая о своей работе, с поразительным единодушием говорили о внезапном озарении, о невозможности не только управлять творческим процессом, но и понять, что это такое и как это происходит. И хотя о непознаваемости творчества высказывались люди, много сделавшие в науке и технике, я не поверил им, не поверил сразу и безоговорочно. Почему все познаваемо, а творчество непознаваемо? Что это за процесс, которым в отличие от всех других нельзя управлять?.. Многие изобретения опаздывают, это давно известно; изобретатели часто ошибаются, придумывая «ногастые» паровозы и «рукастые» швейные машины, и что же, так должно быть всегда?.. Я решил заняться этой проблемой, предполагая, что года за два ее удастся решить...

Проблема оказалась значительно сложнее. Представьте себе, что поставлена задача сделать парусный флот не зависящим от ветра. Выясняется, что парусники, увы, по своей природе зависят от ветра, ничего тут не поделаешь. Но можно построить пароход и он то не будет зависеть от ветра... Примерно так получилось с изобретательским творчеством. Изобретательские задачи издавна решались перебором вариантов («А если сделать так?..»), и *этот* процесс оказался зависящим от множества случайных и трудноучитываемых факторов, т. е. практически и в самом деле был неуправляемым. Необходимо *было перейти к иной технологии*, дающей ту же продукцию - изобретения, но при другом процесс производства - управляемом, хорошо организованном, эффективном. Словом, не хочешь зависеть от ветра - строй пароход и не верь, что кроме парусников ничего не может быть, хотя вокруг только парусники и сам флот отождествляется с ними.

Построение теории решения изобретательских задач даже в контурах - работа весьма трудоемкая. С 60-х годов начал складываться коллектив исследователей; появились первые общественные институты и школы, в которых можно было испытывать и отшлифовывать новую технологию решения изобретательских задач. Сейчас в 80 городах работают около 100 таких институтов и школ; ежегодно основы теории решения изобретательских задач изучают тысячи научных работников, инженеров, студентов; годовая «продукция» составляет сотни изобретений - обучение во многих общественных институтах и школах заканчивается дипломными работами на уровне изобретений. Объем «продукции» быстро растет, так как выпускники продолжают изобретать и после обучения. Совершенствуется теория, накапливается опыт обучения - это тоже отражается на выпуске «продукции».

Перед вами книга, рассказывающая о новой технологии творчества, при которой процесс мышления не хаотичен, а организован и четко управляем. Эту книгу можно читать двояко. Можно просто *прочитать*, не очень вдаваясь в детали. Примерно так мы читаем книги о полетах в космос и о спусках в глубины океана: интересно, но сами мы не полетим на Марс и не опустимся в Марианскую впадину... В памяти читателя останется главное: есть новая технология творчества: если когда-нибудь придется решать изобретательскую задачу, начинать надо не со слепого перебора вариантов, а с освоения теории.

Можно прочитать книгу иначе - *проработать* ее: запомнить основные принципы и правила, решить или по крайней мере попытаться решить приведенные в конце каждой главы задачи и перечитать главу, если задачи не получаются.

Кстати, о задачах. О теории решения изобретательских задач, естественно, нельзя говорить, не приводя примеры задач. Поэтому в книге их много. Не надо их бояться, не надо опускать, считая, что они «не по специальности». Это задачи на управление мышлением, на преодоление психологической инерции, на применение изложенных в книге законов развития технических систем. Никаких узкоспециаль-

ных знаний для решения задач не надо, достаточно того, что осталось в памяти от школьной физики.

Разумеется, книга рассчитана прежде всего на инженеров. Но она понятна и людям, далеким от техники. Принципы управления мышлением при решении изобретательских задач (именно принципы, а не конкретные формулы и правила), по-видимому, могут быть перенесены на организацию творческого мышления в любой области человеческой деятельности. Поэтому книга предназначена для широкого круга читателей.

Я надеюсь, что среди тех, кто ее прочитает, окажутся люди, которые захотят пойти дальше и займутся поиском новых форм управления творческим мышлением в технике, науке, искусстве. Что может быть заманчивее раскрытия природы талантливого мышления и превращения такого мышления из редких и неустойчивых вспышек в мощный и управляемый огонь познания!

НА ПУТИ К ТЕОРИИ ТВОРЧЕСТВА

МЕТОД ПРОБ И ОШИБОК

Изобретательство - древнейшее занятие человека. С изобретения орудий труда начался процесс очеловечивания наших далеких предков. Первые изобретения не созданы человеком, а обнаружены им в готовом виде. Люди заметили, что острыми камнями можно разрезать шкуры убитых животных, и начали собирать и применять камни. После лесных пожаров было обнаружено, что огонь греет и защищает, начали сохранять огонь. Люди еще не ставили задач, они открывали готовые решения. Творчество состояло в том, чтобы догадаться применить эти решения. Но почти сразу возникли и *изобретательские задачи*. Как заострить затупившийся камень? Как сделать, чтобы камень удобнее было держать в руке? Как уберечь огонь от ветра и дождя? Как переносить огонь с места на место?..

Решать изобретательские задачи приходилось *методом проб и ошибок*, перебирая всевозможные варианты. Долгое время перебор вариантов вели наугад. Но постепенно появились определенные приемы: копирование природных прототипов, увеличение размеров и числа одновременно действующих объектов, объединение разных объектов в одну систему. Накапливались факты, наблюдения, сведения о свойствах веществ; использование этих знаний повышало направленность поисков, упорядочивало процесс решения задач. Но менялись и сами задачи; из века в век они становились сложнее. Сегодня, чтобы найти один нужный вариант решения, необходимо проделать множество «пустых» проб.

Существуют привычные, но неверные суждения об изобретательском творчестве. «Все зависит от случайности», - говорят одни. «Все зависит от упорства, надо настойчиво пробовать разные варианты», - утверждают другие. «Все зависит от прирожденных способностей», заявляют третьи... В этих суждениях есть доля правды, но правды внешней, поверхностной. Неэффективен сам метод проб и ошибок, поэтому многое зависит от удачи и *личных* качеств изобретателя: не всякий способен отважиться на «дикие» пробы, не всякий способен взяться за трудную задачу и терпеливо ее решать.

В конце XIX века применение метода проб и ошибок усовершенствовал Эдисон. В его мастерской работало до тысячи человек, поэтому можно было разделить одну техническую проблему на несколько задач и по каждой задаче одновременно вести проверку многих вариантов. Эдисон изобрел научно-исследовательский институт (и это, на наш взгляд, величайшее его изобретение).

Ясно, что тысяча землекопов могут рыть качественно иные ямы, чем один землекоп. Но все-таки сам способ рытья остается прежним...

Современная «индустрия изобретений» организована по эдисоновскому принципу: чем труднее задача, т. е. чем больше проб надо проделать, тем большее число людей направляется на решение задачи. Задачу «Как надежнее соединить стеклянную деталь с металлической?» Эдисон мог поручить группе в три - пять человек. Ныне задачи такого уровня одновременно решаются многими коллективами, в каждом из которых десятки и сотни научных сотрудников и инженеров.

Широко распространено мнение о том, что в наше время крупные изобретения делаются не одиночками, а коллективами. Как и во всяком афоризме, здесь отражена лишь часть правды. Бывают разные одиночки и разные коллективы - важен прежде всего уровень организации труда. «Одиночка» - экскаваторщик работает намного продуктивнее «коллектива» землекопов. Да и «коллектив» землекопов лишь условно можно считать коллективом: каждый землекоп копает в одиночку...

Метод проб и ошибок и основанная на нем организация творческого труда пришли в противоречие с требованиями современной научно-технической революции.

Нужны новые методы управления творческим процессом, способные резко уменьшить число «пустых» проб. И нужна новая организация творческого процесса, позволяющая эффективно применять новые методы. А для этого необходимо научно обоснованная и практически работоспособная теория решения изобретательских задач.

ИЗ ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОГО ТВОРЧЕСТВА

В седьмом томе «Математического сборника» греческого математика Паппа, жившего около 300 г. н. э., впервые введен термин «эвристика». И хотя Папп ссылается на своих предшественников (Евклида, Аполлония Пергамского и Аристия - старшего), возникновение эвристики - науки о том, как делать открытия и изобретения, связывают с именем Паппа [1].

В дальнейшем к проблеме создания эвристики обращались многие математики, например Декарт, Лейбниц, Больцано, Пуанкаре. По-видимому, математика, лишенная возможности развиваться экспериментальным путем, раньше и сильнее других наук испытала потребность в инструменте для решения творческих задач.

Термины «открытие» и «изобретение» с самого начала понимались в эвристике весьма широко; в качестве открывателей и изобретателей рассматривались художники, поэты, политики, военные деятели, философы и др. Исследуя технологию математического творчества, математики обращались к фактическому материалу: рассматривали ход решения математических задач, анализировали опыт обучения, экспериментировали с учащимися. Но как только предпринимались попытки сформулировать общие законы творчества, исследователи отрывались от научного подхода, начинали оперировать разрозненными фактами, историческими анекдотами и т. п. Типичны в этом отношении книги Д.Поля [2] и Ж. Адамара [3]: анализ, конкретный и глубокий там, где идет речь о математике, становится поверхностным, когда дело касается творчества вообще или творчества в технике.

В России эвристикой много занимался инженер П. К. Энгельмейер, автор ряда книг по теории творчества. Он был твердо убежден в необходимости создания универсальной науки о творчестве. «Я называю эворологией,- писал он, - всеобщую теорию творчества, т. е. такую теорию, которая охватывает все явления творчества, как то художественное созидание, техническое изобретение, научное открытие, а также и практическую деятельность, направленную на пользу или на добро, или на что угодно. Таким образом, эворология является также теорией воли» [4, с. 132]. В книгах Энгельмейера собраны интересные материалы, высказано много ценных идей, в частности о возможности создания бионики. Энгельмейер писал «...оказывается, что гениальность вовсе не такой божественно редкий дар, что она... составляет удел всякого, кто не рождена совсем идиотом» [4, с. 135]. Через полвека эту мысль дословно повторил Цвикки, автор морфологического анализа.

Со второй половины XIX века стали появляться исследования по психологии научного и технического творчества. В сущности это была та же эвристика, но только с акцентом на психологию мышления.

Сначала психологические исследования были направлены преимущественно на изучение личности изобретателя. В этот период творческая личность рассматривалась как нечто исключительное. Обсуждались вопросы о сходстве психологических заболеваний и гениальности, об особом составе крови у изобретателей и т. д. И лишь в XX веке на смену этим взглядам постепенно пришло убеждение, что творческие задатки есть почти у всех людей.

Психологи стали экспериментировать с простыми задачами. Особенно интересные работы были выполнены К. Дункером и Л. Секеем [5]. Выяснилось, что испытуемые решают задачи перебором вариантов, что многое при этом зависит от предшествующего опыта, что каждый рассмотренный вариант перестраивает представление о задаче и т. д. Однако это не пояснило главной проблемы: каким образом некоторым изобретателям удается малым числом проб решать задачи, заведомо требующие большого числа проб?

Ответить на этот вопрос психология творчества не может и по сей день. В сущности с 30-40-х годов не получено никаких принципиально новых результатов.

Почему же психологи упорно экспериментируют с простыми задачами и головоломками и не исследуют процесс реального творчества при решении сложных задач? Психолог Н. П. Линькова [6] справедливо отмечает, что такое исследование наталкивается на практически неодолимые трудности. Творческий процесс растянут во времени; начиная наблюдение, исследователь не может быть уверен, что «подопытный изобретатель» решит задачу хотя бы за 5 или 10 лет. Да и само наблюдение нарушает чистоту эксперимента: чем подробнее психолог расспрашивает изобретателя, тем больше он узнает о ходе его мыслей, но тем сильнее вопросы влияют на этот ход мыслей, меняя и искажая его. Хотя творческий процесс длится очень долго, само решение появляется внезапно, часто в виде мгновенного «озарения». Тут просто невозможно о чем-то расспрашивать. Да и вообще данные, сообщаемые изобретателем, могут не отражать истинного хода мыслей. Еще в 20-х годах философ И. И. Лапшин писал: «Весьма любопытно отметить умышленное стремление даровитых ученых, обладающих глубоким знанием своего предмета и наделенных чуткостью и проницательностью, выдавать перед профанами свой дар за мистическую интуицию, дарованную небом свыше» [7, т. 2, с. 125-126].

Для многих психологов идея управления творчеством и по сей день звучит несколько не реальнее, чем идея управления движением звезд: в лучшем случае - дело очень далекого будущего, а может быть, и нечто вообще неосуществимое. И психологи предпочитают изучать творчество со стороны, ограничиваясь опытами с головоломками или несложными шахматными задачами.

Теория шахматной игры создавалась в результате накопления и анализа очень большого числа сложных реальных партий. Такой путь возможен и в изучении изобретательского творчества. Надо прежде всего собрать и исследовать большое число описаний изобретений. Но если шахматные записи в какой-то мере отражают ход мыслей шахматистов, то в описаниях изобретений зафиксирован только итог работы. Придется реконструировать ход мыслей изобретателя, а для этого надо самому уметь решать трудные задачи из различных областей техники.

В основе шахматного анализа лежит стремление понять, чем игра гроссмейстера отличается от игры обычного шахматиста. Понять гроссмейстера подчас может только равный ему по силе шахматист. Психологу, рискнувшему углубиться в изучение процесса решения сложных изобретательских задач, при-

шлось бы самому решать задачи на высоком уровне. Это трудно, и психологи пытаются понять изобретательское творчество, не решая изобретательских задач. Лишь изредка в опытах используются задачи, похожие на изобретательские. Но и тогда внимание исследователя сосредоточено только на психологических факторах. Между тем психологические факторы вторичны, производны. Главное в изобретении то, что техническая система переходит из одного состояния в другое, причем переход осуществляется по определенным законам, а не «как попало». Но именно эта - первичная, объективная - сторона творчества остается вне поля зрения психологов.

Представьте себе, что мы исследуем поведение рулевого на корабле, плывущем по извилистой реке. При этом мы ничего не хотим знать о самой реке и пытаемся объяснить действия рулевого только психологическими факторами. Вот рулевой начал быстро вертеть штурвал вправо. Почему? Наверное, солнце бьет ему в глаза, он уклоняется от солнца, вот в чем дело... А теперь он медленно вращает штурвал влево. Почему? Может быть, решил все-таки подставить лицо солнцу и позагорать?.. А вот рулевые сменились, новый рулевой сразу стал крутить руль и - внимание, внимание! - повернулся спиной к солнцу. Прекрасно, значит поведение рулевых зависит от того, любят ли они загорать на солнце или нет, так и запишем...

К сожалению, здесь нет преувеличения: «чисто психологический» подход, игнорирующий существование объективных законов развития технических систем, именно так и выглядит. В одной из следующих глав мы детально рассмотрим эксперимент, проведенный Дункером и считающийся классическим. К этому времени мы познакомимся с законами развития технических систем и сможем судить о том, что стоит за любовью к загару...

Каждая наука проходит стадии «алхимии» и «химии». На стадии «алхимии» она старается охватить все многообразие мира одной - двумя формулами. Алхимия, например, смотрела на область, изучаемую ныне химией, как на нечто, третьестепенное, побочное. Алхимики стремились получить философский камень, дающий вечное здоровье, вечную молодость, мудрость, способный оживлять мертвых и превращать любой металл в золото... Психология творческого мышления все еще находится на уровне «алхимии»: пытается простыми опытами овладеть механизмом творчества (всякого!). Созданию общей теории творчества должно предшествовать исследование конкретных видов творчества. Только опираясь на теорию изобретательского творчества, теорию научного творчества, теорию литературного творчества, можно со временем создать общую теорию творчества, которая, в свою очередь, даст новый толчок развитию частных теорий.

Путь к созданию научной теории творчества долг и труден. Между тем жизнь, практика, производство требовали новых методов решения изобретательских задач, хотя бы в какой-то мере более эффективных, чем простой перебор вариантов. И такие методы появились. Это были чисто психологические методы, но создали их не психологи.

МЕТОДЫ АКТИВИЗАЦИИ ПОИСКА

Чем труднее изобретательская задача, тем больше вариантов приходится перебрать, чтобы найти решение. А раз так, то прежде всего надо повысить количество вариантов, выдвигаемых в единицу времени. Понятно также, что для обнаружения сильного решения нужно иметь среди рассматриваемых идей побольше оригинальных, смелых, неожиданных. Цель *методов активизации поиска* и состоит в том, чтобы 1) сделать процесс генерирования идей интенсивнее и 2) повысить «концентрацию» оригинальных идей в общем их потоке.

Решая задачу, изобретатель сначала долго перебирает привычные, традиционные варианты, близкие ему по специальности. Иногда ему вообще не удается уйти от таких вариантов. Идеи направлены по «вектору психологической инерции» - в сторону, где меньше всего можно ожидать сильных решений. Психологическая инерция обусловлена самыми различными факторами: тут и боязнь вторгнуться в чужую область, и опасение выдвинуть идею, которая может показаться смешной, и незнание элементарных приемов генерирования «диких» идей. Методы активизации поиска помогают преодолевать эти барьеры.

Наибольшей известностью среди этих методов пользуется *мозговой шторм*, предложенный А. Осборном (США) в 40-х годах. Он заметил, что одни люди больше склонны к генерированию идей, другие - к их критическому анализу. При обычных обсуждениях «фантазеры» и «критики» оказываются вместе и мешают друг другу. Осборн предложил разделить этапы генерирования и анализа идей. За 20-30 минут группа «генераторов идей» выдвигает несколько десятков идей. Главное правило - запрещена критика. Можно высказывать любые идеи, в том числе и заведомо нереальные (они играют роль своеобразного катализатора, стимулируя появление новых идей). Желательно, чтобы участники шторма подхватывали и развивали выдвинутые идеи.

Если шторм хорошо организован, удается быстро уйти от идей, навязываемых психологической инерцией. Никто не боится предложить смелую идею, возникает доброжелательная творческая атмосфера, и это открывает путь всевозможным смутным идеям и догадкам. В шторме обычно участвуют люди разных профессий; идеи из разных областей техники сталкиваются, иногда это дает интересные комби-

нации.

Основная концепция мозгового штурма (дать новым идеям выход из подсознания) основана на теории Фрейда, очень популярной на родине Осборна. По этой теории *управляемое сознание* является лишь тонким наслоением на *неуправляемом подсознании*, как застывшая корка над расплавленной вулканической магмой. В сознании господствуют логика и контроль, не пропускающие рвущиеся из подсознания стихийные силы - инстинкты, стремления, желания. В сознании действует порядок, царит ясность, в подсознании - хаос, тьма, бушуют грозные силы, то и дело прорывающиеся и заставляющие человека совершать нелогичные поступки, идти на преступления и т. д. Психологическая инерция, по мнению Осборна, порождена порядком, царящим в сознании. Надо помочь новым идеям прорваться из подсознания в сознание - такова философско-психологическая концепция мозгового штурма. Поэтому Осборн построил процесс генерации идей так, чтобы расковать подсознание: в группе «генераторов идей» не должно быть начальства, надо стремиться к созданию непринужденной обстановки. Иногда к концу штурма возникает своего рода ажиотаж, и «генераторы идей» высказывают предложения, не успевая их обдумать. Идеи возникают как бы произвольно, неосознанно, неуправляемо. А магнитофон записывает каждое слово... Полученные при штурме идеи передаются на экспертизу группе «критиков». При этом «критики» должны стремиться выявить рациональное зерно в каждой идее.

Любопытно следующее: чтобы уменьшить упорядоченность мышления (плохую упорядоченность, при которой мышление направляется психологической инерцией), пришлось увеличить порядок самой процедуры мышления, ввести определенные правила. Видел ли Осборн этот парадокс?..

В 50-е годы с мозговым штурмом связывались большие надежды. Потом выяснилось, что трудные задачи штурму не поддаются. Были испробованы различные модификации штурма (индивидуальный, парный, массовый, двухстадийный, «конференция идей», «кибернетическая сессия» и т. д.). Эти попытки продолжаются и сейчас. Но уже ясно, что мозговой штурм эффективен только при решении несложных задач. Хорошие результаты чаще всего удается получить, «штурмуя» не изобретательские, а организационные проблемы (найти новое применение для выпускаемой продукции, усовершенствовать рекламу и т. д.).

Существуют и другие методы активизации поиска. Например, *метод фокальных объектов* состоит в том, что признаки нескольких случайно выбранных объектов переносят на совершенствуемый объект, в результате чего получаются необычные сочетания, позволяющие преодолевать психологическую инерцию. Так, если случайным объектом взят «тигр», а совершенствуемым (фокальным) «карандаш», то получаются сочетания типа «полосатый карандаш», «хищный карандаш», «клыкастый карандаш». Рассматривая эти сочетания и развивая их, иногда удается прийти к оригинальным идеям.

При *морфологическом анализе*, предложенном швейцарским астрофизиком Цвигки, сначала выделяют оси - главные характеристики объекта, а затем по каждой оси записывают элементы - всевозможные варианты. Например, рассматривая проблему запуска автомобильного двигателя в зимних условиях, можно взять в качестве осей источники энергии для подогрева, способы передачи энергии от источника к двигателю, способы управления этой передачей и т. д. А элементами для оси «источники энергии» могут быть: аккумулятор, химический генератор тепла, бензогорелка, работающий двигатель другой машины, горячая вода, пар и т. д. Имея запись элементов по всем осям и комбинируя сочетания разных элементов, можно получить очень большое число всевозможных вариантов. В поле зрения при этом могут попасть и неожиданные сочетания, которые едва ли пришли бы на ум «просто так».

По *методу контрольных вопросов*, как показывает само название, поиск направляется списками навводящих вопросов. Такие списки предлагались разными авторами. Типичные вопросы: а если сделать наоборот? А если заменить эту задачу другой? А если изменить форму объекта? А если взять другой материал?

Наиболее сильный метод активизации поиска - *синектика*, предложенная У. Гордоном. Он в 1960 г. создал в США фирму «Синектикс». В основу синектики положен мозговой штурм, но этот штурм ведет профессиональная или полупрофессиональная группа, которая от штурма к штурму накапливает опыт решения задач. При синектическом штурме допустимы элементы критики и, главное, предусмотрено обязательное использование четырех специальных приемов, основанных на аналогии: прямой (как решаются задачи, похожие на данную?), личной (попробуйте войти в образ данного в задаче объекта и попытайтесь рассуждать с этой точки зрения), символической (дайте в двух словах образное определение сути задачи), фантастической (как эту задачу решили бы сказочные персонажи?).

Фирма «Синектикс» сотрудничает с крупнейшими промышленными фирмами, корпорациями и высшими учебными заведениями, обучая синектическому штурму инженеров и студентов.

Главное достоинство методов активизации поиска - простота, доступность. Такие методы, как мозговой штурм, могут быть освоены после одного - двух занятий. Обучение синектике обычно длится всего несколько недель.

Методы активизации поиска универсальны, их можно применять для решения любых задач - научных, технических, организационных и др.

Принципиальный недостаток этих методов - непригодность при решении достаточно трудных задач. Штурм (простой или синектический) дает на порядок больше идей, чем обычный метод проб и ошибок. Но этого мало, если «цена» задачи 10 000 или 100 000 проб.

Методы активизации поиска сохраняют (в несколько улучшенном виде) старую тактику перебора вариантов. Эти методы не развиваются, а попытки их комбинирования не дают существенно нового результата. Поэтому в Советском Союзе методы активизации поиска не нашли широкого применения.

УРОВНИ ЗАДАЧ

Попробуйте задать вопрос: «Как надо охотиться?» - и вас сразу попросят уточнить, на кого именно охотиться. Микробы, комары, киты - живые существа, на них можно охотиться. Но охота на микробов, комаров, китов - три качественно отличающихся вида охоты. Никто не изучает эти три вида охоты «вообще». В изобретательстве же долгое время изучали творчество «вообще», а выводы по «микробным» изобретениям распространяли на изобретения «китовые», и наоборот.

Научный подход к изучению изобретательского творчества начинается с понимания простой истины: задачи бывают разные, нельзя изучать их «вообще». Есть очень легкие задачи, их решают после нескольких попыток, и есть задачи невообразимой трудности, которые решаются в течение многих лет. Почему легкие задачи? Почему трудны трудные задачи? Что именно делает задачу трудной? Нельзя ли какими-то приемами преобразовать трудную задачу в легкую?..

Рассмотрим эти вопросы, но сначала уточним понятия «легкая» и «трудная» задача.

По степени трудности задачи можно разделить на пять уровней (классов). Для самых легких задач (первый уровень) характерно применение средств (устройств, способов, веществ), которые прямо предназначены именно для данной цели. Вот пример задачи первого уровня.

Задача 1

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

Ответ очевиден: нужна теплоизоляция, а если она уже есть, нужно ее усилить - сделать более толстой, ввести двойные стенки, использовать принудительное охлаждение и т. д. Именно так и была решена эта задача: «Устройство для подачи жидкого кислорода в расплавленный металл, выполненное в виде четырех концентрически расположенных охлаждаемых труб и наконечника, отличающееся тем, что с целью предотвращения газификации кислорода в потоке внутренняя труба изолирована от окружающих тепловой изоляцией с толщиной 15-20 мм» (авторское свидетельство - а.с. №317707).

Надо бороться с теплом - и вот введен слой теплоизоляции. Его толщина не 1,5-2 мм, этого было бы явно мало, и не 1,5-2 м, труба с таким защитным слоем просто не поместилась бы в печи, а 15-20 мм, как и следовало ожидать. Решение предельно очевидное. Многочисленные эксперименты с задачей показали, что ее с нескольких попыток решают все - научные работники, конструкторы, студенты, учащиеся ПТУ, школьники. - Любопытно отметить, что а.с. № 317707 выдано десяти авторам...

Это типичная задача, решенная на первом уровне; в принципе одна и та же задача может быть решена на разных уровнях.

В каждом выпуске бюллетеня «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки» около 30 % изобретений - решение подобных задач. В данном случае поиск решения практически сведен к нулю. Технология изобретательского творчества на этом уровне не нуждается в усовершенствовании.

Предположим, дана задача: «Дуга мешает электросварщику наблюдать за процессами, происходящими в зоне сварки. Свет дуги «забывает» менее яркие детали (капли металла и т. д.). Как быть?» В такой формулировке задача без труда решается на первом уровне: надо осветить зону сварки лучом, более ярким, чем дуга. Теперь усложним задачу, введя дополнительные требования.

Задача 2

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

Новая задача сложнее, поэтому придется перебрать несколько десятков вариантов. Отпадут, например, все предложения, связанные с введением дополнительных светильников для освещения зоны сварки, - они значительно усложнят оборудование. Не подойдут и предложения, требующие периодического отключения дуги, - они связаны со снижением производительности. Наиболее простое решение, удовлетворяющее условиям задачи, выглядит так: «Устройство для защиты глаз и лица электросварщика. Содержащее корпус и рамку с встроенным в нее светофильтром, отличающееся тем, что с целью улучшения наблюдения за процессом сварки оно снабжено рефлектором, выполненным в виде прямоугольного сектора сферы по габаритам корпуса и фокусирующим свет от дуги на свариваемые материалы в зону расплавления» (а. с. № 252549).

В задачах первого уровня объект (устройство или способ) *не изменяется* (усилили уже имеющуюся теплоизоляцию). На втором уровне объект *изменяется, но несильно* (в защитное устройство дополни-

тельно введено зеркало). На третьем уровне объект *изменяется сильно*, на четвертом он *меняется полностью*, а на пятом *меняется вся техническая система*, в которую входит объект.

Пример изобретения третьего уровня: «Винтовая пара, состоящая из винта и гайки, отличающаяся тем, что с целью предупреждения износа их поверхности путем устранения трения между ними во время работы винт и гайка расположены с зазором, сохраняемым во время работы, в их резьбе уложены обмотки для создания электромагнитного поля, обеспечивающие поступательное движение гайки относительно винта» (а. с. № 154 459). Винтовая пара осталась, но она сильно изменена по сравнению с прототипом.

Примером изобретения четвертого уровня может служить новый способ контроля износа двигателя. Раньше контроль износа вели, время от времени отбирая пробы масла и определяя содержание в них металлических частиц. По а.с. № 260 249 предложено добавлять в масло люминофоры и по изменению свечения (мелкие частицы металла гасят свечение) непрерывно контролировать концентрацию частиц металла. Исходный способ изменен полностью. Использованный физический эффект менее известен, чем в предыдущем изобретении. Найденная идея шире запатентованного способа контроля износа: по гашению люминесценции можно контролировать появление металлических частиц и в других случаях.

Изобретение пятого уровня: «Применение монокристаллов сплавов медь-алюминий-никель и медь-алюминий-марганец в качестве твердого рабочего тела для преобразования тепловой энергии в механическую путем изменения его упругих свойств при колебании температуры» (а. с. № 412 397). Вообще то известно, что твердые тела меняют свои свойства при изменении температуры. Но вещества, которые сильно меняют свойства при небольших перепадах температур, мы знаем мало. Обнаружение или получение таких веществ - это уже нечто граничащее с открытием. Новые вещества - преобразователи можно использовать при решении самых различных изобретательских задач (создание тепловых двигателей, различных измерительных приборов и т. д.).

Решение задачи первого уровня требует перебора нескольких очевидных вариантов. Это доступно каждому инженеру, и подобные задачи повседневно решаются без затруднений, хотя и не всегда оформляются в виде заявок на изобретения. На втором уровне число вариантов измеряется уже десятками. Перебрать 50-70 вариантов в принципе способен каждый инженер. Но все-таки здесь требуется определенное терпение, настойчивость, уверенность в возможности решения задачи. Иногда человек выдыхается после десяти попыток. Правильное решение задач третьего уровня прячется среди сотен неправильных. На четвертом уровне нужно сделать тысячи и десятки тысяч проб и ошибок, чтобы отыскать решение задачи. Наконец, на пятом уровне число проб и ошибок возрастает до сотен тысяч и миллионов. Можно вспомнить, например, что Эдисону пришлось поставить 50 000 опытов, чтобы изобрести щелочной аккумулятор. Речь идет только о вещественных опытах; мысленных экспериментов, всевозможных «а если сделать так?» наверняка было значительно больше. Вот пример учебной задачи четвертого уровня.

Задача 3

Кривые стволы и сучья деревьев разрубают им щепу. Получается смесь кусков коры и щепы древесины. Как отделить куски коры от щепы древесины, если они очень мало отличаются по плотности и другим характеристикам?

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

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

Тут действует очень интересный «эстафетный» механизм. Появилась задача «ценой» в 1100000 проб. Кто-то потратил полжизни на перебор 10000 проб и не нашел решения. Задачу взялся решать другой человек, он перекопал еще какую-то часть поискового поля, и так далее. Задача приобретает репутацию неразрешимой, «вековечной». На самом же деле она постепенно упрощается и в конце концов решается. Здесь и появляются исследователи, пытающиеся выяснить, в чем секрет изобретателя, решившего «вековечную» задачу. Никакого секрета нет. Неудачники, штурмовавшие задачу в начале «эстафеты», могли быть даже более способными, чем тот, кто «пробежал» последний этап. Просто им досталось слишком большое поисковое поле. В сущности, задачу решал не один человек, а целый коллектив, «кооперация современников», по определению Маркса. Для очень трудных задач необходима даже кооперация изобретателей нескольких поколений. Их усилия постепенно превращают задачу пятого уровня в сравнительно простую задачу первого уровня, кто-то делает последний рывок тем же методом проб и ошибок.

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

Биркеланд предложил использовать процессы, подобные происходящим в верхней атмосфере. Задача «отыскала» человека, чьи специальные знания были необходимы для ее решения.

Задачи высших уровней отличаются от задач низших уровней не только числом проб, необходимых для обнаружения решения. Существует и качественная разница. Задачи первого уровня и средства их решения находятся в пределах одной узкой специальности (задача по усовершенствованию производства древесно-стружечных плит решается методами, уже использовавшимися в этом производстве). Задачи второго уровня и средства их решения относятся к одной отрасли техники (задача о древесно-стружечных плитах решается методами, известными в деревообработке). Для задач третьего уровня решения приходится искать в других отраслях (задача в деревообработке решается методами, известными в металлообработке). Решение задач четвертого уровня надо искать не в технике, а в науке - обычно среди мало применяемых физических и химических эффектов и явлений. На высших подуровнях задач пятого уровня средства решения могут вообще оказаться за пределами современной науки; поэтому сначала нужно сделать открытие, а потом, опираясь на новые научные данные, решать изобретательскую задачу.

На первом и втором уровнях можно перебирать варианты, пользуясь знаниями только по всей специальности. Чем выше уровень, тем более широкие знания нужны. Коллектив хороших специалистов легко делает изобретения первого и второго уровней. Такие изобретения совершенствуют технику. Но принципиально новые решения скорее можно ожидать от людей «со стороны». Вот, например, а. с. № 210 662: «Индукционный электромагнитный насос, содержащий корпус, индуктор и канал, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что с целью упрощения запуска насоса индуктор выполнен скользящим вдоль оси канала насоса». Это изобретение сделано специалистами: никакой революции, но вполне полезное улучшение. Экспертиза легко приняла новую идею - от заявки до публикации прошло 14 месяцев. А журналист А. Пресняков 14 лет добивался свидетельства (№ 247 064): «Применение электромагнитного насоса для перекачки электролитов в качестве реактивного судового двигателя». В основе этого изобретения - магнетогидравлический эффект. Идея была выдвинута, когда о магнетогидравлических двигателях, получивших теперь такую известность, никто практически не знал.

Еще один пример. Четверо слушателей общественного института изобретательского творчества взяли для дипломной работы сложнейшую задачу из области аэронавигации. Над этой задачей работали во многих странах. Трое студентов и один молодой инженер не были специалистами в данной области. Расчет строился на том, что сильное решение должно оказаться за пределами обычных идей и принципов навигационного приборостроения. Так и получилось. Нужный принцип найден в весьма далекой от авиации области аналитических измерений в кондитерской технике. Изобретение получило положительную оценку специалистов, было выдано авторское свидетельство.

Научно-техническая революция требует, чтобы задачи высших уровней решались во все более короткие сроки. Обычный путь интенсификации процесса решения состоит в увеличении числа людей, одновременно работающих над одной проблемой. Но возможности такой интенсификации почти исчерпаны: сосредоточение большого числа людей на решении одной технической проблемы ведет к уменьшению интенсивности работы на других направлениях.

Нужен способ перевода изобретательских задач с высших уровней на низшие. Если задачу четвертого или пятого уровня удастся перевести на первый или второй уровень, далее сработает обычный перебор вариантов. Вся проблема в том, чтобы уметь быстро сужать поисковое поле, превращая «трудную» задачу в «легкую».

ПРОТИВОРЕЧИЯ АДМИНИСТРАТИВНЫЕ, ТЕХНИЧЕСКИЕ, ФИЗИЧЕСКИЕ

Сравним два изобретения. Первое: «Способ определения параметров, недоступных прямому наблюдению (например, износостойкости), основанный на косвенном контроле, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что с целью повышения точности определения искомых параметров по результатам косвенного контроля подбирают изделия в пары (серии) по принципу близости измеренных параметров в одном образце от каждой пары (серии), определяют искомый параметр, разрушая изделие, и распространяют полученный результат на оставшиеся изделия этой пары (серии)» (а. с. № 188 097). Чтобы проверить изделия, предлагается весьма простое решение: сломать половину изделий и посмотреть... Правда, тут возникает противоречие: чем большую часть изделий мы ломаем, тем надежнее сможем судить об оставшихся.

Второе изобретение: «Способ контроля и дефектоскопии однотипных изделий, имеющих скрытые дефекты, например, в виде пустот или инородных включений, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что с целью упрощения процесса контроля изделие помещают в ванну с электропроводной жидкостью, пропускают через нее электрический ток, а затем воздействуют на жидкость магнитным полем для изменения ее кажущейся плотности до достижения безразличного положения в ней исправных изделий, и наличие дефектов определяют по изменению положения относительно дна ванны» (а. с. № 286 318). Очень похожая задача, но в решении нет противоречия - испытания проводят, не ломая изделий. Использован оригинальный прием: с помощью взаимодействия электрического и магнитного полей жидкость заставляют

как бы менять свою плотность, отчего помещенное в жидкость изделие тонет или всплывает (в зависимости от наличия или отсутствия дефектов).

Изобретательские задачи часто путают с задачами техническими, инженерными, конструкторскими. Построить обычный дом, имея готовые чертежи и расчеты, - задача техническая. Рассчитать обычный мост, пользуясь готовыми формулами, - задача инженерная. Спроектировать удобный и дешевый автобус, найдя компромисс между «удобно» и «дешево», - задача конструкторская. При решении этих задач не приходится преодолевать противоречия. *Задача становится изобретательской только в том случае, если для ее решения необходимо преодолеть противоречие.*

Не сталкиваемся мы с противоречиями и при решении задач первого уровня. Строго говоря, это задачи конструкторские, а не изобретательские. Юридическое понимание термина «изобретение» не совпадает с пониманием так сказать, техническим, творческим. По-видимому, со временем юридический статус изобретения будет несколько изменен, и простые конструкторские решения наподобие того, которое описано в а. с. № 317707 (введение теплоизоляции), перестанут считаться изобретениями. Во избежание путаницы будем пока пользоваться словосочетанием «изобретательская задача первого уровня», помня однако, что подлинными изобретательскими задачами второго и более высоких уровней обязательно связаны с преодолением противоречий.

В самом факте возникновения изобретательской задачи уже присутствует противоречие: нужно что-то сделать, а как это сделать - неизвестно. Такие противоречия принято называть *административными* (АП). Выявлять административные противоречия нет необходимости, они лежат на поверхности задачи. Но и эвристическая, «подсказывательная» сила таких противоречий равна нулю: они не говорят, в каком направлении надо искать решение.

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

Каждое ТП обусловлено конкретными физическими причинами. Возьмем для примера такую задачу:

Задача 4

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

Техническое противоречие здесь уже указано: охлаждающая способность «дырчатого» полировальника вступает в конфликт с его способностью полировать стекло. В чем причина конфликта? «Дырка» хорошо пропускает охлаждающую жидкость, но, естественно, не может сдирать частицы стекла. Твердые участки полировальника, наоборот, способны сдирать частицы стекла, но не в состоянии пропускать воду. Следовательно, поверхность полировальника должна быть твердой, чтобы сдирать частицы стекла, и «пустой», чтобы пропускать охлаждающую жидкость. Это - *физическое противоречие* (ФП): к одной и той же части системы предъявляются взаимопротивоположные требования.

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

КЛЮЧ К ПРОБЛЕМЕ: ЗАКОНЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Итак, нужны приемы, позволяющие выявлять и устранять физические противоречия, содержащиеся в изобретательских задачах. Эти приемы позволяют резко сократить поисковое поле и без «поштучной» проверки отбросить множество «пустых» вариантов.

Несколько приемов мы уже назвали: разделение противоречивых свойств в пространстве или во времени, использование переходных состояний веществ. А еще? Где взять набор приемов, достаточно богатый, чтобы решать самые различные изобретательские задачи? Ответ очевиден: ФП присущи только изобретательским задачам высших уровней, поэтому приемы устранения ФП надо искать в решениях этих задач. Практически это означает, что необходимо отобрать изобретения высших уровней и исследовать их описания. В таких описаниях обычно указаны исходная техническая система, ее недостатки и предлагаемая техническая система. Сопоставляя эти данные, можно выявить суть ФП и прием, использованный для его устранения.

Фонд описаний изобретений весьма велик: ежегодно в разных странах выдается около 300 тыс. патентов и авторских свидетельств. Для выявления современных приемов устранения ФП достаточно исследовать самый свежий «патентный слой» глубиной, скажем, в пять лет - это около 1,5 млн. изобретений. Цифра устрашающая. Однако первая же операция - отбор изобретений высших уровней - резко сокращает число описаний, подлежащих детальному исследованию. Изобретений пятого уровня очень мало - доли процента; четвертого уровня тоже немного - три-четыре процента. Если даже прихватить наиболее интересные изобретения третьего уровня, исследовать надо не более 10% изобретений в выделенном «патентном слое»: 150 тыс. описаний. Это - в идеальном случае. Для составления списка наиболее сильных приемов достаточен массив в 20-30 тыс. патентных описаний.

Хороший список приемов устранения ФП - уже немало. Но нужно уметь правильно выявлять противоречия, а также задать, когда и какой прием использовать, нужно располагать критериями для оценки полученных результатов. А для этого необходимо знать *законы развития технических систем*.

Развитие технических систем, как и любых других систем, подчиняется общим законам диалектики. Чтобы конкретизировать эти законы применительно именно к техническим системам, приходится опять-таки исследовать патентный фонд, но уже на значительно большую глубину. Нужно брать не «патентный слой», а, так сказать, «патентную скважину»: патентные и историко-технические материалы, отражающие развитие какой-то одной системы за 100-150 лет. Разумеется, для выявления универсальных законов нужна не одна, а многие «патентные скважины», - работа весьма и весьма сложная. Но, зная законы развития технических систем, можно уверенно отобрать наиболее эффективные приемы устранения противоречий и построить программу решения изобретательских задач.

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

Обратите внимание: основные элементы этой системы «живут» каждый в своем ритме. Представьте себе животное с мозгом, работающим по 24-часовому циклу, и лапами, предпочитающими действовать, скажем, по 10-часовому циклу: у мозга наступает время сна, а лапы бодрствуют, они полны сил, по их «часам» полдень, надо бегать... Эволюция безжалостно бракует такие организмы. Но в технике очень часто создают «организмы с несогласованной ритмикой», а потом долго мучаются из-за присущих им недостатков.

Один из объективных законов развития технических систем состоит в том, что системы с несогласованной ритмикой вытесняются более совершенными системами с согласованной ритмикой. Так, в приведенном примере нужны безынерционные светильники, работающие синхронно и синфазно вращению шторки объектива. Тогда резко уменьшится расход энергии, улучшатся условия работы артистов.

Приведем пример из другой области техники. Для обеспечения выемки угля бурят в пласту скважины, заполняют их водой и передают через нее импульсы давления. Частота импульсов определяется случайными факторами, а пласт имеет свою частоту колебаний. Опять обе части системы работают в разных ритмах - явное нарушение закона согласования ритмики. И вот появляется а. с. № 317 797, в нем предлагается частоту импульсов установить равной собственной частоте колебаний угольного массива. Изобретения («просто импульсы» и «импульсы с частотой, равной собственной частоте разбуренного массива») разделены промежутком в семь лет. Эти семь потерянных лет - плата за незнание законов развития технических систем.

Согласование ритмики частей системы - лишь один из законов, определяющих развитие технических систем. Используя «свод» таких законов, можно построить программу решения изобретательских задач. Она даст возможность, не блуждая по поисковому полю, выйти в район решения, т. е. сократить число вариантов, скажем, до десятка.

Далее, казалось бы, совсем просто: надо рассмотреть десять вариантов и выбрать нужный. Но десять вариантов, полученных при переводе задачи на первый уровень, могут качественно отличаться от десяти

вариантов, необходимых для решения задачи, которая с самого начала была задачей первого уровня. У «естественной» задачи первого уровня все варианты решения понятны изобретателю, они обычно прямо относятся к его специальности, не отпугивают своей сложностью. «Искусственная» задача первого уровня, полученная из задачи, скажем, четвертого уровня, может иметь решения «дикие» или выходящие за пределы знаний изобретателя. Предположим, анализ задачи отсекает все «пустые» варианты, оставив только одну возможность: «Задачу удастся решить, если вращающаяся в сосуде жидкость будет прижиматься не к стенкам сосуда, а к его оси». Известно, что на вращающуюся жидкость действуют центробежные силы, направленные к стенкам сосуда. Скорее всего, изобретатель отбросит полученный вариант как явно противоречащий физике... Между тем существуют жидкости, в которых - вопреки обычным представлениям - при вращении возникают центроостремительные силы! Это явление называется эффектом Вайссенберга [8, с. 149]. Оно выходит за пределы вузовской физики для инженеров, поэтому не все инженеры о нем знают.

Для уверенного решения задач нужна информация о всей физике. Именно о всей, потому что решение трудных задач часто связано с использованием малоизвестных физических эффектов или малоизвестных нюансов обычных физических эффектов. Более того, вся физика должна быть представлена в таком виде, чтобы эффекты не приходилось перебирать подряд. Иными словами, нужна не просто физика, нужны таблицы, связывающие типы изобретательских задач (или типы противоречий) с соответствующими физическими эффектами. В таком же виде должны быть представлены и чисто изобретательские приемы, выявленные путем анализа патентных материалов.

Но и этого мало. Нужно, чтобы изобретатель, действуя по программе, не боялся отбрасывать варианты, кажущиеся вероятными, и не боялся идти к идеям, кажущимся «дикими», т. е. необходимо управление психологическими факторами. Итак,

- эффективная технология решения изобретательских задач может основываться только на сознательном использовании законов развития технических систем;
- исходя из этих законов, можно построить программу решения изобретательских задач, позволяющую без перебора вариантов сводить задачи высших уровней к задачам первого уровня;
- чтобы свести задачу высшего уровня к задаче первого уровня, нужно прежде всего найти физическое противоречие, поэтому программа должна содержать операторы, позволяющие по определенным правилам выявлять физическое противоречие;
- для преодоления физических противоречий программа должна иметь информационный фонд, включающий фонд изобретательских приемов, выявленный путем анализа больших массивов современной патентной информации; фонд приемов должен быть представлен в виде таблиц использования приемов в зависимости от типа задачи или содержащегося в ней противоречия;
- информационный фонд должен включать также таблицы применения физических эффектов;
- программа должна иметь средства управления психологическими факторами, прежде всего средства активизации воображения и средства преодоления психологической инерции.

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ (АРИЗ)

Программа, удовлетворяющая всем этим требованиям, получила название *АРИЗ* (*алгоритм решения изобретательских задач*).

Слово «алгоритм» в узком смысле означает абсолютно детерминированную последовательность математических операций. В широком смысле слова «алгоритм» - это любая достаточно четкая программа действий. Именно в этом смысле АРИЗ и назван алгоритмом.

Важно, однако, подчеркнуть, что с каждой новой модификацией в АРИЗ усиливаются главные признаки алгоритма: детерминированность, массовость, результативность.

Внешне АРИЗ представляет собой программу последовательной обработки изобретательских задач. Законы развития технических систем заложены в самой структуре программы или выступают в «рабочей одежде» - в виде конкретных операторов. С помощью этих операторов изобретатель шаг за шагом (без пустых проб) выявляет ФП и определяет ту часть технической системы, к которой оно «привязано». Затем используются операторы, изменяющие выделенную часть системы и устраняющие ФП. Тем самым трудная задача (т. е. задача не первого уровня) переводится в легкую задачу (первого уровня).

АРИЗ имеет специальные средства преодоления психологической инерции. Некоторые авторы полагают, что справиться с психологической инерцией нетрудно, достаточно помнить о ее существовании [9, с. 38-39]. Если бы это было так! Психологическая инерция поразительно сильна. Нужны не призывы помнить о ней, а конкретные операторы преобразования задачи. Например, условия задачи обязательно должны быть освобождены от специальной терминологии, потому что термины навязывают изобретателю старые и трудноизменяемые представления об объекте.

При разработке АРИЗ проводился систематический анализ патентного фонда. Выделялись и исследовались изобретения третьего и более высоких уровней, определялись содержащиеся в них технические

и физические противоречия и типовые приемы их устранения. Для таблицы применения типовых приемов в одной из последних модификаций АРИЗ было проанализировано около 40 тыс. описаний отобранных изобретений высших уровней. Затем в течение трех лет таблица корректировалась: в нее вводились прогностические поправки, она проверялась на новых и сложных задачах. Такая таблица не только отражает коллективный опыт огромного числа изобретателей, но и имеет солидный запас прогностической прочности: рекомендуемые ею приемы не устареют в ближайшие 10-15 лет.

Для новых модификаций АРИЗ разработаны таблицы применения физических эффектов и создан подробный справочник «Указатель применения физических эффектов и явлений». С помощью таблиц можно определить эффекты, наиболее подходящие для преодоления содержащегося в задаче противоречия, «Указатель» дает сведения о самих эффектах и веществах, реализующих эти эффекты.

В сущности, АРИЗ организует мышление изобретателя так, как будто в распоряжении одного человека имеется опыт всех (или очень многих) изобретателей. И, что очень важно, опыт этот применяется талантливо. Обычный, даже очень опытный изобретатель черпает из опыта решения, основанные на внешней аналогии: вот эта новая задача похожа на такую-то старую задачу, значит, и решения должны быть похожи. «Аризный» изобретатель видит намного глубже: вот в этой новой задаче такое-то ФП, значит, можно использовать решение из старой задачи, которая внешне совсем не похожа на новую, но содержит аналогичное ФП. Стороннему наблюдателю это кажется проявлением мощной интуиции...

Информационный аппарат АРИЗ регулярно пополняется и совершенствуется. Вообще АРИЗ быстро развивается. Модификации АРИЗ имеют индексы с обозначением года публикации, а не очередного номера. Четкое указание на «год выпуска» обязывает систематически улучшать АРИЗ, не давая ему стареть.

ОТ АРИЗ - К ТЕОРИИ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

С появлением первых модификаций АРИЗ началось становление *теории решения изобретательских задач* (ТРИЗ). Соотношение между АРИЗ и теорией примерно такое, как между самолетом и авиацией, между автомобилем и автотранспортом.

Теория воплощена в АРИЗ, хотя, конечно, не сводится к нему. В следующих главах нам придется в равной мере касаться конкретных механизмов АРИЗ и общих положений теории, они взаимосвязаны.

Несколько слов о терминах. Они неоднозначны, поэтому договоримся об их содержании.

П р и е м - одинарная (элементарная) операция. Прием может относиться к действиям человека, решающего задачу, например «используй аналогию». Прием может относиться и к рассматриваемой в задаче технической системе, например «дробление системы», «объединение нескольких систем в одну». Приемы, так сказать, скалярны, не направлены: неизвестно, когда тот или иной прием хорош, а когда плох. В одном случае аналогия может привести к решению задачи, а в другом - увести от него. Приемы не развиваются (хотя набор приемов можно, конечно, пополнять и развивать).

М е т о д - система операций, предусматривающая определенный порядок их применения. Например, метод мозгового штурма включает ряд операций по комплектованию групп «генераторов идей» и «критиков», по проведению штурма, по отбору идей. Методы обычно основаны на каком-то одном принципе, постулате. Так, в основе мозгового штурма лежит предположение, что решение задачи можно получить, дав выход из подсознания неуправляемому потоку идей. Методы развиваются весьма ограниченно, оставаясь в рамках исходных принципов. В этом же смысле будем использовать и слово «методика».

Т е о р и я - система многих методов и приемов, предусматривающая целенаправленное управление процессом решения задач на основе знания законов развития объективной действительности.

Грубо говоря, прием, метод и теория образуют цепь типа «кирпич - дом - город» или «клетка - орган - организм». В этой иерархии АРИЗ находится на границе метода и теории.

Работа над АРИЗ была начата в 1946 году [10-19]. Впрочем, самого понятия «АРИЗ» тогда еще не было, проблема ставилась иначе: «Надо изучить опыт изобретательского творчества и выявить характерные черты хороших решений, отличающие их от плохих. Выводы могут быть использованы при решении изобретательских задач».

Почти сразу удалось обнаружить, что решение изобретательской задачи оказывается хорошим (сильным), если оно преодолевает техническое противоречие, содержащееся в поставленной задаче, и, наоборот, плохим (слабым), если ТП не выявлено или не преодолено.

Далее выяснилось нечто совершенно неожиданное: оказалось, что даже самые сильные изобретатели не понимают, не видят, что правильная тактика решения изобретательских задач должна состоять в том, чтобы шаг за шагом выявлять ТП, исследовать его причины и устранять их, тем самым устраняя и ТП. Столкнувшись с открытым, кричащим о себе ТП и увидев, что задачу удалось решить благодаря его устранению, изобретатели не делали никаких выводов на будущее, не меняли тактику и, взявшись за следующую задачу, могли потратить годы на перебор вариантов, даже не пытаясь сформулировать содержащееся в задаче противоречие...

Рухнули надежды извлечь из опыта больших (великих, крупных, опытных, талантливых) изобрета-

телей нечто полезное для начинающих: большие изобретатели работали тем же примитивным методом проб и ошибок.

Начался второй этап работы, проблема теперь звучала так: «Надо составить программу планомерного решения изобретательских задач, годную для всех изобретателей. Эта программа должна быть основана на пошаговом анализе задачи, чтобы выявлять, изучать и преодолевать технические противоречия. Программа не заменит знаний и способностей, но она предохранит от многих ошибок и даст хорошую тактику решения изобретательских задач».

Программы решения изобретательских задач были еще далеки от нынешнего АРИЗ, но с каждой новой модификацией они становились четче и надежнее, постепенно приобретая характер программ (предписаний) алгоритмического типа. Были составлены первые таблицы применения приемов устранения технических противоречий. Главным материалом для исследований стала патентная информация, описания изобретений. Начали проводиться учебные семинары, постепенно накапливался опыт обучения АРИЗ.

И снова обнаружилось нечто неожиданное. Оказалось, что при решении задач высших уровней нужны знания, обязательно выходящие за пределы специальности, которую имеет изобретатель; производственный опыт навязывает бесплодные пробы в привычном направлении; единственной «способностью», ощутимо влияющей на ход решения, является «способность» придерживаться АРИЗ и использовать его информационное обеспечение.

Отсюда неизбежно вытекал вывод: ни знания, ни опыт, ни способности («природный дар») не могут служить надежной основой для эффективной организации творческой деятельности. Нет людей, которые могли бы регулярно, одну за другой, решать задачи высших уровней благодаря своим знаниям, опыту и способностям. Если «цена» задачи 100 000 проб, никто не сможет решить ее в одиночку.

Приступая к решению изобретательской задачи высшего уровня, человек должен располагать знаниями о всей технике, о всей физике, о всей химии. Между тем объем знаний у человека в миллионы раз меньше. Решая задачу, человек должен уметь правильно перерабатывать имеющуюся информацию (допустим, она имеется в полном объеме). «Правильно перерабатывать» - значит осуществлять цепь последовательных действий, управляя этими действиями так, чтобы они вели к решению задачи. Вместо этого человек использует примитивный перебор вариантов, руководствуясь старыми представлениями и личным (а потому случайным) опытом.

Человек не умеет эффективно решать изобретательские задачи высших уровней. Поэтому ошибочны все гипотезы, которые прямо или косвенно исходят из того, что, исследуя творческий процесс, можно выявить эффективные приемы, методы, эвристики и т. п. Ошибочны все методики и методы, основанные на стремлении активизировать творческое мышление, поскольку это *попытка хорошо организовать плохое мышление*.

Таким образом, второй этап, начавшийся с мысли о том, что изобретателям надо дать полезный вспомогательный инструмент, завершился выводом о необходимости перестройки изобретательского творчества, изменения самой технологии производства изобретения.

Программа теперь стала рассматриваться как самостоятельная, не зависящая от человека система решения изобретательских задач. Мышление должно следовать этой системе, управляться ею - и тогда оно будет талантливым.

Возникла необходимость поставить операции, производимые в алгоритме решения изобретательских задач, на объективную основу, обосновать их объективными законами развития технических систем.

Формула третьего этапа была такой: «Изобретения низших уровней - вообще не творчество. Изобретения высших уровней, делаемые методом проб и ошибок, - это плохое творчество. Нужна новая технология решения изобретательских задач, позволяющая планомерно решать задачи высших уровней. Эта технология должна основываться на знании объективных законов развития технических систем.»

К началу третьего этапа стала складываться система общественных школ изобретательского творчества. В 1978 г. таких школ было уже около 100 (в Москве, Ленинграде, Баку, Волгограде, Горьком и других городах). Разработка теории, испытания и совершенствование АРИЗ, организация обучения стали коллективным трудом, в котором активно участвовала большая группа исследователей. Совместными усилиями удалось укрепить информационное обеспечение АРИЗ, в частности составить «Указатель применения физических эффектов и явлений». Было положено начало так называемому вепольному анализу, связавшему процесс решения задачи с некоторыми фундаментальными законами развития технических систем и позволившему наметить пути планомерного отыскания физических эффектов, необходимых для решения задачи.

Как и на втором этапе, основным материалом для работы была патентная информация. Но ее изучение велось теперь не столько для выявления новых приемов и сведения их в таблицу устранения технических противоречий, сколько для исследования общих закономерностей развития технических систем. Знание этих закономерностей позволяло вносить коррективы в АРИЗ и вепольный анализ, а система

школ и институтов изобретательского творчества давала возможность быстро и надежно проверять на практике новые выводы, предположения, гипотезы.

Третий этап продолжается и ныне. Но уже обнаруживается нечто новое, ведущее к дальнейшему изменению идейных установок теории и вступлению теории в четвертый этап развития. Становится очевидным, что главное не в том, что изобретение - это развитие технической системы. Задача - только одна из форм, в которой потребности развития технической системы обнаруживаются человеком. С помощью теории можно развивать технические системы планомерно, не дожидаясь, пока возникнут задачи.

Задачи

Мы еще не рассматривали механизмы АРИЗ, и пока в нашем распоряжении только обычный метод проб и ошибок. Попробуйте решить несколько задач перебором вариантов. В дальнейшем мы вернемся к этим задачам и посмотрим, что можно сделать, используя АРИЗ и теорию решения изобретательских задач. Для решения этих задач не нужны специальные знания.

Задача 5

Отрывок из детективного романа:

« - Я не убивал его, шериф, вы должны мне поверить, вы обязаны мне поверить!

- Я обязан верить только фактам, - возразил шериф. - Факты против тебя, парень. На той неделе ты угрожал Болтону, есть свидетели. Болтом убит выстрелом из кольта. Точно такого кольта, как у тебя. Пули мы не нашли, это так, но наш эксперт утверждает, что калибры совпадают. К тому же у тебя нет алиби.

- Вы должны мне поверить! - с отчаянием произнес Ник. - Я не стрелял, клянусь вам. Вы же видите, мой пистолет совершенно чист...

Шериф улыбнулся.

- Убийство произошло двое суток назад, - сказал он. - У тебя было время, чтобы почистить оружие...»

Представьте себе, что вас пригласили в качестве эксперта. Нужно решить задачу с изобретательских позиций.

Задача 6

На заводе, выпускающем сельскохозяйственные машины, имеется небольшой полигон для испытания машин (например, плугов) на трогание с места, повороты и т. д. Однако «поворотливость» машин зависит от грунта. Появилась необходимость вести испытания на двухстах видах грунта. Строить двести полигонов нет возможности. Как быть?

Задача 7

Нужно с самолета измерить глубину реки через каждые 300-500 м на протяжении 100 км. Никакого специального оборудования на самолете нет, посадка людей исключена, измерение стадо провести предельно дешево. Точность измерения $\pm 0,5$ м. Скорость течения неизвестна. Как быть?

Задача 8

Металлический цилиндр обрабатывается изнутри абразивным кругом. В процессе работы круг истирается. Как измерять диаметр круга, не прерывая шлифовки и не выводя круг из «недр» цилиндра?

ПРИНЦИПЫ ВЕПОЛЬНОГО АНАЛИЗА

ВЕПОЛЬ - МИНИМАЛЬНАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Рассмотрим несколько изобретательских задач.

Задача 9

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

Задача 10

Как определять степень затвердевания полимерного состава при изготовлении изделий из полимеров? Непосредственно измерить («пощупать») невозможно.

Задача 11

Как контролировать интенсивность движения частиц сыпучего материала при псевдооживлении?

Задача 12

Нужно предложить легко извлекаемый клин.

Задачи относятся к разным отраслям техники и описывают разные ситуации, в каждой из которых свои трудности. В задаче 9 требуется быстро и точно отыскать маленькие капельки жидкости: «быстро» конфликтует с «точно». В задаче 10 надо ввести датчик в середину затвердевающей массы - и нельзя этого делать, поскольку датчик не должен там оставаться. В задаче 11 датчик можно поместить в сыпучий материал, но какой именно датчик? При одном и том же давлении сыпучие материалы могут двигаться с разной интенсивностью. Задача 12 заставляет сразу подумать о различных механизмах, встроенных в клин. Отчетливо видно техническое противоречие: выигрыш в силе, необходимой для извлечения клина, оплачивается усложнением устройства механизированного клина.

Что общего в этих задачах?

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

Сравним теперь изобретения, являющиеся решениями этих задач.

О т в е т к з а д а ч е 9: «Способ обнаружения неплотностей в холодильных агрегатах, заполняемых фреоном и маслом (преимущественно домашних холодильников), отличающийся тем, что с целью повышения точности определения мест утечки в агрегат вместе с маслом вводят люминофор, освещают агрегат в затемненном помещении ультрафиолетовыми лучами и определяют места утечки по свечению люминофора в просачивающемся через неплотности масле» (а. с. № 277 805).

О т в е т к з а д а ч е 10: «Способ определения степени затвердевания (размягчения) полимерных составов, отличающийся тем, что с целью неразрушаемого контроля в состав вводят магнитный порошок и измеряют изменение магнитной проницаемости состава в процессе его затвердевания» (а. с. № 239 633).

О т в е т к з а д а ч е 11: «Акустический способ индикации псевдооживления сыпучих материалов, отличающийся тем, что с целью непосредственного контроля начала и интенсивности движения частиц в среду сыпучего материала вводят металлический стержень - звукопровод, являющийся датчиком звуковых колебаний, которые преобразуются в электромагнитные» (а. с. № 318 404).

О т в е т к з а д а ч е 12: «Устройство для заклинивания, содержащее клин и клиновую прокладку, отличающееся тем, что с целью облегчения извлечения клина клиновое устройство выполнено из двух частей, одна из которых легкоплавкая» (а. с. № 428119).

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

В условиях задачи 9 дано вещество (капелька жидкости). В решении введено второе вещество (люминофор) и поле (ультрафиолетовое излучение). Аналогичная ситуация и в задаче 10: дано вещество (полимер), введено второе вещество (ферромагнитный порошок) и поле (магнитное). Та же картина в двух других задачах: добавлено второе вещество (стержень, прокладка) и поле (акустическое, тепловое).

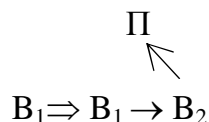
Получается, что каждый раз, когда дано одно вещество, приходится добавлять второе вещество и поле. Зачем?

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

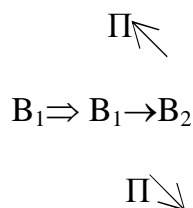
В самом деле, очевидно, что нет поля, которое умело бы обнаруживать маленькие капельки фреона или масла. Но есть ультрафиолетовое излучение, которое легко обнаруживает даже ничтожные количества люминофоров, и вот мы вводим эту пару - поле и второе вещество, связывающее поле с первым (исходным) веществом.

Обозначим поле буквой П, первое вещество V_1 , второе вещество - V_2 . Связи будем обозначать

стрелками. Тогда для задачи 9 можно написать схему решения (двойная стрелка направлена от «дано» к «получено»):



У задачи 10 такая же схема решения, но вещество В_2 само создает поле, зависящее от состояния В_2 , которое, в свою очередь, зависит от состояния В_1 . Соответственно схемы решения задач 11 и 12 запишем так:



В решениях взятых нами $\text{В}_1 \Rightarrow \text{В}_1 \leftarrow \text{В}_2$ задач присутствуют три «действующих лица»: вещество В_1 , которое надо менять, обрабатывать, перемешать, обнаруживать, контролировать и т. д.; вещество В_2 - «инструмент», осуществляющий необходимое действие; поле П , которое дает энергию, силу, т. е. обеспечивает воздействие В_2 на В_1 (или их взаимодействие). Нетрудно заметить, что эти три «действующих лица» необходимы и достаточны для получения требуемого в задаче результата. Само по себе поле или сами по себе вещества никакого действия не производят. Чтобы сделать что-то с веществом В_1 , нужны инструмент (вещество В_2) и энергия (поле П).

Можно сказать иначе. В любой изобретательской задаче есть объект: в задаче 9 - капельки жидкости, в задаче 10 - полимер и т. д. Этот объект не может осуществлять требуемого действия сам по себе, он должен взаимодействовать с внешней средой (или с другим объектом). При этом любое изменение сопровождается выделением, поглощением или преобразованием энергии.

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

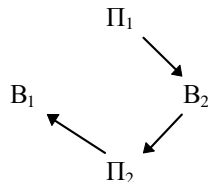
Вводя понятие о веполе, мы используем три термина: вещество, поле, взаимодействие (воздействие, действие, связь). Под термином «вещество» понимаются любые объекты независимо от степени их сложности. Лед и ледокол, винт и гайка, трос и груз - все это «вещества». Взаимодействие - всеобщая форма связи тел или явлений, осуществляющаяся в их взаимном изменении. Четкую характеристику взаимодействия дал Ф. Энгельс: «Взаимодействие - вот первое, что выступает перед нами, когда мы рассматриваем движущуюся материю в целом с точки зрения теперешнего естествознания. Мы наблюдаем ряд форм движения: механическое движение, теплоту, свет, электричество, магнетизм, химическое соединение и разложение, переходы агрегатных состояний, органическую жизнь, которые все - если исключить пока органическую жизнь - переходят друг в друга, обуславливают взаимно друг друга, являясь здесь причиной, там действием...» (К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч., т. 20, с. 544).

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

В решении задачи 12 тепловое поле действует на В_2 , меняя механическое взаимодействие между В_2 и В_1 :

$$\begin{array}{ccc}
 & \Pi \rightrightarrows & \\
 & \longleftarrow & \\
 V_1 & & V_2
 \end{array}$$

Может возникнуть вопрос: почему тепловое поле показано в формуле веполь, а механического поля взаимодействия между V_2 и V_1 в формуле нет? Разумеется, можно было бы записать и так:



где Π_1 - тепловое поле, а Π_2 - механическое поле.

В вепольных формулах обычно записывают только поля на входе и на выходе, т. е. поля, которыми по условиям данной задачи можно непосредственно управлять - вводить, обнаруживать, изменять, измерять. Взаимодействие между веществами указывают без детализации вида взаимодействия (тепловое, механическое и т. д.).

Принятые обозначения:

Δ - веполь (в общем виде);

————— - действие или взаимодействие (в общем виде, без конкретизации);

\rightarrow - действие;

\longleftrightarrow - взаимодействие;

..... - действие (или взаимодействие), которое надо ввести по условиям задачи;

\sim - неудовлетворительное действие (или взаимодействие), которое по условиям задачи должно быть изменено;

$\Pi \rightarrow$ - поле на входе: «поле действует»;

$\rightarrow \Pi$ - поле на выходе: «поле хорошо поддается действию (изменению, обнаружению, измерению)»;

Π' - состояние поля на входе;

Π'' - состояние того же поля на выходе (меняются параметры, но не природа поля);

V' - состояние вещества на входе;

V'' - состояние вещества на выходе;

$V' - V''$ - «переменное» вещество, находящееся то в состоянии V' , то в состоянии V'' (например, под действием переменного поля);

$\tilde{\Pi}$ - переменное поле.

В вепольных формулах вещества надо записывать в строчку, а поля сверху и снизу; это позволяет нагляднее отразить действие нескольких полей на одно и то же вещество.

ПОСТРОЕНИЕ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВЕПОЛЕЙ

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

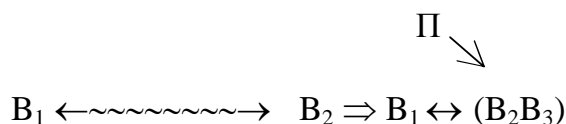
Кстати, об аналогии с геометрией. Треугольник - минимальная геометрическая фигура. Любую более сложную фигуру (квадрат, ромб, четырехугольник и т. д.) можно свести к сумме треугольников. Именно поэтому изучение свойств треугольника выделено в особую науку-тригонометрию. Веполь - система из трех элементов V_1 , V_2 и Π - играет в технике такую же фундаментальную роль, какую треугольник играет в геометрии. Зная несколько основных правил и имея таблицы тригонометрических функций, можно легко решать задачи, которые без этого потребовали бы кропотливых измерений и вычислений. Точно так же, зная правила построения и преобразования веполь, можно легко решать многие трудные изобретательские задачи.

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

Выше была приведена задача 3 о разделении щепы древесины и коры. В ней даны два вещества, и, следовательно, для достройки веполя необходимо ввести поле. Огромное поисковое пространство резко сужается; нужно рассмотреть всего несколько вариантов. В сущности, если отбросить поля сильных и слабых взаимодействий (в данной задаче они явно ведут к слишком сложным решениям), остаются два «законных» поля: электромагнитное и гравитационное. Учитывая ничтожную разницу в удельном весе щепок, следует сразу отбросить и гравитационное поле. Остается одно поле - электромагнитное. Поскольку магнитное поле не действует на кору и древесину, можно сразу ставить решающий эксперимент: как ведут себя щепки в электрическом поле? Оказывается, в электрическом поле частицы коры заряжаются отрицательно, а частицы древесины - положительно. Это позволяет построить сепаратор, обеспечивающий надежное разделение щепок.

Ну, а если бы щепки не электризовались? И в этом случае правило о постройке веполя сохраняет силу. Задача состоит в том, чтобы удалить один вид щепок. Следовательно, мы имеем право считать, что дано одно вещество, которое надо перемещать. Достроим веполь: добавим к этому веществу пару «вещество и поле». Например, до раздробления ствола и ветвей нанесем на кору ферромагнитные частицы, а затем - после дробления - используем для сепарации магнитное поле. Тут уже не требуются эксперименты: магнитное поле заведомо способно перемещать «омагниченную» кору.

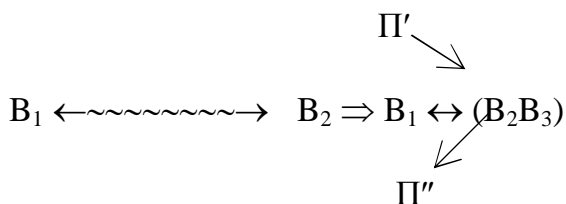
Это решение можно изобразить так:



Дана смесь двух веществ, эти вещества сами не хотят разделяться. Решение состоит в достройке веполя, причем вместо V_2 надо взять комплекс $(V_2 V_3)$.

Возможность строить «комплексные» веполи намного расширяет область применения правила о достройке веполя.

Решение задачи 9 тоже можно рассматривать как построение комплексного веполя (в жидкость добавлен люминофор):



Здесь V_1 - холодильный агрегат; V_2 - холодильная жидкость; V_3 - люминофор; Π' - поле на входе (невидимое ультрафиолетовое излучение); Π'' - поле на выходе (видимое излучение люминофора).

Правило достройки веполя непосредственно вытекает из самого определения понятия «веполь»: минимально полная техническая система заведомо эффективнее неполной системы, поэтому данные в задачах невыеполные и неполные вепольные системы надо достраивать до полных веполей. Существуют и другие правила, относящиеся к построению и преобразованию вепольных систем. Использование этих правил лежит в основе вепольного анализа, составляющего один из важнейших разделов теории решения изобретательских задач. Приведем задачу.

Задача 13

Для очистки горячих газов от немагнитной пыли применяют фильтры, представляющие собой пакет, образованный многими слоями металлической ткани. Эти фильтры удовлетворительно задерживают

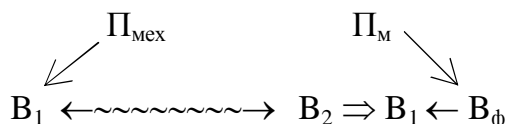
пыль, но именно поэтому их потом трудно очищать. Приходится часто отключать фильтр и подолгу продувать его в обратном направлении, чтобы выбить пыль. Как быть?

Задача была решена так: в качестве фильтра стали использовать ферромагнитный порошок, помещенный между полюсами магнита и образующий пористую структуру. Отключая и включая магнитное поле, можно эффективно управлять фильтром. Поры фильтра могут быть маленькими (когда ловят пыль) и большими (когда идет очистка фильтра).

В условиях этой задачи уже описана вепольная система: есть V_1 (пыль), есть V_2 (пакет ткани), есть Π (механическое поле сил, создаваемых потоком воздуха). Решение состоит в том, что:

- V_2 раздробили в ферромагнитный порошок V_ϕ ;
- действие поля Π направили не на V_1 (изделие), а на V_ϕ (инструмент);
- само поле стало не механическим ($\Pi_{\text{мех.}}$) а магнитным ($\Pi_{\text{м.}}$).

Это можно записать так:



Сильное решение получено благодаря тому, что реализовано *правило развития вепольей*: с увеличением степени дисперсности V_2 (инструмента) эффективность веполя повышается; действие поля на V_2 (инструмент) эффективнее действия на V_1 (изделие); электрические (электромагнитные, магнитные) поля в веполях эффективнее неэлектрических (механических, тепловых и т. д.). Действительно, едва ли надо доказывать, что чем меньше частицы V_2 , тем более гибким может быть управление инструментом. Очевидно также, что выгоднее менять инструмент (это зависит от нас), а не изделие (зачастую являющееся природным объектом). Порознь целесообразность этих преобразований очевидна, но сила правила заключается в использовании системы преобразований.

Задача 13 на протяжении ряда лет применялась в качестве учебной на занятиях в общественных школах изобретательского творчества. Решая ее в начале учебы, слушатели ни разу не давали верного ответа. После изучения вепольного анализа задача без затруднений решалась практически всеми - научными работниками, инженерами, студентами, школьниками.

Вернемся теперь к задаче 6, которая также широко использовалась при обучении ТРИЗ. Вот запись, сделанная опытным конструктором в первый день занятий:

«1-й путь - построить необходимое количество площадок. Кажущаяся простота и получаемая исчерпываемость результатов, Однако на самом деле - дороговизна осуществления (строительство), сложность эксплуатации. Таким образом, этот путь нецелесообразен.

2-й путь - имитация только экстремальных условий: наиболее благоприятных для эксплуатации тракторов и наименее благоприятных, т. е. создание на уже имеющейся площадке двух участков с соответствующими качествами грунтов.

Принимаю 2-й путь и как вариант - площадку с тремя участками: наилучшие условия, наихудшие и средние».

Ход решения и полученный ответ весьма характерны для обычного конструкторского мышления. Сначала рассмотрен прямой путь - построим необходимое количество площадок. Здесь очевидное техническое противоречие: выигрыш в качестве испытаний и проигрыш в сложности и дороговизне строительства. Конструктор ищет компромисс, нет стремления преодолеть противоречие. Выдвигается 2-й вариант: ограничимся двумя-тремя площадками. Но и здесь имеется техническое противоречие: проигрыш в качестве испытаний (2 площадки вместо 200!) и выигрыш в простоте и дешевизне. И снова нет попытки преодолеть противоречие. Второй вариант представляется более приемлемым (дешевизна!) - и выбор сделан...

Ни один из решавших эту задачу конструкторов (в их числе были и весьма опытные изобретатели, имевшие по 30-50 авторских свидетельств) не смог дать удовлетворительного решения. После освоения ТРИЗ слушатели общественных школ (включая студентов и школьников) без затруднений решали эту задачу.

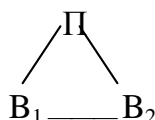
Типичная запись решения: «Много общего с задачей о магнитном фильтре. V_1 - почва. Введем V_2 в виде ферромагнитного порошка. Используем для достройки веполя магнитное поле $\Pi_{\text{м.}}$. Действуя полем, можно менять характеристики смеси V_2 и V_1 .

Интересно сопоставить записи вепольных преобразований с записями химических реакций. Записывая химическую формулу вещества, мы отбрасываем множество свойств, присущих этому веществу. Химические формулы ничего не говорят, например, о магнитных и оптических свойствах вещества, его плотности и т. д. Отражены лишь свойства, принципиально важные для химии: состав и структура молекул. Точно так же, записывая вепольную формулу технической системы, мы отбрасываем все свойства

этой системы, кроме тех, которые принципиально важны для ее развития: вепольная формула отражает вещественно-полевой состав и структуру системы.

Появление языка химических формул стало возможным только тогда, когда в химию прочно вошли такие фундаментальные понятия, как атом, молекула, молекулярный вес, и столь же фундаментальные законы взаимодействия и преобразования веществ. Так, уравнивая коэффициенты в записи химической реакции, мы пользуемся законом сохранения вещества, хотя не каждый раз об этом вспоминаем. В отличие от математических формул химические не позволяют открывать новые явления исходя только из самих формул и некоторых начальных постулатов. Химическая символика отражает лишь те знания, которые уже есть. В этом смысле вепольный анализ скорее похож на химический язык, чем на математический.

В некоторых изобретательских задачах требуется устранить вредное взаимодействие двух объектов. В таких случаях надо использовать *правило разрушения веполей*. Запишем формулу веполя в общем виде:



Разломать этот «треугольник» можно различными путями: удалить один из элементов, «оборвать» связи, заменить поле третьим веществом и т. д. Анализ большого числа задач на разрушение веполя показал, что самым эффективным решением оказывается введение третьего вещества, являющегося видоизменением одного из двух имеющихся.

Задача 14

В светокопировальной машине по стеклу протягивается калька с чертежом. К кальке прилегает светочувствительная бумага. Стекло (сложной формы) сломалось. Изготовление нового стекла требует значительного времени. Поэтому решили поставить оргстекло. Однако оказалось, что калька при движении электризуется и прилипает к стеклу. Как быть?

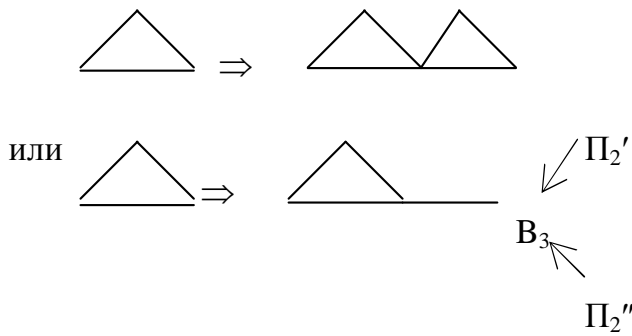
Инженеры, не знающие правила о разрушении веполя, обычно начинают перебирать варианты, связанные с удалением электрических зарядов. Но отводить заряды, не загорая свет и не усложняя аппаратуру, очень трудно. С позиций вепольного анализа задача решается иначе. Между калькой и стеклом нужно ввести третье вещество, являющееся видоизмененной калькой или видоизмененным стеклом. Проще взять кальку - она дешевле. Поскольку эта калька должна находиться между стеклом и калькой с чертежом, нужно, чтобы вводимая калька была прозрачной и не задерживала свет. Значит, надо взять чистую кальку. Задача решена. Если протянуть чистую кальку по стеклу, она прилипнет. Калька с чертежом теперь пойдет не по стеклу, а по этой прилипшей кальке.

На этом примере хорошо видно, почему в правиле говорится, что вводимое третье вещество должно быть видоизменением одного из двух имеющихся. Если просто ввести какое-то третье вещество, могут возникнуть осложнения: «чужое» вещество будет плохо чувствовать себя в «посторонней» ему технической системе. Нужно, чтобы третье вещество было и чтобы его не было; тогда оно не сломается, не удорожит систему, не нарушит ее работу - словом, не принесет никаких осложнений. Правило разрушения веполя, указывая на необходимость использования одного из имеющихся веществ (видоизменив его), подсказывает, как преодолеть противоречие «третье вещество есть и третьего вещества нет».

Правило достройки веполя тоже включает указания на преодоление противоречия. Поле должно действовать на вещество V_1 , и поле не должно (не умеет) действовать на это вещество. Вводя вещество V_2 и действуя через него на V_1 , мы тем самым преодолеваем противоречие.

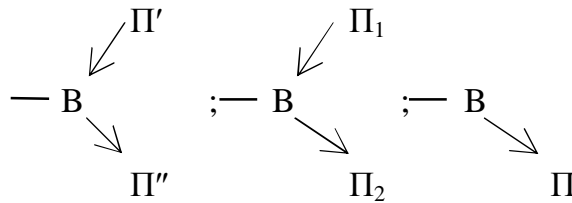
Таким образом, вепольный анализ, как и анализ по АРИЗ, построен на решении задач выявлением и устранением противоречий.

Часто приходится решать задачи, в которых противоречие возникает из-за того, что нужно сохранить имеющийся веполь и в то же время ввести новое взаимодействие. Такова, например, задача 8. По ее условиям уже дан веполь, причем «хороший», нужный: механическое поле $\Pi_{\text{мех}}$ через V_2 (круг) действует на V_1 (цилиндр). Невыгодно перестраивать этот веполь или ломать его, поскольку условия задачи не содержат никаких претензий к самому процессу шлифовки. Такие задачи решаются по *правилу построения цепных веполей*:



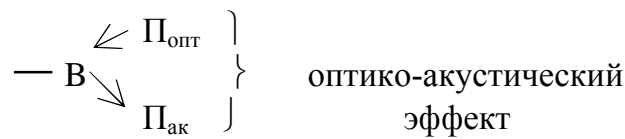
Как видно из формул, суть решения состоит в том, что V_2 (инструмент) разворачивается в веполь, присоединенный к имеющемуся веполу. Иногда V_3 в свою очередь разворачивается в веполь, продолжающий цепь.

В задачах на измерение и обнаружение веполь должен иметь на выходе поле, которое легко измерить и обнаружить. Поэтому при решении этих задач конечное звено цепи $V_1 - V_2 \dots$ обычно имеет такой вид:



Например, в задаче 9 люминофор преобразует параметры оптического поля (невидимое ультрафиолетовое излучение превращается в излучение видимое): $\Pi' \Rightarrow \Pi''$. Не менее часто встречается преобразование одного поля в другое: $\Pi_1 \Rightarrow \Pi_2$. Реже используется излучение, генерируемое самим веществом, входящим в веполь.

Если вещество должно превращать одно поле в другое (или менять параметры поля), можно сразу определить необходимый физический эффект, используя простое правило: *название эффекта образуется соединением названий двух полей*. Например:

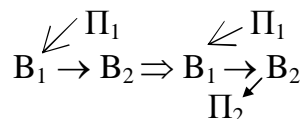


Задача 15

Из-за сдвига горных пород буровую колонну иногда намертво «прихватывает» в скважине. Чтобы ликвидировать прихват, внутрь буровой колонны на глубину прихвата опускают вибратор. Но как узнать, на какой глубине возник прихват?

Зона прихвата невелика - несколько десятков метров, а длина колонны - километры. Задача не решается непосредственным зондированием; не годится и предложение измерять деформацию трубы при определенном усилии (буровую колонну нельзя рассматривать как жесткий стержень, к тому же колонна испытывает неучитываемое трение о стенки скважины).

Вепольная схема решения задачи несложна:



где Π_1 - механическое поле на входе; Π_2 - поле на выходе; V_1 - грунт; V_2 - труба.

Обычно при решении таких задач целесообразно иметь на выходе легко поддающееся обнаружению и измерению электромагнитное поле. Веществом-преобразователем целесообразно взять стальную трубу, а не грунт, поскольку мы не знаем, какой именно грунт окажется в месте прихвата. свойства же стали нам известны. Сталь - ферромагнетик; логично прежде всего использовать именно магнитные свойства стали: эти свойства уже есть, их не надо придавать извне. Таким образом, определилось название нужного физического эффекта: механомагнитный (в физике он называется магнитоупругим эффектом); магнитное поле ферромагнетика меняется в зависимости от напряжения, испытываемого ферромагнетиком.

Внутри опускают прибор, ставящий через каждый метр магнитные метки. Затем лебедкой дергают трубу вверх. От ударной нагрузки все глотки выше места прихвата размагничиваются. Метки, расположенные ниже места прихвата, остаются без изменений. Это легко обнаруживается магнитометром.

Задачи

Попробуйте решить несколько учебных задач. Это несложные задачи, для их решения достаточно знать изложенные выше простейшие правила вепольного анализа.

Решить учебную задачу означает: указать правило, на основе которого решается данная задача; дать конкретный ответ, основанный на этом правиле. Распространенная ошибка состоит в том, что пытаются угадать ответ, используя привычный метод проб и ошибок. Это все равно, что подойти к спортивному снаряду... и обойти его, став на то место, куда надо прыгнуть со снаряда. Нетрудно обойти, скажем, турник, но и пользы от этого не будет. Весь смысл решения учебных задач в том, чтобы выработать навыки анализа, приобрести опыт, который потом пригодится при решении более трудных задач.

Задача 16

В формуле изобретения по а. с. № 527 280 сказано: «Манипулятор для сварочных работ, содержащий поворотный стол и узел поворота стола, 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 взвесь, а емкость с жидкостью помещена в электромагнитную обмотку.» В чем суть этого изобретения с позиций вепольного анализа?

Задача 17

По трубопроводу, имеющему сложную форму (повороты), транспортируют пневмопотоком мелкие стальные шарики. В местах «поворота трубопровод сильно изнашивается изнутри из-за ударов транспортируемых шариков о стенки трубы. Пытались вводить защитные прокладки, но они быстро изнашивались.

Какое правило вепольного анализа следует применить при решении этой задачи? Каков ответ, основанный на этом правиле? Как быть, если по трубопроводу транспортируются не стальные, а, например, медные шарики?

Задача 18

Притирку одной поверхности к другой проверяют, нанося на одну поверхность тонкий слой краски и проверяя равномерность отпечатка на другой поверхности. Для поверхностей высших классов частоты необходимо применять очень тонкий слой краски (десятые доли микрона). Такой слой дает отпечатки, которые трудно различать. Ваше предложение? На каком правиле оно основано?

Задача 19

В а. с. № 253 753 описано следующее изобретение: «Электромагнитное перемешивающее устройство, включающее цилиндрический сосуд, статор, создающий электромагнитное поле, и ротор, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что с целью интенсификации перемешивания ротор выполнен в виде эластичного перфорированного кольца, свободно размещенного в сосуде.» Итак, вместо жесткой лопастной мешалки использована эластичная «дырчатая» лента, приводимая во вращение электромагнитным полем. Спрогнозируйте следующее изобретение, развивающее то, что описано в а. с. 253 753. На каком правиле вепольного анализа основан ваш прогноз?

Задача 20

При изготовлении шлифовального инструмента мало уложить маленькие алмазные зерна, имеющие форму пирамидок, не как попало, а в определенном положении - острым углом вверх. Как это сделать?

Задача 21

На скоростных судах подводные крылья быстро разрушаются из-за кавитационного воздействия потока воды.

Каково ваше решение? На каком правиле вепольного анализа оно основано?

Задача 22

После изготовления некоторых железобетонных изделий с предварительно напряженной (растянутой) арматурой (стальными стержнями) возникает необходимость измерять напряжение (или фактическую величину удлинения) арматуры в готовом изделии. Трудность заключается в том, что арматура находится внутри готового и установленного изделия. Делать дырки или выводить концы арматуры наружу нельзя. Применить просвечивание с помощью ультразвука или рентгеновских лучей слишком сложно. Как быть?

ТАКТИКА ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВА: УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

СИТУАЦИЯ - ЗАДАЧА - МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ

Процесс изобретательского творчества начинается с выявления и анализа изобретательской ситуации. *Изобретательская ситуация - это любая технологическая ситуация, в которой отчетливо выделена какая-то неудовлетворяющая нас особенность.* Слово «технологическая» использовано здесь в самом широком смысле: техническая, производственная, исследовательская, бытовая, военная и т. д.

Рассмотрим, например, такую ситуацию. Для изготовления предварительно напряженного железобетона нужно растянуть арматуру (стальные стержни). В растянутом состоянии арматуру закрепляют в форме и подают бетон. После затвердевания бетона концы арматуры освобождают, арматура укорачивается и сжимает бетон, повышая его прочность. Для растяжения арматуры использовали гидравлические домкраты, но они оказались слишком сложными и ненадежными. Был предложен электротермический способ растяжения: арматуру нагревают, пропуская ток, она удлиняется, и в таком состоянии ее закрепляют. Если в качестве арматуры используют стержни из обычной стали, все в порядке - стержни достаточно нагреть до 400°, чтобы получить требуемое удлинение. Но выгодно использовать не стержни, а проволоку, выдерживающую большие усилия. Для удлинения проволоки на расчетную величину необходима температура 700°, но проволока теряет свои высокие механические качества при нагревании (хотя бы и кратковременном) выше 400°. Расходовать на изготовление железобетона дорогостоящую жаропрочную проволоку недопустимо.

Такова ситуация. С изготовлением железобетона связано множество различных проблем. В ситуации выделена только одна - растяжение проволочной арматуры. Подразумевается, что для решения этой проблемы надо что-то предпринять. Однако в ситуации нет указаний, что при этом допустимо менять в исходной технической системе. Можно ли, например, вернуться к использованию гидродомкратов, попытавшись как-то их улучшить? Может быть, следует усовершенствовать технологию изготовления жаропрочной проволоки, чтобы снизить ее стоимость? А может быть, вообще поискать принципиально новый способ растяжения арматуры?

Ситуация не содержит ответов на подобные вопросы. Поэтому *одна и та же ситуация порождает разные изобретательские задачи.*

Для изобретателя особенно важно умение переводить ситуацию в задачи *минимальные и максимальные.*

Минимальная задача может быть получена из ситуации по формуле: *то, что есть, минус недостаток*, или то, что есть, плюс требуемое достоинство (новое качество). Таким образом, минимальная задача получается из ситуации введением предельных ограничений на изменение исходной технической системы. Максимальная задача, наоборот, получается предельным снятием ограничений: исходную систему разрешается заменить принципиально иной системой. Когда мы ставим задачу улучшить парусное оснащение судна - это минимальная задача. Если же задача ставится так: «Вместо парусника нужно найти принципиально другое транспортное средство, имеющее такие-то показатели», - это задача максимальная.

Не следует считать, что переход к минимальной задаче обязательно ведет к решениям задач низших уровней. Минимальная задача может быть решена и на четвертом уровне. С другой стороны, переход к максимальной задаче не обязательно означает установку на получение решения задачи пятого уровня. Отказавшись от усовершенствования электротермического способа растяжения арматуры и взявшись за усовершенствование гидродомкратов, вполне можно выйти на изобретения первого, второго уровней.

В какую именно задачу, минимальную или максимальную, переводить данную ситуацию, - это проблема стратегии изобретательства, и мы еще к этому вернемся. Во всяком случае, очевидно, что при всех обстоятельствах целесообразно начинать с минимальной задачи: ее решение, обеспечивая положительный результат, в то же время не требует сколько-нибудь существенного изменения самой системы и поэтому гарантирует легкость внедрения и экономический эффект. Решение и внедрение максимальной задачи может потребовать всей жизни, а иногда такая задача оказывается вообще нерешимой при данном уровне научных знаний. Поэтому, даже отдавая предпочтение максимальной задаче, целесообразно сначала рассмотреть задачу минимальную.

Как и всякая задача, изобретательская задача должна содержать указания на то, что дано, и на то, что *требуется получить*. Типичная изобретательская задача выглядит так:

Задача 23

При изготовлении предварительно напряженного железобетона проволочную арматуру растягивают электротермическим способом. Но при нагревании на расчетную величину (700°) арматура теряет своя

механические качества. Как устранить этот недостаток?

К «дано» здесь относится описание исходной технической системы. К «требуется» - указания на необходимость все сохранить (задача минимальная!), устранив только имеющийся недостаток.

«Дано» и «требуется» могут быть изложены в произвольной форме. «Дано» может содержать избыточные сведения и не содержать сведений, совершенно необходимых. «Требуется» обычно бывает сформулировано в виде административного или технического противоречия, но нечеткого, неполного, иногда вообще неверного. Поэтому решение должно начинаться с построения *модели задачи*, предельно упрощенно, но вместе с тем точно отражающей суть задачи: техническое противоречие и элементы (части исходной технической системы), конфликт между которыми создает техническое противоречие.

Модель задачи 23

Даны тепловое поле и металлическая проволока. Если нагревать проволоку до 700° , она получит необходимое удлинение, но утратит прочность.

Прежде всего при переходе от задачи к модели устранена специальная терминология («электротермический способ», «арматура»). Убраны все лишние элементы системы. Нет, например, упоминания об изготовлении железобетона: суть задачи в том, как растянуть проволоку, а для чего именно растягивать - безразлично. Ничего не изменится, если растянутая проволока будет использована, скажем, для армирования стеклянных балок. Убрано упоминание о том, что проволоку нагревают электрическим током. Задача сохранится в том случае, если мы просто поместим проволоку в печь или будем нагревать ее инфракрасным излучением. Оставлены только те элементы, которые необходимы и достаточны, чтобы сформулировать техническое противоречие.

Каждое техническое противоречие может быть изложено двояко: «Если улучшить А, то ухудшится Б» и «Если улучшить Б, ухудшится А». При построении модели задачи следует брать ту формулировку, в которой речь идет об улучшении (сохранении, усилении и т. д.) основного производственного действия (свойства). Из двух формулировок «Если нагревать проволоку до 700° , она получит необходимое удлинение, но потеряет прочность» и «Если не нагревать проволоку до 700° , она сохранит прочность, но не получит необходимого удлинения» следует взять первую: она обеспечивает основное действие (удлинение проволоки) - то, во имя чего и существует взятая система «тепловое поле - проволока».

При переходе от ситуации к задаче и далее к модели задачи резко уменьшается свобода выбора (т. е. свобода перебора пустых проб) и нарастает «дикость» в постановке задачи.

Пока мы имели дело с ситуацией, было множество возможностей: а если пойти по пути усовершенствования гидродомкратов? А если построить пневматический домкрат? А если сделать гравитационный домкрат, в котором проволока будет растягиваться тяжелым грузом? А если допустить потерю прочности при нагревании, но потом как-то восстановить эту прочность?... Переход к задаче отсекает множество подобных возможностей. Должен быть сохранен электротермический способ, имеющий множество преимуществ; нужно лишь убрать единственный недостаток.

Следующий шаг еще более сужает выбор: мы заведомо будем использовать температуру в 700° , все компромиссы исключены, будет такая температура! Но вопреки природным свойствам взятого вещества эта высокая температура не испортит проволоки... Задача не только резко сузилась, она стала «дикой», «очевидно нелепой», «противоестественной». Однако это всего лишь означает, что мы отбросили огромное число тривиальных вариантов и вышли в парадоксальную область сильных решений.

При построении модели задачи используются термины вепольного анализа: «вещество», «поле», «действие» (с конкретизацией - какое именно). Это позволяет сразу, еще до решения, представить себе ответ в вепольной форме. В самом деле, даны тепловое поле и вещество, т. е. в модели задачи - неполный веполь. Ясно, что в ответе будет: «Необходимо ввести второе вещество».

Существуют правила, позволяющие точно строить модель задачи. Так, в пару конфликтующих элементов обязательно должно входить *изделие*. Вторым элементом чаще всего бывает *инструмент*, но в некоторых задачах оба элемента - изделия (например, в задаче 3 - щепа древесины и куски коры). Если не включать изделие в конфликтующую пару, модель задачи разрушается, мы возвращаемся к исходной ситуации. Уберите из модели задачи 21 изделие (проволоку), и снова зазвучат знакомые мотивы исходной ситуации: «А если чем-нибудь заменить арматуру железобетона? А нельзя ли вообще обойтись без ее растяжения?»

В некоторых задачах речь идет об однотипных парах изделий и инструментов. В таких случаях для построения модели достаточно взять одну пару.

Модель задачи включает только конфликтующие элементы, а не всю техническую систему. Поэтому модель порой кажется странной. Например, если в задаче дана техническая система, состоящая из сосуда, металлической пластинки и жидкости, действующей на пластинку, то в модели остаются лишь два элемента - пластинка (изделие) и жидкость (изделие). В пространстве висит «кусочек» жидкости, а в нем - пластинка... Реально этого «не может быть». Но модель и не должна быть отражением всей реальной технической системы, она лишь схема «большого места» системы.

Классифицировать задачи (не говоря уже о ситуациях) чрезвычайно трудно: суть задач скрыта за

произвольным «словесным оформлением». Модели задач поддаются простой и четкой классификации. В основу этой классификации положена *вепольная структура, исходной технической системы*. Такой подход позволяет сразу разделить задачи на три типа: дан один элемент, даны два элемента, даны три (или более) элемента. Каждый тип делится на классы - в зависимости от того, какие именно элементы даны (вещества, поля), как они между собой связаны и можно ли их менять.

В приложении 2 приведена таблица основных классов моделей задач. Возьмем, например, задачу 23. В ее условии даны два элемента (тепловое поле и вещество), следовательно, задача относится ко второму типу. Поле и вещество связаны в задаче 23 двумя сопряженными действиями. Если проволоку нагревать, она удлиняется. Одно действие полезно, другое вредно. Это задача класса 11.

Мы еще не раз обратимся к классификации моделей задач. Пока отметим только одно очень важное обстоятельство. Задачи первого типа (дан один элемент) почти всегда решаются достройкой веполя. Тут можно провести аналогию с химией. Галогены обладают разными свойствами, но есть некоторое общее свойство, довлеющее над всеми другими и обусловленное структурой внешней электронной оболочки атомов этих элементов: галогены стремятся получить недостающий электрон, достроить оболочку, сделать ее полной. Так обстоит дело и с моделями задач первого типа. Главное их свойство - стремление к достройке полного веполя. Задача 9 внешне мало похожа на задачу 6. Даже с вепольных позиций есть некоторая разница: в задаче 9 надо обнаруживать маленькие капельки жидкости, а в задаче 6 - менять свойства почвы (притом большого количества). Но обе задачи относятся к первому типу моделей (дан один элемент) и имеют сходные вепольные решения: для решения обеих задач надо ввести второе вещество и поле, управляющее первым веществом через второе.

Задачи третьего типа без особых затруднений переводятся в задачи первого и второго типа. Если, например, по условиям задачи дан веполь (т. е. три элемента), этот веполь можно рассматривать как один элемент (вещество) и соединять его по обычным правилам с другими веществами и полями.

Поэтому «классические» изобретательские задачи - это задачи второго типа. Для конфликта нужно столкновение двух противоборствующих тенденций, стремлений, свойств, требований. В сущности, такое столкновение есть и в задачах первого типа: второго элемента нет в условиях задачи, но он подразумевается. Скажем, в задаче 20 указан один элемент - крупинка алмаза. Второй элемент, который мог бы быть указан в условиях задачи - инструмент, обычно применяющийся в подобных случаях, например пинцет. Крупинки алмаза в данном случае слишком малы, нет смысла даже пытаться укладывать их пинцетом, поэтому второй элемент вынесен за пределы задачи.

ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ УСТРАНЕНИЯ ПРОТИВОРЕЧИЙ

В АРИЗ используются четыре механизма устранения технических противоречий:

- 1) переход от данной в модели задачи технической системы к идеальной системе путем формулирования *идеального конечного результата* (ИКР);
- 2) переход от ТП к ФП;
- 3) использование вепольных преобразований для устранения ФП;
- 4) применение системы операторов, в сконцентрированном виде отражающей информацию о наиболее эффективных способах преодоления ТП и ФП (списки типовых приемов, таблицы использования типовых приемов, таблицы и указатель применения физических эффектов).

В модели задачи описана техническая система (точнее, ее «большой» фрагмент) и присущее ей противоречие. Заранее неизвестно, как реально устранить это противоречие, но всегда есть возможность сформулировать идеальное решение, воображаемый конечный результат (ИКР). Смысл этой операции заключается в том, чтобы получить ориентир для перехода к сильным решениям. Идеальное решение, по самому определению, наиболее сильное из всех мыслимых и немыслимых решений (для данной модели задачи). Это как бы решение несуществующего шестого уровня. Тактика решения задачи с помощью ИКР состоит в том, чтобы «уцепиться» за этот единственный сверхсильный вариант и по возможности меньше от него отступать.

ИКР формулируют по простой схеме: один из элементов конфликтующей пары сам устраняет вредное (ненужное, лишнее) действие, сохраняя способность осуществлять основное действие. Идеальность решения обеспечивается тем, что нужный эффект достигается «даром», без использования каких бы то ни было средств. Например, для задачи 23 ИКР можно записать так: «Тепловое поле само предотвращает порчу проволоки, обеспечивая тем не менее требуемое тепловое удлинение». Что может быть идеальнее? Ничего не ввели, ничего не усложнили, но вредное действие теплового поля словно по волшебству исчезло, а полезное действие сохранилось... «Дикость», парадоксальность, возникшая уже при переходе к модели задачи, резко усиливается. Тепловое поле должно не только осуществлять несовместимые действия, но и делать это само - без всяких машин, механизмов и прочих устройств.

При обучении теории решения изобретательских задач особое внимание уделяется освоению понятий об *идеальной машине* (машины нет, но требуемое действие выполняется), *идеальном способе* (расхо-

да энергии и времени нет, но требуемое действие выполняется, причем саморегулированно), *идеальном веществе* (вещества нет, но его функция выполняется).

Для обычного инженерного мышления характерна готовность «платить» за требуемое действие - машинами, расходом времени, энергии, вещества. Необходимость «платы» кажется очевидной, инженер озабочен лишь тем, чтобы «плата» не была чрезмерной и «расчет» был произведен «грамотно»: «Нужно бороться с теплопритоком. Что ж, придется рассчитать систему теплозащиты. Используем хорошую теплоизоляцию, например экранно-вакуумную. А если этого будет недостаточно, можно отвести избыток тепла, применив тепловые насосы...» Изобретательское мышление при работе по АРИЗ должно быть четко ориентировано на идеальное решение: «Есть вредный фактор, с которым надо бороться. Идеально, чтобы этот фактор исчез сам по себе. Пусть сам себя устраняет. Впрочем, его можно устранить, сложив с другим вредным фактором. Нет, пожалуй, самое идеальное - пусть вредный фактор начнет приносить пользу...»

Направленность на идеал отнюдь не означает отход от реальности решения. Во многих случаях идеальное решение полностью осуществляется. Скажем, идеальность машины обеспечивается тем, что ее функцию по совместительству начинает выполнять другая машина. Идеальность способа нередко достигается выполнением требуемого действия заранее, благодаря чему в нужный момент на это действие не приходится тратить ни времени, ни энергии.

Четкая нацеленность на идеал нужна не только при формулировке ИКР, но буквально на всех этапах решения задачи, при всех операциях по АРИЗ. Если, например, вепольный анализ подсказывает: надо ввести вещество,- следует не упускать из виду, что наилучшее вещество - это когда вещества нет, а его функция выполняется. Есть много эффективных способов вводить вещество, не вводя его (одно вещество поочередно выступает в двух видах, вещество вводится на время и т. д.).

Переход к ИКР отсекает все решения низших уровней, отсекает без перебора. сразу. Остаются ИКР и те варианты, которые близки к ИКР и потому могут оказаться сильными. Дальнейший отсев вариантов происходит при формулировании физического противоречия. Например: «Тепловое поле должно нагревать проволоку, чтобы она удлинялась, и не должно нагревать проволоку, чтобы она не портилась».

В физическом противоречии «дикость» требований достигает предела. Отпадают все варианты, кроме одного или нескольких, максимально близких к ИКР. Число оставшихся вариантов не превышает числа комбинационных приемов и физических эффектов, пригодных для устранения данного ФП. Обычно это число не выше десяти, причем с увеличением трудности задачи число оставшихся вариантов уменьшается.

Переход от ФП к решению существенно облегчается вепольным анализом. Уже при построении модели задачи вепольный анализ позволяет в общем виде представить пути решения. Например, в модели задачи 23 говорится о поле и веществе: ясно, что придется вводить второе вещество. Сопоставляя это соображение с формулировкой ИКР, можно выявить *вепольное противоречие* (ВП): второе вещество должно быть, чтобы веполь был достроен, и второго вещества не должно быть, чтобы не отступать от ИКР. Такое противоречие (а оно часто встречается при вепольном анализе) можно преодолеть, используя «раздвоение» вещества: в качестве второго вещества берут часть первого или вводят второе вещество, являющееся видоизменением первого.

Возьмем две проволоки, пусть тепловое поле нагревает одну и не нагревает другую, причем удлинение первой проволоки (но не тепло!) будет передано второй проволоке. Таково решение задачи 23. Жаропрочный стержень (он не расходуется) нагревают до высокой температуры. Стержень удлиняется. В таком состоянии его прикрепляют к проволоке. При охлаждении стержень укорачивается и растягивает проволоку, оставшуюся холодной. В качестве тягового стержня можно взять и обычную проволоку, нужно только, чтобы она была вдвое длиннее арматуры, тогда и температура ее (для получения заданного удлинения) может быть вдвое меньше. Важен принцип изобретения - идея электротермического домкрата [11].

Интересно отметить, что ФП устранено с буквальной точностью: тепловое поле нагревает и не нагревает проволоку. Правда, раньше имелась в виду одна и та же проволока, а в решении речь идет о разных проволоках. Такой «терминологический фокус» совершается при решении многих задач. Например, в задаче 3 речь идет о разделении смеси двух одинаковых веществ. А в решении предлагается предварительно наносить метки на одно вещество, поскольку раньше эти вещества были расположены раздельно. Познакомившись с этим решением, часто говорят: «Если бы я знал, что можно раньше пометить вещества...» Задача не содержала запретов на предварительную маркировку - кто же мешал знать это заранее?...

Простоту ответа иногда принимают за простоту процесса решения. Между тем чем проще ответ (если речь идет о задачах высших уровней), тем труднее его получить.

Нередко ни построение модели задачи, ни формулирование ИКР и ФП, ни вепольный анализ не дают готового, достаточно очевидного ответа. Решение задачи должно быть продолжено - необходимо перейти к операторам преобразования технической системы. Об этом говорится ниже. Пока, подытоживая сказанное, отметим, что вслед за переходом от изобретательской ситуации к задаче, затем к модели зада-

чи возникает цепочка решений: *идеальное решение* (сформулирован ИКР), *вепольное решение* (найден ответ в вепольной *форме*), *физическое решение* (сформулировано ФП и найден физический принцип его устранения). Вслед за этим должно идти *техническое решение*: разработка идеи примерно на уровне требований, предъявляемых к заявке на изобретение. Завершается процесс *расчетным решением*, включающим обоснование основных характеристик новой технической системы. Эти этапы - получение технического и расчетного решения - представляют собой переход от решения изобретательской задачи к конструкторской разработке изобретения. Здесь главную роль играют специальные знания и опыт. В реальном творческом процессе «изобретательские» и «конструкторские» этапы порой причудливо переплетаются: от конструирования часто приходится возвращаться к изобретательству и подправлять найденную идею, а в процессе конструирования нередко возникает необходимость решать частные изобретательские задачи, сопутствующие основной задаче.

ПРОГРАММА + ИНФОРМАЦИЯ + УПРАВЛЕНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

Процесс построения модели задачи, выявления ИКР и ФП четко регламентирован второй и третьей частями АРИЗ-77 (см. приложение 1). Эти две части вместе с четвертой, включающей использование информационной аппарата АРИЗ, несут основную нагрузку при решении задач.

Посмотрим на конкретных задачах, как идет решение. На шаге 2.1 условия задачи излагаются без специальных терминов. Эта простая операция в значительной мере снимает начальный «заряд» психологической инерции. Термины созданы для того, чтобы возможно надежнее, жестче ограничивать известное. Между тем всякое изобретение - выход за пределы известного. Если в условиях задачи речь идет, например, о повышении скорости ледокола, то невинный, на первый взгляд, термин «ледокол» сразу навязывает определенный круг идей: надо колоть, ломать, разрушать лед... Простая мысль о том, что дело вовсе не в разрушении льда (ведь речь идет не о добыче льда!) и что главное - продвигаться сквозь лед, а не колоть его, эта простая мысль оказывается где-то за психологическим барьером.

Однажды в Институте зерна академик Лисицын сказал изобретателю Качугину, что намечено совещание по одной из важнейших проблем - борьбе с долгоносиком. Нужно исследовать условия существования жука, в частности определить температуру его тела. В то время не было приборов, позволявших решить такую задачу.

«Тема стоит пятьдесят тысяч, но неизвестно, можно ли на эти средства сконструировать нужный прибор», - сказал академик.

Качугин тут же объяснил, как измерить температуру долгоносика обыкновенным медицинским термометром.

С этой задачей тоже были поставлены опыты. Девятнадцать восьмиклассников решали (каждый отдельно) эту задачу полчаса. Правильные ответы дали пять человек. Другая группа получила тот же текст задачи, но с примечанием: «Если вы замените термин «долгоносик» несколькими простыми словами, задача станет легче». Результат: 17 правильных ответов за то же время...

В самом деле, заменим слово «долгоносик» хотя бы словами «нечто очень маленькое» (букашка, песчинка, капелька), и задача резко упростится. Разве трудно узнать температуру одной капельки, если идет дождь и можно набрать стакан дождевой воды?..

Задачи 24 и 25 (см. приложение 1) на шаге 2.1 освобождены от терминов, хотя, пожалуй, в условиях задачи 25 не мешало бы заменить термин «молниеотвод» не очень красиво звучащим, но намного более удобным для обработки словосочетанием «проводящая палка» или «проводящий столб».

Следующий шаг - выбор конфликтующей пары элементов. В задаче 24 этот выбор предельно прост: есть изделие (ложка), есть инструмент (круг) - готовая пара. Сложнее обстоит дело с задачей 25: в условиях упомянуты антенна радиотелескопа, радиоволны, молния, молниеотвод. Действуя по правилам, пытаемся отобрать изделие и инструмент... и наталкиваемся на несколько необычную картину: в задаче два изделия (молния и радиоволны) и один инструмент (молниеотвод). Вместо одной конфликтующей две бесконфликтные пары: конфликт возникает не «внутри» пар, а между ними. Проводящий молниеотвод не конфликтует с молнией - он способен ее «принимать». С другой стороны, непроводящий молниеотвод вполне ладит с радиоволнами - он их не «принимает» и потому не задерживает.

Кстати, не надо смущаться этих необычных словосочетаний - «проводящий молниеотвод» (масляное масло... каким еще может быть молниеотвод?!), «непроводящий молниеотвод» (какой же это молниеотвод, если он не отводит молнию?!). Нужен весьма незаурядный стиль мышления, чтобы без АРИЗ воскликнуть: «Мне нужен непроводящий проводник! Не полупроводник, это все-таки проводник, а именно непроводящий проводник; не теплая вода, а ледяной кипятком; газообразный камень, темный свет...» АРИЗ делает нормой такой стиль мышления - нетривиальный, парадоксальный, оперирующий противоречиями. А главное - этот стиль закономерно возникает как рабочий режим творческого мышления: включается не по наитию, не по воле случая, а по программе, обеспечивающей его устойчивое поддержа-

ние на протяжении всего решения задачи.

Итак, молниеотвод должен быть проводящим и непроводящим. По правилу третьему берем для построения конфликтующей пары «непроводящий молниеотвод», который обеспечивает свободное прохождение радиоволн, нормальную работу антенны. Что такое «непроводящий молниеотвод»? Деревянный, стеклянный, водяной столб. Еще проще: убрали металлический столб, остался воздух или пустота - все равно.

Историки науки уже полвека с восторгом пересказывают легенду о том, как однажды Поль Дирак, решая шуточную задачу о дележе некоторого неизвестного числа рыб, получил в ответе отрицательное число. В самом деле, как может компания рыбаков разделить улов, скажем, в минус две рыбы (или, лучше того, улов, составляющий мнимое число рыб)... Все отбрасывали такое решение, а Дирак не отбросил, ведь математически это совершенно верное решение. Быть может, спрашивают историки науки, такой образ мыслей и помог Дираку предсказать существование позитрона - «положительного электрона», «положительного отрицательного заряда...»

При работе по АРИЗ отрицательные, мнимые, а то и вовсе «нерыбные рыбы» возникают обязательно.

Отсутствующий молниеотвод хорошо пропускает радиоволны, но не ловит молнию. Поскольку молниеотводу уже приписано одно свойство (быть отсутствующим), из двух пар составлена одна конфликтующая пара и получено техническое противоречие в канонической форме. Выявлены конфликтующие элементы, есть ТП - и вторая часть АРИЗ завершается построением модели задачи.

Перейдя от технической системы, описанной в условиях задачи к модели, мы сузили число рассматриваемых элементов. Теперь, на шаге 3.1, предстоит продолжить отбор: из двух конфликтующих элементов надо выбрать один - тот, который можно менять,

«Можно менять», «нельзя менять» - довольно расплывчатые определения. Позже мы перейдем к более точным. А пока достаточно простых правил, приведенных в тексте АРИЗ, которые в подавляющем большинстве случаев позволяют без затруднений выбрать нужный элемент.

Следующий шаг - составление ИКР. Как и на предыдущих шагах, здесь действуют четкие правила, заставляющие усугубить парадоксальность модели задачи: то, что требует модель, должно быть достигнуто не иначе как «само собой». АРИЗ не оставляет права мыслить несмело... И снова продолжается сужение поискового поля: теперь (шаг 3.3) выделяется часть элемента, выбранного на шаге 3.1. Именно к этой части предстоит «привязывать» физическое противоречие, которое будет сформулировано на шагах 3.4 и 3.5.

На первый взгляд может показаться, что шаги слишком детализируют ход решения. В самом деле, почему бы не объединить, например, шаги 3.4 и 3.5? Раньше так и было. Но со временем выяснилось, что при слишком резком переходе от ИКР к ФП часто возникают ошибки.

Если к одной части элемента технической системы предъявлены взаимопротивоположные требования, появляется необходимость прежде всего проверить, нельзя ли простыми преобразованиями «развести» эти требования. Такая проверка и осуществляется на шаге 4.1. Проверять, можно или нельзя разделить противоречивые свойства, следует все время помнить об ИКР: разделение должно быть осуществлено «само» или «почти само». Ионизировать столб воздуха нетрудно; можно, например, использовать радиоактивное излучение. Но ионизированный воздух - проводник, который, как и металл, поглощает радиоволны. Проще уж поднимать и опускать металлические столбы, во всяком случае, это безопаснее для окружающих. Все дело в том, чтобы свободные заряды возникали в нужный момент «сами собой» и «сами собой» исчезали, «поймав» молнию.

Простейшие преобразования, предусмотренные шагом 4.1, часто лишь намечают путь решения в самых общих чертах. Надо сделать так, чтобы в нужный момент каким-то образом сами по себе возникали заряды, каким именно образом - пока неочевидно.

Следующий шаг - использование таблицы типовых моделей задач и вепольных преобразований (приложение 2).

Как уже говорилось, классификация моделей задач основана на следующих признаках:

- сколько элементов содержит модель задачи;
- какие это элементы - вещества или поля;
- как они взаимосвязаны;
- какие ограничения налагают условия задачи на изменение имеющихся элементов и введение новых;
- относится ли задача к изменению объекта (нужно ввести «поле на входе») или к измерению и обнаружению (нужно получить «поле на выходе»).

Основываясь на этих признаках, можно составить подробный классификатор. Но многие задачи второго типа (даны два элемента) легко переводятся в задачи первого типа, особенно если нет ограничений на замену элементов. «Поле плохо взаимодействует с веществом; нужно обеспечить хорошее взаимодействие; поле можно заменять и изменять». Отбросим «плохое» поле и получим модель задачи пер-

вого типа (дан один элемент). Точно так же многие задачи третьего типа легко переводятся в задачи второго или первого типа. Поэтому в таблицу, приведенную в конце книги, включены только те модели, перевод которых в более простые классы невозможен или затруднителен.

В модели задачи 24 два элемента (два вещества): изделие и инструмент. По условиям задачи изделие обязательно должно подвергаться обработке шлифовальным инструментом, поэтому нельзя перевести эту задачу в класс 1. Модель задачи 25 включает три элемента: два поля и вещество. Опять-таки ни один из этих элементов убрать нельзя - исчезнет конфликт, разрушится модель задачи, поэтому задача относится к классу 16.

Для задачи 24 таблица дает в сущности готовое физическое решение: инструмент надо развернуть в феполь, т. е. веполь с ферромагнитным порошком и магнитным полем, разделив вещество круга на два вещества (одно - ферромагнитный порошок), связанных между собой магнитным полем. Для задачи 25 таблица еще не дает окончательного ответа. Впрочем, здесь многое зависит от умения применять элементарные физические знания. Именно применять, а не знать: физика тут требуется школьная, общеобразовательная. Заряды должны то появляться, то исчезать. Куда они могут исчезать? Уйти куда-нибудь? Но ведь они должны вновь появиться. Физика предельно проста: заряды остаются на месте, но нейтрализуются соединяясь, а потом разъединяются. Нейтральные молекулы воздуха разделяются на ионы и электроны, затем эти частицы соединяются в нейтральные молекулы.

Задачи 24, 25 в течение многих лет «обгрыбались» на семинарах и в школах изобретательского творчества. В задаче 24 осложнений с физикой никогда не возникало, после некоторой практики в вепольном анализе она решалась сразу, «в один ход». Инструмент представляет собой невепольную систему, но по условиям задачи эту систему можно менять, развивать; значит, выгодно перейти к феполью. С задачей 25 обычно возникали затруднения. Идея ионизации-рекомбинации для физика достаточно очевидна, но именно здесь образуется психологический барьер: ионизация в нашем представлении связана прежде всего с излучениями. Появляется идея использовать то или иное техническое устройство, генерирующее излучение... и решение заходит в тупик, поскольку нет возможности просто и надежно определять, когда именно следует включать это устройство.

Как ни парадоксально, причина затруднений в том, что те кто решают задачи (вопреки АРИЗ), невольно пытаются облегчить себе работу. Ионизацию можно осуществить обычным способом - с помощью излучения (таков голос «здорового смысла»). Требование ИКР звучит иначе: ионизация должна происходить сама собой. Мало того, ионизация обязательно должна быть «даровой» и происходящей, как по волшебству, точно в заданный момент времени. «Здравый смысл» шарахается от такого утяжеления задачи. Диалектика же в том, что утяжеление условий задачи оборачивается за каким-то рубежом облегчением ее решения. Вдумаемся еще раз в формулировку ИКР (теперь ее можно уточнить): «При зарождении молнии, когда она только-только «назревает», нейтральные молекулы должны сами разделиться на ионы и электроны.» Если убрать слово «должны», мы получим готовый ответ: в качестве ионизатора используется сама молния (и порождающее ее грозовое облако).

ИКР можно уподобить веревке, держась за которую альпинист совершает подъем по крутому склону. Веревка не тянет вверх, но она дает опору и не позволяет скатиться вниз. Достаточное выпустить веревку из рук - падение неизбежно...

Разумеется, не у всех задач могут оказаться решения, основанные на элементарной физике. Поэтому в АРИЗ-77 используется таблица применения физических эффектов и явлений (приложение 3), составленная на основе анализа примерно 12 тыс. сильных изобретений, так сказать, с физическим уклоном. Некоторые физические эффекты, входящие в эту таблицу, могут оказаться незнакомыми или плохо знакомыми. Тогда, получив подсказку таблицы, следует обратиться к «Указателю физических эффектов». Работа над таким «Указателем» была начата в 1968 г. Общественной лабораторией методики изобретательства при Центральном Совете ВОИР. С 1971 г. «Указатель» используется на занятиях в общественных школах, изобретательского творчества и на изобретательских семинарах. В «Указателе» по каждому эффекту приведены краткое описание, сведения об изобретательском применении, примеры изобретений, основанных на данном эффекте, и список литературы. Особенно важны примеры изобретений - они позволяют сразу оценить возможности того или иного эффекта и степень сложности реализации.

В некоторых задачах простой (в физическом смысле) ответ оказывается настолько необычным, что эта необычность мешает заметить его и принять. В этих случаях помогает таблица типовых приемов; она приведена в [13]. При составлении этой таблицы из очень большого массива патентной информации было отобрано свыше 40 тыс. патентов и авторских свидетельств, относящихся к изобретениям не ниже третьего уровня. Анализ этих изобретений позволил выделить наиболее часто встречающиеся приемы и приемы, встречающиеся редко, но всегда дающие очень сильные решения. Эти два вида приемов и вошли в таблицу. О самих приемах будет подробно рассказано в следующих главах. Здесь же приведем только один пример.

Задача 26

При гидратации олефинов используют в качестве катализатора фосфорнокислотный катализатор

(двуокись кремния, пропитанную ортофосфорной кислотой). Чтобы катализатор был селективен (специализирован, давал одну нужную реакцию и не давал побочных реакций), его необходимо при изготовлении нагревать. Но опыты показали, что при нагревании (даже кратковременном) выше 250°C в катализаторе появляются растворимые силикофосфаты, они вымываются и катализатор теряет активность. Как быть?

Читателя, если он далек от химии, не должна смущать химическая специфика этой задачи. Понять суть задачи нетрудно. Имеется некое вещество, ускоряющее нужную реакцию. К сожалению, оно ускоряет и ненужные реакции, что ведет к потере сырья. Чтобы вещество ускоряло только нужную реакцию, его надо сильно нагреть. Но тогда вещество вообще исчезает, распадается.

Задача 26 рассматривалась уже после составления таблицы - для ее проверки. Техническое противоречие: температура прокаливания (строка 17 в таблице) и потери вещества (колонка 23). Приемы: 21, 36, 29, 31. Или температура - потери времени (колонка 25). Приемы: 35, 28, 21, 18. Повторяется прием 21 - принцип проскока: вести процесс на большой скорости. Нагревать - но быстро, сильно. Действительно, по патенту США № 3330313 предлагается «проскочить» опасный интервал температур и вести прокаливание при температуре $700\text{--}1100^{\circ}\text{C}$. Катализатор теряет активность уже при 350° , поэтому идея «нагреем его еще больше» долгое время никому не приходила в голову. Нагреваем на 350° - теряется активность, на 500° - совсем плохо... и все. Кто мог подумать, что с 700° снова начинается безопасная зона? Нужен был всего один опыт: прокалить катализатор до 1000° . Но это казалось нелепым, ненужным...

Таблица типовых приемов, воплощающая опыт нескольких поколений изобретателей, не придерживается «здорового смысла». В ней заложена присущая творчеству «дикость» мышления.

ЗАДАЧИ

Приведены шесть задач, на которых можно потренироваться в применении АРИЗ. Нужно сделать записи решения этих задач с шага 2.2 по шаг 4.2. Оценивать полученные решения пока следует не по конечному ответу, а только по точности выполнения шагов. Если вы а) не нарушили девять правил, относящихся к шагам 2.2, 3.1, 3.2 и 3.4; б) устранили физическое противоречие и в) при этом не ввели громоздких устройств, механизмов, машин и, следовательно, не слишком отошли от ИКР, то все в порядке, тренировку можно считать успешной.

По привычке у вас будут возникать различные варианты ответов. («А если сделать так?..») Запишите эти ответы на отдельном листе (потом его можно выбросить) и вернитесь к анализу задачи. Итак, все внимание - на точное выполнение шагов. Спокойно идите туда, куда направляет вас логика анализа.

Задача 27

Часто возникает необходимость измерить наклон строительных конструкций, частей крупных станков и т. д. Для этого используют наклонмер, рабочая часть которого представляет собой маятник со стрелкой на конце. Точность такого наклонмера зависит от его длины: чем длиннее маятник, тем больше линейное отклонение стрелки при одном и том же наклоне. Однако наклонмер длиной несколько метров неудобен, громоздок (маятник обязательно должен находиться в жестком корпусе, сборно-разборные конструкции недопустимы). Неприемлемы и конструкции с зеркалами и оптическим лучом. Наклонмер должен остаться простым, но сочетать точность и компактность.

Задача 28

Цех изготавливает металлические полые конусы. Размеры конусов разные, это не имеет значения для задачи. Но для определенности примем: высота 1000 мм, диаметр нижнего основания 700 мм, диаметр верхнего основания 400 мм, толщина стенок 30 мм. После изготовления нужно проверить размеры и форму внутренней поверхности конуса. Для этого внутрь конуса поочередно вставляют шаблоны (для каждого проверяемого сечения имеется свой шаблон). Когда шаблон установлен, можно заметить (наблюдая на просвет) отклонения от заданной формы и размеров.

Чем больше шаблонов, тем точнее проверка. Но каждый замер требует много времени и труда. Поэтому чем меньше шаблонов, тем быстрее и проще проверка. Как быть?

Задача 29

Для съемки мультфильма изготавливают ряд рисунков, изображающих фазы движения сжимаемого объекта. Каждый метр пленки - это 52 рисунка, а фильм длиной 300 м (10 мин экранного времени) - это 15 тыс. кадров. Таким образом, нужно изготовить свыше 15 тыс. рисунков и уложить их с большой точностью, чтобы снятое изображение не дрожало и не прыгало.

Необходимо резко, в сотни раз, повысить эффективность этой тяжелой работы. Как это сделать?

Для простоты будем считать, что речь идет о фильмах с контурным изображением (изображение образовано только линиями).

Задача 30

Крыша парника представляет собой застекленную (или обтянутую пленкой) металлическую раму. При повышении внешней температуры (скажем, с 15 до 25°) надо поднимать одну сторону рамы, чтобы

парник проветривался. А когда температура падает, крышу надо опускать. Угол подъема, допустим, 30°.

Поднимать и опускать рамы приходится вручную, а парников много, да и температура меняется несколько раз за день. Задача состоит в том, чтобы автоматизировать поднимание - опускание рамы. Ставить на каждом парнике электропривод с температурным датчиком в данном случае недопустимо сложно и дорого. Решение должно быть более простое.

Задача 31

В прочный, герметически закрываемый металлический сосуд кладут 30-40 кубиков (разные сплавы) и заполняют сосуд агрессивной жидкостью. Идут испытания, цель которых - выяснить, как действует агрессивная жидкость на поверхность кубиков в условиях высоких температур, а иногда и высоких давлений. К сожалению, агрессивная жидкость действует и на стенки самой камеры. Поэтому стенки приходится делать из дорогостоящего благородного металла. Как обойти это затруднение?

Задача 32

В реакторе находится смесь растворов кислот; режим работы (температура, давление, концентрация кислот) постоянно меняется. Нужно определить момент начала кипения. Непосредственное наблюдение невозможно. Теоретически вычислить температуру кипения тоже нельзя из-за непостоянства режима. Как быть?

ТАЛАНТЛИВОЕ МЫШЛЕНИЕ: ЧТО ЭТО ТАКОЕ?

МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ «МАЛЕНЬКИХ ЧЕЛОВЕЧКОВ»

С каждой новой модификацией детерминированность шагов АРИЗ возрастает. Усиливается и информационное обеспечение. Тем не менее АРИЗ не отменяет необходимости думать, он лишь управляет процессом мышления, предохраняя от ошибок и заставляя совершать необычные («талантливые») мыслительные операции.

Существуют очень подробные наставления по управлению самолетами и не менее подробные наставления по хирургическим операциям. Можно выучить эти наставления, но этого мало, чтобы стать пилотом или хирургом. Кроме знания наставлений, нужна практика, нужны выработанные на практике навыки. Поэтому в общественных школах изобретательского творчества планируется на основе АРИЗ примерно 100 учеб. часов занятий в аудитории и 200 ч. на выполнение домашних заданий.

На первых порах нередко очень грубые ошибки, обусловленные самым элементарным неумением организованно мыслить. Например, как решают задачу 31? Четыре человека из пяти в начале обучения указывают в качестве конфликтующей пары агрессивную жидкость и стенки камеры. Изделия (кубики сплавов), для обработки которых существует техническая система «сосуд - жидкость - кубики», не попадают в конфликтующую пару и, следовательно, в модель задачи. В результате скромная задача об обработке кубиков заменяется намного более сложной проблемой сохранения любой агрессивной жидкости (притом горячей) в сосуде из обыкновенного металла. Такая задача, разумеется, достойна всяческого внимания, на нее не жалко потратить и годы. Решение подобных задач обычно требует изменения всей надсистемы, в которую входит рассматриваемая система. Детализация, проверка и внедрение новых идей требуют в этих случаях огромной по объему работы. Прежде чем посвятить этому годы (а может быть, и всю жизнь), целесообразно потратить пять минут на решение более простой, но тоже нужной задачи: как все-таки быть с кубиками?..

Если в качестве конфликтующей пары взяты «кубик-жидкость», камера не попадает в модель задачи. На первый взгляд, это утяжеляет условия: раз дело не в стенках камеры, они могут быть любые (их даже может вообще не быть!); придется искать решение, при котором хранение агрессивной жидкости вообще не зависит от стенок сосуда... Как обычно, мнимое утяжеление фактически означает упрощение задачи. В самом деле, в чем конфликт теперь, когда осталась пара «кубик-жидкость», а «камера» оказалась «вне игры»? В агрессивном действии жидкости? Но ведь в этой паре жидкость обязана быть агрессивной - это ее полезное (и только полезное!) качество... Конфликт теперь в том, что жидкость не будет держаться (без камеры) у кубика. Она просто-напросто разольется, выльется, утечет. Как сделать, чтобы жидкость, не разлилась, а надежно держалась у кубика? Налить ее внутрь кубика - ответ единственный и достаточно очевидный. Гравитационное поле действует на жидкость, но это действие не передается на кубик и поэтому жидкость и кубик не взаимодействуют (механически). Простейшая задача на постройку веполя: пусть гравитационное поле действует на жидкость, а та передаст это действие кубуку. Заменить кубики «стаканами» (полыми кубиками) - первая идея, которая приходит в голову, если в модели задачи взяты кубик и жидкость, а не жидкость и камера. Стенка есть (стенка кубика) и стенки нет (стенки камеры) - отличное устранение физического противоречия. Такое решение заведомо не надо проверять - оно абсолютно ясно и надежно, здесь не нужна конструкторская разработка, нет проблемы внедрения. А чтобы получить это решение, нужно всего-навсего выполнить простое и простое предписание АРИЗ: в конфликтующей паре должны быть изделие и непосредственно действующий на него элемент системы. Или (как в задаче о молниеотводе) можно рассмотреть конфликт между двумя парами: «кубик-жидкость» и «жидкость-камера». ИКР: отсутствующая жидкость сама не действует на камеру, сохраняя способность действовать на образец. Здесь путь к решению еще короче, ибо с самого начала принято, что жидкость отсутствует. Сразу возникает четкое противоречие: жидкость есть (для кубика) и жидкости нет (для камеры). По условиям задачи разделить конфликтующие свойства во времени нельзя (жидкость должна непрерывно действовать на образец), остается одна возможность: разделить конфликтующие свойства в пространстве - жидкость есть там, где кубик, и жидкости нет там, где камера.

Текст АРИЗ-77 включает девять простых правил, но научиться выполнять эти правила, увы, не так просто. Сначала правила не замечают, «пропускают», потом их начинают неверно применять и лишь постепенно, где-то на второй сотне задач вырабатывается умение уверенно работать с АРИЗ. Любое обучение трудно, но обучение организованности мышления при решении творческих задач трудно вдвойне. Если дать задачу на вычисление объема конуса, человек может неверно записать формулу, неверно перемножить числа, но никогда не скажет, даже не заглянув на цифры: «Объем конуса? А что если он равен 5

см³ или 3 м³? В какой цвет окрашен конус? А может быть, дело совсем не в конусе? Давайте лучше вычислим вес какой-нибудь полусферы...» При решении изобретательских задач такие «пируэты» называются «поиском решения» и никого не смущают...

Есть много тонких механизмов решения, которые сегодня еще нельзя сформулировать в виде простых правил. Они пока не включены в текст АРИЗ, но их можно «встроить» по усмотрению преподавателя, когда обучающиеся привыкнут вести анализ, не обрывая его где-то в середине извечным: «А что если сделать так?..»

Как мы уже говорили, Гордон, создавая синектику, дополнил мозговой штурм четырьмя видами аналогий, в том числе эмпатией - личной аналогией. Сущность этого приема заключается в том, что человек, решающий задачу, «входит» в образ совершенствуемого объекта и старается осуществить требуемое задачей действие. Если при этом удастся найти какой-то подход, какую-то новую идею, решение «переводится» на технический язык. «Суть эмпатии,- говорит Дж. Диксон, - состоит в том, чтобы «стать» деталью и посмотреть с ее позиции и с ее точки зрения, что можно сделать» [9, с. 45]. Далее Дж. Диксон указывает, что этот метод очень полезен для получения новых идей.

Практика применения эмпатии при решении учебных и производственных задач показывает, что эмпатия действительно иногда бывает полезна. Но иногда она бывает и очень вредна. Почему?

Отождествляя себя с той или иной машиной (или ее частью) и рассматривая ее возможные изменения, изобретатель невольно отбирает те, которые приемлемы для человека, и отбрасывает неприемлемые для человеческого организма, например разрезание, дробление, растворение в кислоте и т. д.

Неделимость человеческого организма мешает успешно применять эмпатию при решении многих задач, подобных, например, задачам 23-25.

Недостатки эмпатии устранены в моделировании с помощью маленьких человечков (ММЧ) - методе, который применяется в АРИЗ. Суть его состоит в том, чтобы представить объект в виде множества («толпы») маленьких человечков. Такая модель сохраняет достоинства эмпатии (наглядность, простота) и не имеет присущих ей недостатков.

В истории науки известны случаи, когда стихийно применялось нечто похожее на ММЧ. Два таких случая особенно интересны. Первый - открытие Кекуле структурной формулы бензола.

«Однажды вечером будучи в Лондоне, - рассказывает Кекуле, - я сидел в омнибусе и раздумывал о том, каким образом можно изобразить молекулу бензола C_6H_6 в виде структурной формулы, отвечающей свойствам бензола. В это время я увидел клетку с обезьянами, которые ловили друг друга, то схватываясь между собой, то опять расцепляясь, и один раз схватились таким образом, что составили кольцо. Каждая одной задней рукой держалась за клетку, а следующая держалась за другую ее заднюю руку обеими передними, хвостами же они весело размахивали по воздуху. Таким образом, пять обезьян, схватившись, образовали круг, и у меня сразу же блеснула в голове мысль: вот изображение бензола. Так возникла вышеприведенная формула, она нам объясняет прочность бензольного кольца» (цит. по [7. т. 2, с.80-81]).

Второй случай еще более известен. Это мысленный эксперимент Максвелла при разработке им динамической теории газов. В этом мысленном опыте были два сосуда с газами при одинаковой температуре. Максвелла интересовал вопрос, как сделать, чтобы в одном сосуде оказались быстрые молекулы, а в другом медленные. Поскольку температура газов одинакова, сами по себе молекулы не разделятся: в каждом сосуде в любой момент времени будет определенное число быстрых и медленных молекул. Максвелл мысленно соединил сосуды трубкой с дверцей, которую открывали и закрывали «демоны» - фантастические существа примерно молекулярных размеров. Демоны пропускали из одного сосуда в другой быстрые частицы и закрывали дверцу перед маленькими частицами.

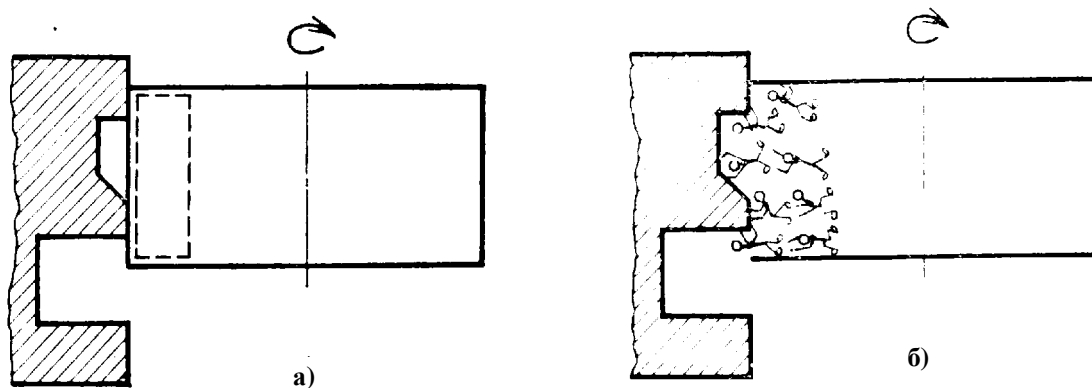


Рис. 1.

Два эти случая интересны, прежде всего тем, что объясняют, почему в ММЧ взяты именно маленькие человечки, а не, например, шарики или микробы. Для моделирования нужно, чтобы маленькие частицы видели, понимали, могли действовать. Эти требования естественнее всего ассоциируются с человеком: у него есть глаза, мозг, руки. Применяя ММЧ, изобретатель использует эмпатию на микроуровне. Сохранена сильная сторона эмпатии и нет присущих ей недостатков.

Эпизоды с Кекуле и Максвеллом описывались многими авторами. Но никто не связывал их вместе и не задумывался над вопросом: вот два случая в разных отраслях науки, почему бы не превратить эти случаи в метод, используемый сознательно? Историю с Кекуле обычно приводили, чтобы поговорить о роли случайности в науке и изобретательстве. А из опыта Максвелла делали и без того очевидный вывод, что ученому нужно воображение...

Техника применения метода ММЧ сводится к следующим операциям:

- на шаге 3.3 надо выделить часть объекта, которая не может выполнить требования, указанные на шаге 3.2, и представить эту часть в виде маленьких человечков;
- надо разделить человечков на группы, действующие (перемещающиеся) по условиям задачи;
- полученную модель надо рассмотреть и перестроить так, чтобы выполнялись конфликтующие действия.

Например, в задаче 24 рисунок к шагу 3.3 обычно выглядит так, как показано на рис. 1, а: выделен внешний слой круга, который по структуре ничем не отличается от центральной части круга. На рис. 1, б показан тот же рисунок, но сделанный с использованием ММЧ. Маленькие человечки, соприкасающиеся с обрабатываемой поверхностью, удаляют частицы металла, а другие человечки придерживают «работников», не давая им вылететь из круга, упасть, быть отброшенными. Меняется глубина впадины - соответственно перестраиваются человечки. Рассматривая левый рисунок, не так просто прийти к выводу о необходимости раздробить наружную часть на «зерна», сделав эти зерна подвижными и в то же время «цепляющимися» за круг. Правый рисунок приводит к этой идее.

Однажды на семинаре по ТРИЗ слушателям была предложена задача об увеличении скорости движения ледокола: повысить скорость за счет увеличения мощности двигателей нельзя; современные ледоколы настолько «заполнены» двигателями, что почти не несут полезной нагрузки (подробные условия задачи и запись решения по АРИЗ, см. [13, с. 179-188]).

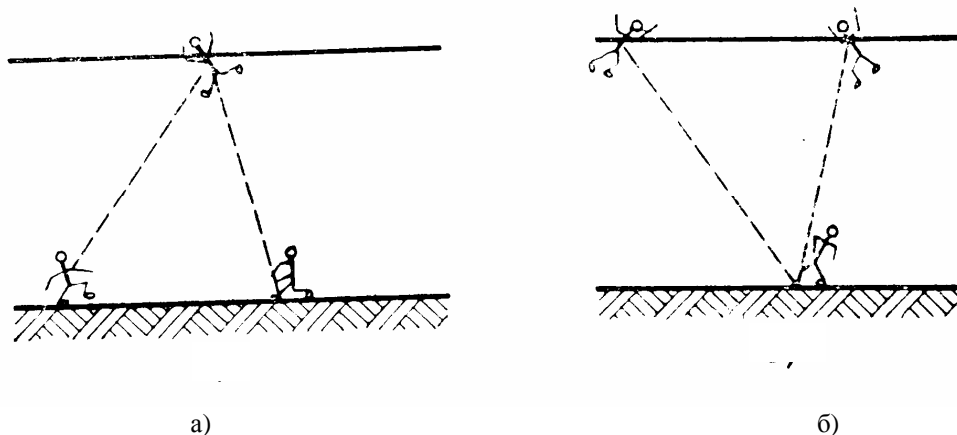


Рис. 2.

Сначала задачу решали, используя эмпатию. Один из слушателей, вживаясь в «образ ледокола», сосредоточенно ходил по комнате, а потом подошел к столу «Это - лед, - сказал слушатель. - А я - ледокол. Я хочу пройти сквозь лед, но лед меня не пропускает... ». Он давил на «лед», наскокивал на него с разбега, временами ноги «ледокола» пытались пройти под столом, но туловище этому мешало, иногда туловище пыталось пройти над столом, но мешали ноги... отождествив себя с ледоколом, слушатель перенес на ледокол неделимость, присущую человеческому организму, и тем самым усложнил задачу, эмпатия в данном случае только затрудняла решение.

На следующем занятии тот же слушатель решал задачу, используя метод ММЧ. Он подошел к столу, несколько секунд подумал, потом с некоторой растерянностью сказал: «Не понимаю, в чем задача... Если я состою из толпы маленьких человечков, верхняя половина толпы пройдет над столом, нижняя - под столом... По-видимому, задача теперь в том, как соединить две части ледокола - надводную и ту, что подо льдом. Придется ввести какие-то стойки, узкие, острые, они легко пройдут сквозь лед, не надо будет ломать огромную массу льда...»

Метод ММЧ еще не исследован до конца, в нем много загадочного. Скажем, в задачах на измерение длины выделенную часть элемента лучше представлять, не в виде сплошной шеренги человечков, а как шеренгу «через одного». Еще лучше, если человечки расположены в виде треугольника. И еще лучше -

неправильным треугольником (с неравными или криволинейными сторонами). Почему? Пока тут можно только строить догадки. Но правило действует...

Вспомним хотя бы задачу 7. Нужно измерить глубину реки с самолета. По условиям задачи вертолет применить нельзя, высадка людей недопустима, использовать какие-нибудь свойства радиоволн тоже нельзя, потому что нет возможности заказывать специальное оборудование. К тому же замеры глубины надо выполнить в сущности бесплатно (допустимы только расходы на оплату полета вдоль реки).

Используем метод ММЧ. Еще неизвестная «измерялка», которую придется использовать, бросив или направив с самолета, должна иметь форму неправильного треугольника. Мыслимы только два варианта расположения маленьких человечков (рис. 2), образующих эту «измерялку».

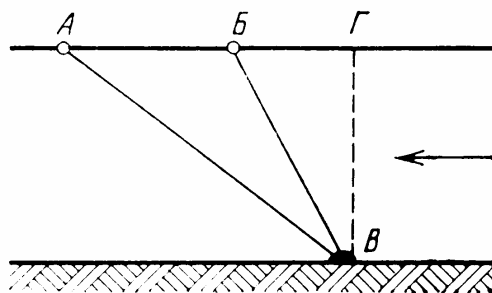


Рис. 3

Верхние человечки должны быть легче воды, нижние - тяжелее. Предположим, что это деревянные и камни, объединенные леской (рис. 3); реализовать такой треугольник нетрудно. Деревяшки A и B соединены с камнем B лесками, причем длины обеих лесок заведомо превышают глубину реки (это можно проверить пробным сбросом). Чем глубже река, тем меньше расстояние AB (деревяшки не связаны между собой). К одному из поплавков надо прикрепить (для «масштаба») метровую рейку, и можно сбрасывать это «оборудование», а затем фотографировать сверху. Зная AB и BB и измерив на снимке AB , легко вычислить BG . Решение удивительно простое и красивое (а. с. № 180815), Прийти к нему без подсказки («Сбрось трех человечков, прикажи им расположиться в виде неправильного треугольника...») очень трудно, читатель сможет убедиться в этом, предложив задачу своим коллегам...

Рассмотрим теперь задачу 8, в ней речь идет об измерении радиуса шлифовального круга, поэтому здесь тоже должны помочь маленькие человечки.

Шлифовальный круг обрабатывает деталь - со шлифованием, таким образом, все в порядке (в отличие от задачи 24), веполь уже есть. Но круг работает внутри цилиндра, и надо определить изменение радиуса круга, не выводя инструмент из недр детали. Задача класса 14. Решение (по таблице типовых моделей): к V_2 надо присоединить такое V_3 , которое меняет поле Π в зависимости от состояния V_3 и, следовательно, V_2 . Если на торец круга нанести электропроводную полоску и пропускать ток, то по изменению сопротивления можно судить об изменении радиуса круга (рис. 4).

К сожалению, такая схема не обеспечивает точность измерений. Сопротивление зависит не только от длины полоски, но и от силы прижатия круга к обрабатываемой поверхности и от состояния контакта «цепь-вал», и от температуры круга...

Попробуем расположить маленьких человечков цепочкой «через одного» (рис. 5).

Теперь об измерении радиуса круга можно судить по числу импульсов тока, а величина самих импульсов не имеет значения. Решение намного более эффективное, чем предыдущее. Правда, подвести ток к каждому человечку не так просто.

Перейдем к «треугольнику». Правильный «треугольник» ничего не дает. Зато неправильный - это еще одно решение (рис. 6), причем теперь уже без изъянов: с изменением радиуса меняется скважность (отношение сигнала к паузе) проходящих импульсов, это позволяет просто и надежно измерять радиус круга.

В методе ММЧ есть и другие, не вполне ясные хитрости. Придет время, мы пойдем действующие здесь закономерности, и метод войдет в АРИЗ в виде обязательных шагов. Так получилось, например, с оператором РВС, который поначалу тоже казался странным и экзотическим.

РВС - это размеры, время, стоимость. Любая техническая система, данная в условиях задачи, имеет привычный для нас образ. Можно, например, убрать из текста задачи слово «ледокол», но

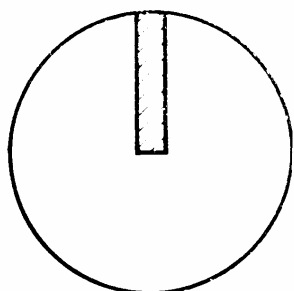


Рис.4.

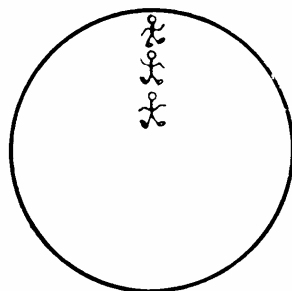


Рис.5.

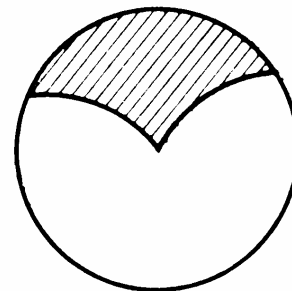


Рис.6

останется образ ледокола: нечто «кораблеобразное», примерно соответствующее по размерам ледоколу, действующее примерно в таком же темпе и стоящее примерно столько же. Термина уже нет, но образ исходной системы сохранился и несет сильный заряд психологической инерции. Цель оператора РВС - преодолеть эту инерцию, сломать навязчивый старый образ технической системы. Оператор РВС включает шесть мысленных экспериментов, перестраивающих условия задачи (шаг 1.9 в тексте АРИЗ-77). Эксперименты могут быть осуществлены на разных уровнях - тут многое зависит от силы воображения, от характера задачи и от других обстоятельств. Однако даже формальное выполнение этих операций резко сбивает психологическую инерцию, связанную с привычным образом системы.

СТРУКТУРА ТАЛАНТЛИВОГО МЫШЛЕНИЯ

Сильное воображение позволяет эффективнее применять оператор РВС. Но и применение его, в свою очередь, развивает воображение. Я уже не раз подчеркивал, что АРИЗ не просто организует мышление, он организует талантливое мышление. Что же это такое - талантливое мышление? Снова обратимся к задаче.

Задача 33

Есть катер, на котором поставлен абсолютный рекорд скорости. Он имеет идеальную форму, лучшие двигатели. Как установить новый рекорд, намного (на 100-200 км/ч) превысив имеющиеся показатели?

Воображение обычного изобретателя послушно рисует существующий рекордный катер. Включается мысленный экран, на нем возникает четкое изображение. В этот исходный образ воображение начинает вносить различные изменения. Слабый изобретатель подолгу рассматривает каждый вариант, дело идет медленно. Варианты (даже десятый, пятнадцатый) лишь немногим отличаются от исходного образа. «Может быть, удлинить корпус? Придать корпусу более обтекаемую форму? Поставить более мощный двигатель?...» Сильный изобретатель смелее перебирает варианты: на мысленном экране быстро сменяются рисунки, появляются необычные картинки. Вариант шестьдесят седьмой: «А если покрыть корабль чем-то вроде гепардовой шкуры: ведь не случайно же гепард бежит быстрее других сухопутных животных. Может быть, мех помогает сохранять плавность обтекания, не дает образоваться вихрям?» (Кстати, недавно советскому изобретателю Г. И. Сулягину было выдано а. с. № 464 716 на «поверхность, обтекаемую жидкостью или газом». В описании изобретения сказано: «...с целью снижения сопротивления трения... облицовка ее (поверхности) выполнена из искусственного меха, ворсистых тканей и т. п. материалов»).

Технические системы существуют не сами по себе. Каждая из них входит в надсистему, являясь одной из ее частей и взаимодействуя с другими ее частями; но и сами системы тоже состоят из взаимодействующих частей - подсистем. Первый признак талантливого мышления - умение переходить от системы к надсистеме и подсистемам. А для этого должны работать три мысленных экрана (рис. 7).

Иными словами, когда речь идет о дереве (системе), надо видеть лес (надсистему) и отдельные части дерева (корни, ствол, ветки, листья - подсистемы). Впрочем, этого мало - на каждом этапе необходимо видеть линию развития: прошлое, настоящее и будущее (рис. 8). Что значит «видеть лилию развития»? Вот одна из подсистем скоростного катера - корпус. Чем выше скорость, тем больше сопротивление внешней среды. И потому корпус стремится сжаться, уменьшиться.

Идеальный корпус - когда корпуса вовсе нет... А двигатель, другая подсистема катера, наоборот, стремится стать больше, мощнее. Дай ему волю, он заполнит весь корпус, а потом перерастет его, вырвется наружу. Борьба этих двух взаимопротиворечивых тенденций и определяет линию развития подсистем катера: корпус сжимается, суживается, становится все более «поджарым»; а двигатели увеличиваются, растут, заполняя пустоты внутри корпуса.

На мысленных экранах талантливого мыслителя постоянно бушуют страсти: сталкиваются противоречивые тенденции, возникают и обостряются конфликты, идет борьба противоположностей... В азарте этой борьбы изображение подчас сменяется антиизображением. Рядом с катером появляется антикатер. Обычный катер плавает, значит, антикатер, не плавает. Корабль, который не умеет держаться на воде и тонет... С точки зрения обычного мышления это просто нелепость.

А если все-таки поразмышлять? «Средняя плотность» обычного корабля меньше единицы, именно поэтому корабль держится на воде. Внутри корпуса много свободного пространства - отсюда большой объем корпуса и большое сопротивление внешней среды при движении. Подводные крылья, правда, поднимают корпус над водой, но существует сопротивление воздуха.

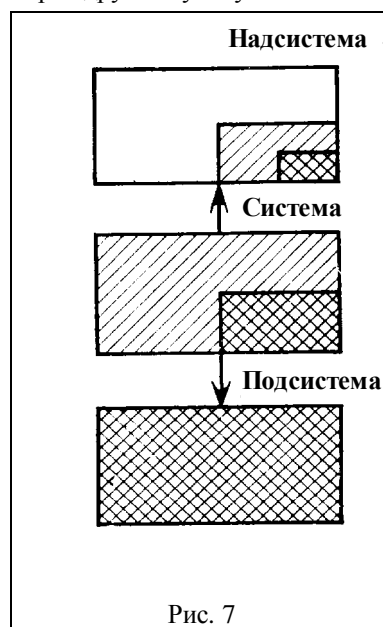


Рис. 7

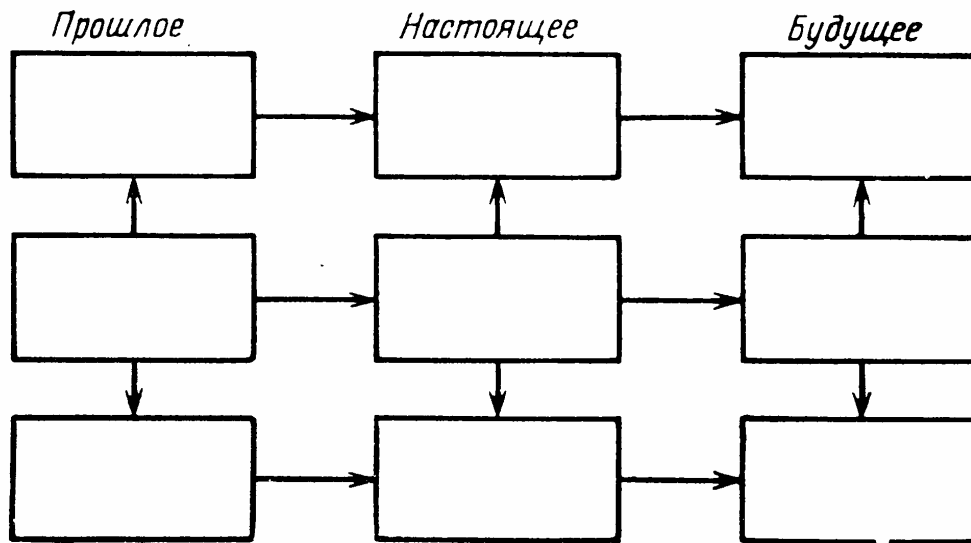


Рис. 8

Антикорабль не обязан держаться на воде. Следовательно, его можно до отказа заполнить «железом» - двигателями. Чем больше мощность двигателей, тем выше скорость. Но антикорабль с его прекрасными сверхмощными двигателями камнем пойдет на дно... Впрочем, при движении он будет держаться за счет подъемной силы, создаваемой подводными крыльями. А на стоянке можно использовать «поплавки» - дополнительные надувные емкости. На стоянке наш антикорабль подобно обычному кораблю (и дирижаблю) будет держаться на плаву по закону Архимеда. А разогнавшись и подняв корпус над водой, антикорабль «сожмется» - уберет ненужные теперь дополнительные емкости (дирижабль станет самолетом).

Идея антикорабля уже не кажется такой дикой. Наоборот, странной представляется обычная конструкция, у которой поднятый над водой корпус сохраняет большой объем, нужный лишь в воде...

В 1911 г. была создана камера Вильсона - один из основных инструментов ядерной физики. Заряженные частицы, двигаясь в пересыщенном водяном паре, заполняющем камеру, становились видимыми, образовывали след из капелек жидкости. Были предложены тысячи усовершенствований камеры Вильсона. Но почти полвека никому не приходила в голову идея «антикамеры», в которой след образовывался бы пузырьками газа в жидкой среде. В 1960 г. Д. Глезер получил Нобелевскую премию за создание пузырьковой камеры...

Вернемся к экранам талантливого мышления. Три этажа, девять экранов, изображения и антиизображения - это все-таки предельно упрощенная схема. Настоящее талантливое мышление имеет много этажей вверх от системы (надсистема - наднадсистема - ...) и много этажей вниз от системы (подсистема - подподсистема-...). За деревом надо видеть не только лес, но и биосферу вообще, и не только лист, но и клетку листа. Много экранов должно быть влево от системы (недавнее прошлое, далекое прошлое...) и вправо от нее (близкое будущее, далекое будущее...). Изображение на экранах становится то большим, то маленьким, действие то замедляется, то ускоряется...

Сложно? Да. сложно. Мир, в котором мы живем, устроен сложно. И если мы хотим его познавать и преобразовывать, наше мышление должно правильно отражать этот мир. Сложному, динамичному, диалектически развивающемуся миру должна соответствовать в нашем сознании его полная модель - сложная, динамичная, диалектически развивающаяся.

Зеркало, отражающее образ мира, должно быть большим и многогранным. Как на картинах Чюрлениса.

Пожалуй, ни у какого другого художника нет столь сильного «системного видения» мира. Во многих картинах Чюрлениса на одном полотне даны не только «изображаемая система», но и ее «подсистемы» и «надсистема», в которую входит «система». В «Сонате моря» (аллегро) одновременно три разных масштаба. С высоты птичьего полета изображены прибрежные холмы. Но волны нарисованы в ином масштабе; они показаны глазами человека, стоящего на мелководье: сквозь воду видна игра света и теней на песчаном дне, видны силуэты рыб. И тут же еще один масштаб, совсем крупный - для «подсистем»: капли и пузырьки воздуха увиденны почти вплотную...

Читатель вправе спросить: речь, (следовательно, идет уже не о талантливом, а о гениальном мышлении? Да, это так. Более того, даже у гениев такое мышление бывает далеко не каждый день. В сущности, «полная экранная схема» показывает мышление гения в его звездные часы, весьма нечастые и в жизни великих мыслителей и художников. «Полная схема»-это ИКР, а приближение к этому идеалу - АРИЗ. Нетрудно заметить, что АРИЗ представляет собой линейную развертку «полной схемы» плюс информационное обеспечение, позволяющее «рисовать» требуемые схемой «изображения».

ДИАЛЕКТИКА АНАЛИЗА

При изучении ТРИЗ сначала осваивают отдельные операции, составляющие «полную схему», а затем начинается самое трудное - объединение отдельных операций в систему мышления. На этом этапе наряду с решением обычных изобретательских задач нужны тренировки на сложных проблемах. В частности, в экспериментах использовался вопрос: «В чем смысл жизни?»)

Если группа только приступила к занятиям, идет обычный перебор вариантов: все варианты на уровне исходной системы («смысл жизни человека») и только в настоящем времени.

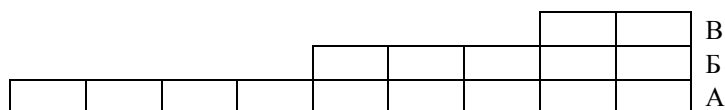


Рис. 9.

Иначе проходит занятие в обученной групп. Сразу вносятся коррективы в саму постановку вопроса: жизнь надо рассматривать как минимум на трех уровнях (клетка, организм, общество), причем на каждом уровне должно быть три этапа (прошлое, настоящее, будущее). Возникает схема наподобие той, что приведена на рис. 8. Но клетки древнее организмов, а организмы древнее общества. схему надо изменить, это очевидно (рис. 9).

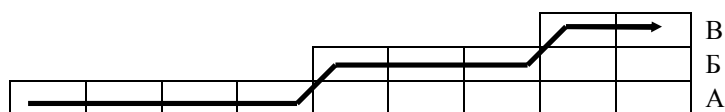


Рис. 10.

Развитие одноклеточных замедлилось с тех пор, как природа «изобрела» организм (этаж B). Поправка вторая: развитие организмов (биологическое) замедлилось с тех пор, как было «изобретено» общество (этаж B). Главная линия развития идет ступенчато, переходя с этажа на этаж (рис. 10).

Схему можно дополнить снизу еще более длинными этажами: «жизнями» молекул, атомов, элементарных частиц... Слишком тяжелые атомы неустойчивы: «этаж» атомов обрывается где-то около сотого «образца», дальнейшее развитие идет за счет объединения атомов в молекулы. «Этаж» молекул перехватывает эстафету развития: образуются все более сложные молекулы, вплоть до полимеров и белков. Однако с появлением белков развитие молекул останавливается: эстафета перехватывается клетками, которые тоже образуют «этаж» последовательно развивающихся «образцов», и, хотя известны очень крупные клетки (у водорослей), развитие опять-таки перехватывает надсистема - организм. Сначала происходит простое объединение клеток, но постепенно возникают все более сложные организмы - вплоть до человека. Впрочем, еще задолго до появления человека природа начала «экспериментировать», пробуя создавать из организмов (муравьи, пчелы) надсистемы. По-видимому, эти экспериментальные надсистемы оказались плохими по одному, но решающему критерию: они не обеспечивали ускорения темпов развития, наоборот, темпы развития этих надсистем оказались близкими к нулю. Природа вынуждена была «изобрести» человека, и только тогда развитие перешло на следующий «этаж».

Возникает вопрос о причинах «лестничной» эстафеты. Ответ почти очевиден: чем выше этаж, тем больше он независим от внешних условий. Элементарные частицы (если они взаимодействуют с внешней средой) живут ничтожно мало. Неорганические (и простые органические) соединения более «живучи», но и они почти беззащитны против внешнего воздействия - нагрева, охлаждения, химических реакций. Белок и клетка - более высокие ступени организации материи в ее борьбе за независимость от внешних условий. Еще более высокая ступень - организм. Клетки нашего тела обновляются в среднем через семь лет; организм в целом живет на порядок больше. Он выстает и в тех случаях, когда внешнее воздействие уничтожает часть клеток. Общество еще устойчивее по отношению к внешним воздействиям и намного защищеннее отдельного организма.

Любопытно применить построенную схему к анализу «Соляриса» Лема или «Черного Облака» Хойла. В обоих случаях - явное нарушение «лестничной» эстафеты: организм должен был перейти на уровень общества, а он продолжал увеличиваться, оставаясь одним организмом, и дорос до размеров целой планеты...

Схему можно дополнить и сверху. Развитие общества будет идти до определенного времени, а затем произойдет переход на следующий «этаж», на котором общество будет играть такую же роль, какую клетка играет в организме...

Сейчас много внимания уделяют проблеме внеземных цивилизаций. Каковы они, эти иноземные цивилизации? Почему они не ищут нас и не сигнализируют нам? Почему мы не видим проявлений их деятельности?

Сверхцивилизация мыслится на уровне общества, но только более развитого, более энергетически вооруженного. А на самом деле сверхцивилизации должны быть этажом выше, на уровне надобщества. Может ли отдельная клетка рассчитывать на то, что именно ее будет специально искать (для установления контакта!) организм?..

На проекты радиотелескопов, на попытки поймать сигналы сверхцивилизаций затрачивается все больше и больше средств и усилий. Между тем из схемы видно, что каждый этаж все быстрее создает условия для появления следующего этажа. Над этажом «общество» должен сравнительно быстро появиться этаж «надобщество». а потом - еще быстрее - этаж «наднадобщество». Сверхцивилизации могут оказаться удаленными от нас (по этажам) дальше, чем человек удален от элементарных частиц...

Обратите внимание: мы еще не начали исследование взятой проблемы («В чем смысл жизни человека?»), но сама постановка проблемы по «полной схеме» уже дала много нового и интересного. Надо подчеркнуть: это всего лишь фрагмент одного из занятий. В учебную программу общественных школ изобретательского творчества входит 15 занятий такого типа, составляющих вместе курс развития воображения. Другие примеры читатель найдет в [19, с. 138-166].

В результате таких занятий яснее становится механизм развития технических систем, в частности «лестничный» характер этого развития. Исчерпав резервы развития, техническая система входит в качестве подсистемы в состав более сложной системы. При этом развитие исходной системы резко замедляется. Эстафету перехватывает образовавшаяся система.

Взять хотя бы историю кораблестроения. Корабли, приводимые в движение веслами, были вытеснены парусно-гребными кораблями, и весла перестали развиваться. Началась долгая жизнь новой системы - кораблей парусно-гребных. Постепенно они стали чисто парусными, и тогда снова совершился переход к более сложной системе: появились корабли парусно-паровые. Темпы развития парусов замедлились: со временем парусно-паровые корабли стали чисто паровыми...

ЭКСПЕРИМЕНТ ДУНКЕРА

Итак, многие признаки талантливого мышления нам известны. Мы можем обоснованно судить об операциях, совершаемых при решении задачи: хороши или плохи эти операции, ведут ли они в тупик или приближают к ответу. Но ведь психологи, экспериментировавшие с решением задач, не знали о системном подходе, об ИКР и т. д. Как же они вели эксперименты?

Возьмем один из самых известных экспериментов К. Дункера - решение задачи об X-лучах (1926 г.). В 1935 г. появилась его другая работа - более подробная, но основанная на тех же экспериментах.

Вот эта задача [5, с. 49]: «Ваша задача состоит в том, чтобы определить, каким образом следует применить определенный вид X-лучей, имеющих большую интенсивность и способных разрушить здоровые ткани, чтобы излечить человека от опухоли в его организме (например, в желудке)».

Ниже приведен протокол решения, который, как пишет К. Дункер, «особенно богат типическими ходами мысли» [5, с. 88]:

1. Пустить лучи через пищевод.
2. Сделать здоровые ткани нечувствительными к лучам путем введения химических веществ.
3. Путем операции вывести желудок наружу.
4. Уменьшить интенсивность лучей, когда они проходят через здоровые ткани, например (можно так?) полностью включить лучи лишь тогда, когда они достигнут опухоли. (*Экспериментатор*: Неверное представление, лучи - не шприц.)
5. Взять что-либо неорганическое (не пропускающее лучей) и защитить таким образом здоровые стенки желудка. (*Экспериментатор*: Надо защитить не только стенки желудка.)
6. Что-нибудь одно: или лучи должны пройти внутрь, или желудок должен быть снаружи. Может быть, изменить местоположение желудка? Но как? Путем давления? Нет.
7. Ввести (в полость живота) трубочку? (*Экспериментатор*: Что, вообще говоря, делают, когда надо вызвать каким-либо агентом на определенном месте такое действие, которого надо избежать на пути, ведущем к этому месту?)

8. Нейтрализуют действие на этом пути. Я все время стараюсь это сделать.
9. Вывести желудок наружу. (*Экспериментатор* повторяет задачу и подчеркивает: «при достаточной интенсивности».)
10. Интенсивность должна быть такова, чтобы ее можно было изменять.
11. Закалить здоровые части предварительным слабым облучением. (*Экспериментатор*: Как сделать, чтобы лучи разрушали только область опухоли?)
12. Я вижу только две возможности: или защитить здоровые ткани, или сделать лучи безвредными. (*Экспериментатор*: Как можно уменьшить интенсивность лучей на пути до желудка?)
13. Как-нибудь отклонить их диффузное излучение - рассеять... Широкий и слабый пучок света пропускать через линзу таким образом, чтобы опухоль оказалась в фокусе и, следовательно, под сильным действием лучей. (Общая продолжительность около 30 мин.)»

Итак, сделано более 10 проб. За 30 мин мы приблизились к ответу (в опухоли перекрещиваются многие слабые лучи, идущие с разных сторон). При этом экспериментатор многократно вмешивался в ход решения.

Введем одно правило из АРИЗ: менять надо инструмент, а не изделие (технический объект, а не природный). Рассмотрим каждый этап решения с учетом этого правила.

1. В задаче два вещества (опухоль и здоровые ткани вокруг нее) и одно поле (рентгеновские лучи). Оба вещества - природные, оба изделия. Инструмент - лучи. Первый вариант - попытка что-то сделать со здоровыми тканями (найти в них «сквозной путь»). Это явное нарушение правила, отсюда пустой вариант.

2. Снова объектом взято «изделие» - снова пустой вариант.

3. Взято «изделие» - пустой вариант.

4. Впервые взят инструмент! Формулировка, кстати, близка к ИКР. Но экспериментатор грубо обрывает отличную мысль. Испытуемый очень хорошо сформулировал, что надо в идеальном случае. Лучи, как и шприц, сначала занимают большой объем, потом идут тонкой «иглой», затем снова занимают большой объем (облучая всю опухоль). Много - мало - много. Экспериментатор должен был сказать: наконец-то взят нужный элемент (лучи), теперь только о нем и надо думать. Между тем экспериментатор мешает испытуемому, сбивает его с правильного пути: лучи - не шприц, идея не годится... Можно ли сделать так, чтобы плотность энергии была разной вдоль луча? В принципе можно: стоячие волны; пучность в районе опухоли. Отсюда, кстати, легко прийти к идее пучка.

5. Испытуемый, сбитый экспериментатором с правильного пути, снова берется за элемент, который нельзя менять...

6. В переводе на язык АРИЗ: за что браться - за инструмент или за изделие? Поставив так вопрос, испытуемый берется за изделие...

7. Снова взято изделие. И экспериментатор начинает подталкивать испытуемого в нужную сторону, обращая его внимание на инструмент, обозначенный словом «агент».

8. Испытуемый резонно отвечает: надо нейтрализовать (тут два пути - сделать ткани нечувствительными или как-то обезвредить лучи).

9. Опять взято изделие... Экспериментатор вынужден обратить внимание испытуемого на лучи. Для этого приходится повторить задачу и подчеркнуть слова, относящиеся к интенсивности лучей.

10. Испытуемый частично возвращается к формулировке 4.

11. Но тут же вновь перескакивает на тот элемент, который нельзя менять. Тогда экспериментатор, отбросив тонкости, прямо «разворачивает» испытуемого «лицом к лучам».

12. Испытуемый повторяет старое: «или-или». И тут происходит нечто потрясающее: экспериментатор дает прямую подсказку..., повторяя то, что сам отверг на шаге 4: как уменьшить интенсивность лучей на пути до желудка?..

13. Естественно, сразу появляется верный ответ. Зная правило (меняй инструмент), мы теперь видим, в чем причины ошибок испытуемого... и экспериментатора. Пожалуй, экспериментатор в этот раз действовал хуже испытуемого. Испытуемый сформулировал нечто похожее на ИКР, а экспериментатор резко сбил его с этой позиции. Экспериментатору хотелось прямого приближения к ответу, он не учитывал, что путь познания - не прямая линия. Сначала нужен ход в сторону - к ИКР, а оттуда - к ответу.

Что же делает дальше сам К. Дункер? Как он анализирует протокол? А вот как. Он группирует ответы. Получаются три группы:

1. Устранение контакта между лучами и здоровыми тканями (на языке АРИЗ: рассматриваются два элемента - изделие и инструмент).

2. Понижение чувствительности здоровых тканей (рассматривается изделие).

3. Понижение интенсивности лучей на пути через здоровые ткани. Сюда относятся два варианта - 4 и 13 (объектом взят инструмент. Интересная деталь: логика анализа заставила Дункера объединить ответы 4 и 13; но он не пересмотрел своей реплики в варианте 4, не увидел, что она уводила испытуемого с правильного пути...).

Итак, 11 «пустых» вариантов из 13 не появились бы, если бы было введено правило об изделии и инструменте.

Эту задачу предложили решить в группе из 15 чел. (учащиеся ПТУ). Задачу решил один человек (киномеханик, для которого рассеивание и фокусирование лучей - азбука), остальные за 45 мин не получили контрольный ответ. После объяснения правила задачу решили все, самый длинный перебор был четыре варианта. В другой группе сначала объяснили правило, а затем предложили задачу. Решили все, более половины - с первого варианта.

Почему же Дункер не заметил того, что так отчетливо выделилось, когда он сгруппировал варианты? Почему не обнаружил, что ошибки связаны с попытками менять природные объекты, а правильные ответы привязаны к изменению инструмента? Дункер - психолог. Его интересовали не объективные законы развития технических систем, а психологические аспекты: как испытуемый уясняет задачу, как развивается решение (от первой идеи до окончательной формулировки) и т. д. Дункер (как и другие исследователи, изучающие творчество с «чисто психологических» позиций) не понимал, что развитие систем первично, а психология вторична.

Мыслительные операции хороши тогда, когда они соответствуют объективным законам развития технических систем (вспомните аналогию с действиями рулевого на корабле, плывущем по извилистой реке). Технические системы развиваются в направлении увеличения идеальности - это закон. Когда на шаге 4 испытуемый сделал попытку наметить идеальную (для заданной задачи) структуру луча, это было правильное действие. А экспериментатор решил, что здесь ошибка.

Стоит ли после этого удивляться, что «чисто психологический» подход практически ничего не дал изобретателям?

Впрочем, для нас важнее другое. Применив к задаче Дункера операции АРИЗ, мы получили возможность яснее увидеть механизм действия шагов: эти шаги позволяют отбрасывать «пустые» варианты и ведут к ответу в обход. Зачем биться о стену, если ее можно обойти?..

ДВА ИНТЕРЕСНЫХ ПРИМЕРА

Вернемся к задачам.

Задача 34

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

Запишем решение с шага 2.2 (терминов в условиях задачи уже нет).

2.2. Изделие - цилиндр (по правилу 4 берем один цилиндр). Краска (поток краски, факел распыляемой краски) - инструмент (строго говоря, часть инструмента, непосредственно взаимодействующая с изделием). Краскораспылитель без краски не взаимодействует с цилиндром, поэтому не входит в конфликтующую пару. А раз так, значит, наша задача в том, чтобы научиться хорошо красить плохим (любым, даже отсутствующим) распылителем.

По условиям задачи краски может быть очень много или очень мало. Предпочтение надо отдать первому варианту (правило 3). Итак, конфликтующая пара: цилиндр и большое (избыточное) количество краски.

2.3. 1. Большое количество краски легко и быстро наносится на цилиндр (облили его краской или опустили в краску).

2. Большое количество краски образует на цилиндре лишний слой.

Вся задача фактически сводится к ликвидации избытка краски (правда, лучше ликвидировать не вообще, а так, чтобы избыток вернулся в бак). По «здоровому смыслу» надо стараться не допустить образования избытка: зачем сначала создавать избыток, а потом его ликвидировать?.. Логика АРИЗ иная: избыточный слой краски можно легко нанести; что ж, прекрасно - наносим его! Изделие покрашено (притом быстро), остается убрать избыток краски. Фактически задача «Как хорошо наносить краску?» заменена задачей «Как хорошо удалять краску?».

2.4. Итак, модель задачи следующая. Даны цилиндр и большое количество краски, которое легко нанести на цилиндр, но при этом образуется лишний, избыточный слой.

3.1. Оба элемента с трудом поддаются изменению. Цилиндр - изделие, а на изменение краски условиями задачи наложены ограничения. Используем в качестве изменяемого элемента внешнюю среду.

3.2. ИКР: внешняя среда сама ликвидирует лишний слой краски на цилиндре, хотя краска подается

на цилиндр в большом количестве (с избытком).

3.3. Можно просто показать цилиндр с толстым слоем краски и отметить избыток (рис. 11,а). Можно, используя метод ММЧ, показать границу краски (что такое в данном случае «внешняя среда», мы пока не знаем) в виде маленьких человечков (рис. 11,б). В обоих случаях выделенная зона там, где избыточный слой.

3.4. Далее решение пойдет двояко - в зависимости от того, как мы записали шаг 3.3:

для рис. 11.а

а) для удаления избыточного слоя нужны какие-то силы;

б) эти силы не нужны или даже вредны. Почему? Видимо, чтобы они не тянули вслед за избыточным слоем полезный слой;

для рис. 11,б

а) для удаления лишних человечков нужны какие-то силы;

б) но эти силы вредны, ибо могут утащить и тех человечков, которые примыкают к поверхности цилиндра. На рисунке сразу видна важная особенность: частицы краски соединены между собой связями, притом *разными*. «Полезные» человечки держатся за поверхность, а «лишние» - друг за друга. Разная сила связи обозначает, что есть признак, по которому можно отличать «лишних» человечков от «полезных».

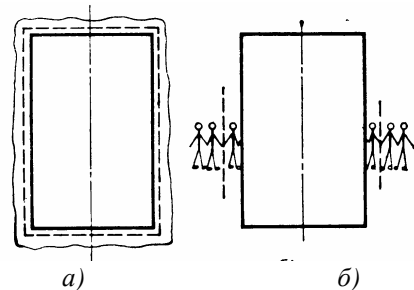


Рис. 11.

Если учесть, что даны два вещества (краска и цилиндр) и, следовательно, придется ввести поле, мы вплотную подойдем к решению задачи. Неэлектрическое (таковы условия задачи) поле должно отрывать «лишних» (удаленных от цилиндра) человечков и не должно отрывать «полезных» (ближайших к цилиндру).

Не используем ММЧ, так как задача несложная и метод способен «перемолоть» ее на полдороги.

3.5. ФП: а) выделенная зона внешней среды должна действовать на избыток краски, чтобы его удалить, и не должна действовать на избыток, чтобы он не потянул за собой полезный слой;

б) выделенная зона внешней среды должна быть и не должна быть.

4.1. Здесь явно требуется разделить противоречивые свойства в пространстве. Но как?

4.2. Задача класса 8: взаимодействуют два вещества, причем оба они плохо поддаются управлению (поэтому и плохо взаимодействуют). Решение: нужно ввести поле, которое по-разному действует на эти вещества

$$\begin{array}{c} \Pi \\ \times \quad \times \\ \longrightarrow V_1 \leftarrow \sim \sim \sim \longrightarrow V_2 \Rightarrow V_1 \leftrightarrow V_2 \end{array}$$

Какое именно поле? Электрическое поле отпадает по условиям задачи, магнитное поле - тоже (краска и цилиндр немагнитны, а вводить добавки запрещено). Гравитационное поле уже есть, но оно не дает нужного взаимодействия. Остаются два поля - тепловое и механическое. Тепловое поле может испортить краску, в механическом поле краску надо привести в движение, чтобы при этом удалился лишний слой. Механическое поле должно быть слабым у поверхности цилиндра и сильным в более далеких слоях краски. Рассмотрим приложение 3. Для данной задачи подходят п.п. 6, 7 и 12. Если рассматривать только механические эффекты, ответ очевиден: действуют центробежные силы. Цилиндр окунают в краску и вращают: центробежная сила сбрасывает лишнюю краску. Сбросом управляют, регулируя число оборотов. Одновременно можно обрабатывать много цилиндров (а с. № 242714).

Задача 34 может показаться легкой: цилиндры (банки!), краска - уровень XIX века... Удастся ли с той же легкостью управлять процессом решения современной сложной задачи? Что ж, возьмем современную задачу.

Задача 35

Для исследовательских целей нужно знать так называемую подвижность ионов в газах (скорость их направленного перемещения). Напряженность заданна, расстояние между электродами известно, нужно измерить время дрейфа ионов от электрода к электроду. Так и поступают. В фиксируемый момент времени вводят (у поверхности одного из электродов) ионы, а затем измеряют время их дрейфа под действием поля до другой точки (у другого электрода). Для определения подвижности ионов другого знака полярности меняются на противоположные.

Однажды потребовалось решить эту задачу при условии, что состав газа быстро (30 мкс) меняется. Было и дополнительное требование: простота оборудования. Между тем с увеличением быстродействия

появилась необходимость создать высоковольтные схемы синхронизации и запуска, на разработку которых нужно было затратить немало времени и сил.

Итак, за 30 мкс нужно измерить продолжительность дрейфа ионов обоих знаков. Если проводить измерения последовательно, каждое из них придется выполнять максимум за 10-12 мкс. Явно выгоднее проводить измерения одновременно. Задача так и была поставлена. Но проработка по оператору РВС, проведенная до анализа, заставила вернуться к принципу последовательных измерений. Мысленно увеличим размеры ионов: навстречу друг другу движутся противоположно заряженные теннисные шары. Еще увеличим размеры: на встречных курсах движутся противоположно заряженные планеты. Огромные заряды неизбежно вызовут взаимодействие планет. Но ведь подобное взаимодействие должно возникнуть и при сближении противоположно заряженных ионов! Оператор РВС заставил обратить внимание на обстоятельство, которое не было замечено при постановке задачи. Пришлось отказаться от принципа одновременного измерения подвижности ионов двух знаков. Пусть один ион пробежит дистанцию и мгновенно, без потерь времени сменится ионом другого знака. Мы избегаем от помех, но, увы, проигрываем в дополнительном усложнении оборудования: нужно с величайшей точностью определить момент прибытия на «финиш» иона одного знака, чтобы тут же дать «старт» иону другого знака.

В задаче упомянуто шесть элементов: два электрода, два вида ионов, газ, электрическое поле. Что же взять в качестве конфликтующей пары? «Изделие» - ионы, инструмент - поле. Электроды остаются «вне игры» (как краскораспылитель в задаче 33 и камера в задаче 29).

Однако здесь мы впервые сталкиваемся с «электрической» спецификой задачи. Какой ион включить в конфликтующую пару - положительный или отрицательный? С отрицательного иона, когда он прибывает на «финиш», нужно будет «сдирать» лишние электроны, к положительному иону на финише придется «добавлять» недостающие электроны. В сущности та же ситуация, что и в задаче о краске: идти от «много», убирая избыток, или от «мало», добавляя то, чего недостает?

Когда задача 34 решалась впервые, взяли положительные ионы... и ни к чему не пришли. Потом взяли отрицательные ионы и получили новую идею. Сломать что-то (будь то дом, статуя, молекула или атом) легче, чем достроить - увы, таково правило. Хотя бы просто потому, что для постройки нужно привнести материал извне (его может не оказаться), а для разрушения дополнительного материала не нужно. «Увеличивать энтропию проще, чем уменьшать», - можно пользоваться и такой формулировкой.

Итак, конфликтующая пара «отрицательный ион - электрическое поле». Суть конфликта в том, что поле умеет гнать ион от электрода к электроду, но на «финише» поле без посторонней помощи не может заменить отрицательный ион положительным. На шаге 3.1 в качестве объекта возьмем поле (инструмент), тогда ИКР будет звучать так: «Поле само меняет знак отрицательного иона, сохраняя способность перемещать этот ион». Отчетливо видно ФП: «Поле должно ломать отрицательный ион, чтобы его нейтрализовать или превратить в положительный, и не должно ломать ион, чтобы он пробежал дистанцию». Столь же ясно просматривается и путь устранения ФП (шаг 4.1): разделение противоречивых свойств в пространстве.

На дистанции поле не должно ломать ионы, а у финиша поле должно быть иным - пусть ломает отрицательные ионы, пусть отбирает у них электроны (тогда из отрицательных ионов будут возникать положительные). Как это сделать? У нас уже была такая задача: в столбе воздуха не появлялись ионы (никто не изымал электроны у нейтральных молекул) при слабых полях (радиоволны) и происходила ионизация (шло изъятие электронов у нейтральных молекул) при появлении сильного поля (молния).

Итак, нужно неоднородное поле: у поверхности «финишного» электрода оно должно иметь местное усиление, своего рода «прибрежный риф», о который разобьется «ионный корабль», или гвоздь, на который натолкнется поднимающийся вверх воздушный шарик: натолкнется, лопнет... и пойдет вниз (уже в другом состоянии).

С точки зрения вепольного анализа модель задачи относится к классу 9: взаимодействуют поле и вещество, заменять эти элементы по условиям задачи нельзя (мы измеряем подвижность именно ионов и именно в электрическом поле); нужно обеспечить хорошее управление одним из элементов. Типовое вепольное преобразование: введение второго вещества, хорошо поддающегося управлению или превращающего поле Π_1 и Π'_1 . На «финишном» электроде должно быть вещество, которое превращает относительно слабое поле, общее для всей «дистанции», в местное сильное поле.

Итак, положительный электрод должен иметь «иглу» (или вообще только из иглы и состоять). Положительный потенциал надо подобрать так, чтобы напряженность у «иглы» была меньше начальной напряженности самостоятельного коронного разряда (такой разряд создал бы помехи), но больше критической напряженности, при которой распадаются отрицательные ионы. Вот, собственно, и все. В момент времени T_1 , регистрируемый, например, с помощью электронного осциллографа, у внутренней поверхности отрицательного электрода создается сгусток отрицательных ионов, которые под действием поля начинают дрейфовать к положительному электроду. При подходе к нему ионы попадают в область сильного поля и там распадаются на электроды и нейтральные молекулы. Электроны ионизируют нейтральные молекулы газа, вызывая вспышку несамостоятельной положительной короны, в которой возникают по-

ложительные ионы.

Регистрируют момент времени T_2 образования этой вспышки, которая одновременно служит и индикатором поступления отрицательных ионов, и генератором положительных ионов, стартующих в момент времени T_2 в обратном направлении. Далее регистрируют момент времени T_3 прихода положительных ионов на отрицательный электрод и получают, таким образом, на одной осциллограмме три отметки времени, по которым определяют времена дрейфа отрицательных и положительных ионов.

Впрочем, это уже технические детали. Важно другое: решение такой задачи по АРИЗ не отличается от решения простых задач с банками, калькой или шлифовальным кругом. Лишь на самом последнем этапе - при переходе от физического решения к техническому - требуются специальные знания. Надо, например, знать, что распад отрицательных ионов может сопровождаться вспышкой. Пока это не отражено в таблице физических эффектов и явлений...

Задачи

Пять приведенных ниже задач надо решить по АРИЗ с шага 2.2 по 4.2. Основное внимание по-прежнему должно быть уделено ходу решения, точному выполнению шагов.

Задача 36

По трубопроводу перекачивают железорудную пульпу (взвесь железной руды в воде). Регулируют поток пульпы с помощью вентиля (задвижки). Но частицы руды, обладающие абразивными свойствами, быстро «съедают» задвижку. Как быть?

Задача 37

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

Задача 38

Чтобы продемонстрировать равноускоренное движение под действием силы тяжести, используют наглядное пособие, состоящее из наклонной плоскости и скатывающейся по ней тележки. На тележке установлена капельница - сосуд с окрашенной жидкостью, вытекающей в виде отдельных капель через равные промежутки времени. Вдоль пути тележки укладывают бумажную ленту. Если тележка движется равномерно, расстояние между упавшими каплями на ленте одинаковое, если тележка движется ускоренно, расстояние между точками - каплями возрастает.

Чтобы продемонстрировать равноускоренное движение возможно нагляднее, нужно, чтобы на ленте было много капель - отметок, т. е. нужна очень длинная наклонная плоскость. Но длинная плоскость (даже складная, раздвижная и т. п.) неудобна.

Нужно сохранить схему прибора, но сделать так, чтобы при небольших размерах наклонной плоскости на ленте получилось побольше отметок. Увеличивать частоту падения капель нельзя - будем считать, что они и так падают одна за другой.

Задача 39

Известно и широко применяется нанесение покрытий на металлические поверхности (без тока) химическим способом. Его сущность состоит в том, что металлическое изделие помещают в ванну, заполненную горячим раствором соли металла (никеля, кобальта, палладия, золота, меди). *Начинается* реакция восстановления, и на поверхность изделия оседает металл из раствора.

Процесс проходит тем быстрее, чем выше температура. Но при высокой температуре раствор разлагается, металл выпадает в осадок на дно и на стенки ванны, раствор быстро теряет рабочие свойства, через два-три часа его приходится менять. До 75 % химикатов идут в отходы, это удорожает процесс. Применение стабилизирующих добавок не решает задачу. Как быть?

Задача 40

Информация из журнала «Изобретатель и рационализатор» (1976, № 6, с. 5): «Хорошее мясо тонет» - этот принцип положили в основу своего изобретения (а. с. № 485 380) Е. Г. Савран, Н. Ф. Панков и В. П. Стоянов из ВНИИ птицеперерабатывающей промышленности, предложившие таким образом студить о качестве мяса. Продукт последовательно погружают в раствор поваренной соли различной концентрации». Взяв это изобретение за прототип, сделайте следующее, более совершенное изобретение.

40 ОСНОВНЫХ ПРИЕМОВ

ЕСЛИ БЫ ДЕТЕКТИВЫ ЗНАЛИ...

Наверное, читателя уже трудно удивить парадоксальностью, присущей изобретательству. Но вот еще один парадокс: задача может быть трудна только потому, что она... проста.

Задача 41

Иностранная фирма выпускала химические продукты, в частности спирт, который отвозили на разные химические предприятия, в том числе на лакокрасочный завод, расположенный в пяти километрах от завода-изготовителя. Три-четыре раза в неделю приезжал грузовик, к нему прицепляли заполненную и опломбированную цистерну емкостью 10 м³, и грузовичок отвозил ее на лакокрасочный завод. Там спирт сливали, тщательно измеряя его количество, а цистерну возвращали заводу-изготовителю. С некоторого времени спирт стал исчезать: каждый раз обнаруживали недостачу в 15-20 л, а под рождество исчезло даже 30 л... Проверили дозирующую аппаратуру на заводе-изготовителе и заводе-получателе - все в порядке. Проверили цистерну - ни малейшей щелочки. Проверили пломбы у очередной цистерны, прибывшей на лакокрасочный завод, - все пломбы абсолютно целы... И снова недостача 20 л! Не так уж много, но ведь обидно, да и опасно: не обнаружишь причину, исчезнут сотни литров...

Хозяин фирмы распорядился, чтобы цистерну везли в сопровождении охраны, - не помогло. Рассви-репешивший хозяин нанял частных детективов, и те заняли наблюдательные посты на всем пути следования - не помогло...

Но однажды задачу удалось решить. Каков же, по вашему мнению, был ответ?

Решая эту задачу перебором вариантов, обычно начинают с «ревизии» условий: «А может быть, измерительная аппаратура была все-таки неточной?.. Или спирт испарялся из неплотно закрытой цистерны?.. Или шофер грузовика сговорился с охраной?..» Потом переходят к физике и химии: «Не мог ли спирт вступить в химическую реакцию с веществом, из которого сделаны стенки цистерны?.. Может быть, объем спирта менялся в связи с изменением атмосферного давления и внешней температуры?..» Между тем ответ очень прост, и, если бы приглашенные детективы знали типовые приемы устранения противоречий, они решили бы задачу, не устраивая слежки. Прием 10: действие, которое трудно совершить в данный момент, должно быть осуществлено до этого момента. Трудно похитить спирт из запечатанной и охраняемой цистерны, но никакого труда не представляет совершить это накануне, когда цистерна пуста и никем не охраняется: иди с ведром к пустой цистерне - никто не остановит... Злоумышленник так и делал: накануне он подвешивал ведро внутри пустой цистерны. На следующий день цистерну заполняли спиртом... и ведро тоже заполнялось. Потом цистерну везли на завод-получатель и сливали спирт. А заполненное ведро оставалось внутри цистерны. Когда пустая цистерна возвращалась на завод-изготовитель, охрана, естественно, снималась, и злоумышленник мог спокойно извлечь свою добычу.

Попытки составить списки приемов предпринимались давно. В некоторых списках было по 20-30 приемов. Но отбор производился субъективно, в списки попадали приемы, которые тому или иному автору почему-то казались важными. Да и само понятие «прием» не имело четкого определения: в списках могли соседствовать «дробление» и «аналогия», хотя первое относится к технической системе, а второе - к мышлению изобретателя.

Приемы, используемые в АРИЗ, - это операторы преобразования исходной технической системы (устройства) или исходного технического процесса (способа). Причем не любых преобразований, а только таких, которые достаточно сильны, чтобы устранить технические противоречия при решении современных изобретательских задач. Такие приемы можно выявить только путем анализа больших массивов патентной информации, относящейся (это очень важно!) не ко всем изобретательским решениям, а только к решениям высших уровней (с третьего и выше).

Работа по составлению списка таких приемов была начата еще на ранних этапах становления теории решения изобретательских задач. Число исследованных авторских свидетельств и патентов постоянно увеличивалось. Список, входящий в АРИЗ-71, включал уже 40 приемов. Для их выявления пришлось просмотреть массив патентной информации в сотни тысяч единиц и отобрать свыше 40 тыс. сильных решений, которые подвергались затем тщательному анализу.

Знакомясь с этими приемами, обратите внимание: многие из них включают подприемы, которые нередко образуют цепь, где каждый следующий подприем развивает предыдущий.

Пусть вас не смущают «несерьезные» названия некоторых приемов. Конечно, вместо «принцип матрешки» можно сказать «принцип концентрирующей интеграции». Суть одна, но «матрешка» запоминается с первого знакомства и навсегда. И еще одно соображение: приемы для наглядности и компактности пояснены простыми примерами, это не значит, что приемы годятся только для простых изобретений.

ИНСТРУМЕНТЫ ТВОРЧЕСТВА

Рассмотрим 40 основных приемов устранения технических противоречий.

1. Принцип дробления

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

П р и м е р. Грузовое судно разделено на однотипные секции. При необходимости корабль можно делать длиннее или короче.

2. Принцип вынесения

Отделить от объекта «мешающую» часть («мешающее» свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть или нужное свойство.

В отличие от предыдущего приема, в котором речь шла о делении объекта на одинаковые части, здесь предлагается делить объект на разные части.

П р и м е р. Обычно на малых прогулочных судах и катерах электроэнергия для освещения и других нужд вырабатывается генератором, работающим от гребного двигателя. Для получения электроэнергии на стоянке приходится устанавливать вспомогательный электрогенератор с приводом от двигателя внутреннего сгорания. Двигатель, естественно, создает шум и вибрацию. Предложено разместить двигатель и генератор в отдельной капсуле, расположенной на некотором расстоянии от катера и соединенной с ним кабелем.

3. Принцип местного качества

- а. Перейти от однородной структуры объекта или внешней среды (внешнего воздействия) к неоднородной.
- б. Разные части объекта должны выполнять различные функции.
- в. Каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее благоприятных для ее работы.

П р и м е р. Для борьбы с пылью в горных выработках на инструменты (рабочие органы буровых и погрузочных машин) подают воду в виде конуса мелких капель. Чем мельче капли, тем лучше идет борьба с пылью, но мелкие капли легко образуют туман, это затрудняет работу. Решение: вокруг конуса мелких капель создают слой из крупных капель.

4. Принцип асимметрии

- а. Перейти от симметричной формы объекта к асимметричной.
- б. Если объект уже асимметричен, увеличить степень асимметрии.

П р и м е р. Противоударная автомобильная шина имеет одну боковину повышенной прочности - для лучшего сопротивления ударам о бордюрный камень тротуара.

5. Принцип объединения

- а. Соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты.
- б. Объединить во времени однородные или смежные операции. Пример. Сдвоенный микроскоп-танDEM. Работу с манипулятором ведет один человек, а наблюдением и записью целиком занят второй.

6. Принцип универсальности

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

П р и м е р. Ручка для портфеля одновременно служит эспандером (а. с. № 187964).

7. Принцип «матрешки»

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

- б. Один объект проходит сквозь полость в другом объекте.

П р и м е р. «Ультразвуковой концентратор упругих колебаний, состоящий из скрепленных между собой полуволновых отрезков, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что с целью уменьшения длины концентратора и увеличения его устойчивости полуволновые отрезки выполнены в виде полых конусов, вставленных один в другой» (а. с. № 186 781). В а. с. № 462 315 абсолютно такое же решение использовано для уменьшения габаритов выходной секции трансформаторного пьезоэлемента. В устройстве для волочения металла по а. с. № 304 027 «матрешка» составлена из конусных волок.

8. Принцип противовеса

- а. Компенсировать вес объекта соединением с другим объектом обладающим подъемной силой.
- б. Компенсировать вес объекта взаимодействием со средой (преимущественно за счет аэро- и гидродинамических сил).

П р и м е р. «Центробежный тормозного типа регулятор числа оборотов роторного ветродвигателя, установленный на вертикальной оси ротора, отличающийся тем, что с целью поддержания скорости вращения ротора в малом интервале числа оборотов при сильном увеличении мощности грузы регулятора выполнены в виде лопастей, обеспечивающих аэродинамическое торможение» (а. с. № 167 784).

Интересно отметить, что в формуле изобретения четко отражено противоречие, преодолеваемое изобретением. При заданной силе ветра и заданной массе грузов получается определенное число оборотов. Чтобы его уменьшить (при возрастании силы ветра) нужно увеличить массу грузов. Но грузы вращаются, к ним трудно подобраться. И вот противоречие устранено тем, что грузам придана форма, создающая аэродинамическое торможение, т. е. грузы выполнены в виде крыла с отрицательным углом атаки.

Общая идея очевидна: если нужно менять массу движущегося тела, а массу менять нельзя по определенным соображениям, то телу надо придать форму крыла и, меняя наклон крыла к направлению движения, получать дополнительную силу, направленную в нужную сторону.

9. Принцип предварительного противодействия

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

П р и м е р. «Способ резания чашечным резцом, вращающимся вокруг своей геометрической оси в процессе резания, отличающийся тем, что с целью предотвращения возникновения вибрации чашечный резец предварительно нагружают усилиями, близкими по величине и направленными противоположно усилиям, возникающим в процессе резания» (а. с. № 536866).

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.

Примером может служить приведенное выше решение задачи 41.

11. Принцип «заранее подложенной подушки»

Компенсировать относительно невысокую надежность объекта заранее подготовленными аварийными средствами.

П р и м е р. «Способ обработки неорганических материалов, например стекловолокон, путем воздействия плазменного луча, отличающийся тем, что с целью повышения механической прочности на неорганические материалы предварительно наносят раствор или расплав солей щелочных или щелочно-земельных металлов» (а. с. № 522 150). Заранее наносят вещества, «залечивающие» микротрещины. Есть а. с. № 456 594, по которому на ветвь дерева (до спиливания) ставят кольцо, сжимающее ветвь. Дерево, чувствуя «боль», направляет к этому месту питательные и лечащие вещества. Таким образом, эти вещества накапливаются до спиливания ветки, что способствует быстрому заживлению после спиливания.

12. Принцип эквипотенциальности

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

П р и м е р. Предложено устройство, исключающее необходимость поднимать и опускать тяжелые пресс-формы. Устройство выполнено в виде прикрепленной к столу пресса приставки с рольгангом (а. с. № 264 679).

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.

П р и м е р. Рассматривая задачу 9 (о фильтре для улавливания пыли), мы познакомились с а. с. № 156 133: фильтр сделан из магнитов, между которыми расположен ферромагнитный порошок. Через семь лет появилось а. с. № 319 325, в котором фильтр вывернут: «Электромагнитный фильтр для механической очистки жидкостей и газов, содержащий источник магнитного поля и фильтрующий элемент из зернистого магнитного материала, отличающийся тем, что с целью снижения удельного расхода электроэнергии и увеличения производительности фильтрующий элемент размещен вокруг источника магнитного поля и образует внешний замкнутый магнитный контур».

14. Принцип сфероидальности

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

б. Использовать ролики, шарики, спирали.

в. Перейти от прямолинейного движения к вращательному, использовать центробежную силу.

П р и м е р. Устройство для варки труб в трубную решетку имеет электроды в виде катящихся шариков.

15. Принцип динамичности

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

б. Раздолбить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга.

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

Пример. «Способ автоматической дуговой сварки ленточным электродом, отличающийся тем, что с целью широкого регулирования формы и размеров сварочной ванны электрод изгибают вдоль его образующей, придавая ему криволинейную форму, которую изменяют в процессе сварки» (а.с. № 258 490).

16. Принцип частичного или избыточного действия

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

Прием уже знаком по задаче 34: цилиндры окрашивают с избытком, который затем удаляют.

17. Принцип перехода в другое измерение

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

б. Использовать многоэтажную компоновку объектов вместо одноэтажной.

в. Наклонить объект или положить его «набок».

г. Использовать обратную сторону данной площади.

д. Использовать оптические потоки, падающие на соседнюю площадь или на обратную сторону имеющейся площади. Прием 17а можно объединить с приемами 7 и 15в. Получается цепь, характеризующая общую тенденцию развития технических систем: от точки к линии, затем к плоскости, потом к объему и, наконец, к совмещению многих объемов.

Пример. «Способ хранения зимнего запаса бревен на воде путем установки их на акватории рейда, отличающийся тем, что с целью увеличения удельной емкости акватории и уменьшения объема замороженной древесины бревна формируют в пучки, шириной и высотой в поперечном сечении превышающими длину бревен, после чего сформированные пучки устанавливают в вертикальном положении» (а.с. № 236 318).

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. «Способ безопилочного резания древесины, отличающийся тем, что с целью снижения усилия внедрения инструмента в древесину резание осуществляют инструментом, частота пульсации которого близка к собственной частоте колебаний перерезаемой древесины» (а.с. № 307986).

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.

Пример. «Способ автоматического управления термическим циклом контактной точечной сварки, преимущественно деталей малых толщин, основанный на измерении термо-э. д. с., отличающийся тем, что с целью повышения точности управления при сварке импульсами повышенной частоты измеряют термо-э. д. с. в паузах между импульсами сварочного тока» (а.с. № 336 120).

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.

Пример. «Способ обработки отверстий в виде двух пересекающихся цилиндров, например гнезд сепараторов подшипников, отличающийся тем, что с целью повышения производительности обработки ее осуществляют сверлом (зенкером), режущие кромки которого позволяют производить резание как при прямом, так и при обратном ходе инструмента» (а.с. № 262 582).

21. Принцип проскока

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

Пример. «Способ обработки древесины при производстве шпона путем прогрева, отличающийся тем, что с целью сохранения природной древесины прогрев ее осуществляют кратковременным воздействием факела пламени газа с температурой 300-600°C непосредственно в процессе изготовления шпона» (а.с. № 338 371).

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 восстановления сыпучести смерзшихся насыпных материалов, отличающийся тем, что с целью ускорения процесса восстановления сыпучести материалов и снижения трудоемкости смерзшийся материал подвергают воздействию сверхнизких температур» (а. с. № 409 938).

23. Принцип обратной связи

а. Ввести обратную связь.

б. Если обратная связь есть, изменить ее.

Пример. «Способ автоматического регулирования температурного режима обжига сульфидных материалов в кипящем слое путем изменения потока нагружаемого материала в функции температуры, отличающийся тем, что с целью повышения динамической точности поддержания заданного значения температуры подачу материала меняют в зависимости от изменения содержания сернистого газа в отходящих газах» (а. с. № 302 382).

24. Принцип «посредника»

а. Использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие.

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

Пример. «Способ тарировки приборов для измерения динамических напряжений в плотных средах при статическом нагружении образца среды с заложенным внутри него прибором, отличающийся тем, что с целью повышения точности тарировки нагружение образца с заложенным внутри него прибором ведут через хрупкий промежуточный элемент» (а. с. № 354 135).

25. Принцип самообслуживания

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

б. Использовать отходы (энергии, вещества).

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

26. Принцип копирования

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

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

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

Пример. «Наглядное учебное пособие по геодезии, выполненное в виде написанного на плоскости художественного панно, отличающееся тем, что с целью последующей геодезической съемки с панно изображения местности оно выполнено по данным тахеометрической съемки и в характерных точках местности снабжено миниатюрными геодезическими рейками» (а. с. № 86560).

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

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

28. Замена механической схемы

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

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

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

г. Использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами.

Пример. «Способ нанесения металлических покрытий на термопластичные материалы путем контакта с порошком металла, нагретым до температуры, превышающей температуру плавления термопласта, отличающийся тем, что с целью повышения прочности сцепления покрытия с основой и его плотности процесс осуществляют в электромагнитном поле» (а. с. № 445 712).

29. Использование пневмо- и гидроконструкций

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

Пример. Для соединения гребного вала судна со ступицей винта в вале сделан паз, в котором размещена эластичная полая емкость (узкий «воздушный мешок»). Если в эту емкость подать сжатый воздух, она раздуется и прижмет ступицу к валу (а. с. № 313 741). Обычно в таких случаях использовали металлический соединительный элемент, но соединение с «воздушным мешком» проще изготовить: не нужна точная подгонка сопрягаемых поверхностей. Кроме того, такое соединение сглаживает ударные нагрузки. Интересно сравнить это изобретение с опубликованным позже изобретением по а. с. № 445 611 на контейнер для транспортирования хрупких изделий (например, дренажных труб): в контейнере имеется надувная оболочка, которая прижимает изделия и не дает им биться при перевозке. Разные области

техники, но задачи и решения абсолютно идентичны. В а. с. № 249 583 надувной элемент работает в захвате подъемного крана. В а. с. № 409 875 - прижимает хрупкие изделия в устройстве для распиловки. Таких изобретений великое множество. Видимо, просто, пора прекратить патентовать такие предложения, а в учебники конструирования ввести простое правило: если надо на время деликатно прижать один предмет к другому, используйте «воздушный мешок». Это, конечно, не значит, что весь прием 29 перестанет быть изобретательским.

«Воздушный мешок», прижимающий одну деталь к другой, - типичный веполь, в котором «мешок» играет роль механического поля. В соответствии с общим правилом развития вепольных систем следовало ожидать перехода к фепольной системе. Такой переход действительно произошел: в а. с. № 534 351 предложено внутрь «воздушного мешка» ввести ферромагнитный порошок, а для усиления прижима использовать магнитное поле. И снова несовершенство формы патентования привело к тому, что запатентована не универсальная идея управления «воздушным мешком», а частное усовершенствование шлифовального «воздушного мешка»...

30. Использование гибких оболочек и тонких пленок

а. Вместо обычных конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие пленки.

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

Пример. «Способ формирования газобетонных изделий путем заливки сырьевой массы в форму и последующей выдержки, отличающийся тем, что с целью повышения степени вспучивания на залитую в форму сырьевую массу укладывают газонепроницаемую пленку» (а. с. № 339 406).

31. Применение пористых материалов

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

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

Пример. «Система испарительного охлаждения электрических машин, отличающаяся тем, что с целью исключения необходимости подвода охлаждающего агента к машине активные части и отдельные конструктивные элементы выполнены из пористых материалов, например пористых порошковых сталей, пропитанных жидким охлаждающим агентом, который при работе машины испаряется и таким образом обеспечивает кратковременное, интенсивное и равномерное ее охлаждение» (а. с. № 187 135).

32. Принцип изменения окраски

а. Изменить окраску объекта или внешней среды.

б. Изменить степень прозрачности объекта или внешней среды.

в. Для наблюдения за плохо видимыми объектами или процессами использовать красящие добавки.

г. Если такие добавки уже применяются, использовать люминофоры.

Пример. Патент США № 3 425 412: прозрачная повязка, позволяющая наблюдать рану, не снимая повязки.

33. Принцип однородности

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

Пример. «Способ получения постоянной литевой формы путем образования в ней рабочей полости по эталону методом литья, отличающийся тем, что с целью компенсации усадки изделия, полученного в этой форме, эталон и форму выполняют из материала, одинакового с изделием» (а. с. № 456 679).

34. Принцип отброса и регенерация частей

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

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

Пример. «Способ исследования высокотемпературных зон, преимущественно сварочных процессов, при котором в исследуемую зону вводят зонд-световод, отличающийся тем, что с целью улучшения возможности исследования высокотемпературных зон при дуговой и электрошлаковой сварке используют плавящийся зонд-световод, который непрерывно подают в исследуемую зону со скоростью не менее скорости его плавления» (а. с. № 433 397).

35. Изменение агрегатного состояния объекта

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

Пример. Патент ФРГ № 1 291 210: участок торможения для посадочной полосы выполнен в виде «ванны», заполненной вязкой жидкостью, на которой расположен толстый слой эластичного материала.

36. Применение фазовых переходов

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

Пример. «Заглушка для герметизации трубопроводов и горловин с различной формой сечения, отличающаяся тем, что с целью унификации и упрощения конструкции она выполнена в виде стакана, в который заливается легкоплавкий металлический сплав, расширяющийся при затвердевании и обеспечивающий герметичность соединения» (а. с. № 319 806).

37. Применение теплового расширения

а. Использовать тепловое расширение (или сжатие) материалов.

б. Использовать несколько материалов с разными коэффициентами теплового расширения.

Пример. В а. с. № 463423 предложено крышу парников делать из шарнирно-закрепленных пустотелых труб, внутри которых находится легкорасширяющаяся жидкость. При изменении температуры меняется центр тяжести труб, поэтому трубы сами поднимаются и опускаются. Кстати, это ответ на задачу 30. Разумеется, можно использовать и биметаллические пластины, укрепленные на крыше парника.

38. Применение сильных окислителей

а. Заменить обычный воздух обогащенным.

б. Заменить обогащенный воздух кислородом.

в. Воздействовать на воздух или кислород ионизирующими излучениями.

г. Использовать озонированный кислород.

д. Заменить озонированный (или ионизированный) кислород озоном.

Пример. «Способ получения пленок феррита путем химических газотранспортных реакций в окислительной среде, отличающийся тем, что с целью интенсификации окисления и увеличения однородности пленок процесс осуществляют в среде озона» (а. с. № 261 859).

39. Применение инертной среды

а. Заменить обычную среду инертной.

б. Вести процесс в вакууме.

Этот прием можно считать антиподом предыдущего.

Пример. «Способ предотвращения загорания хлопка в хранилище, отличающийся тем, что с целью повышения надежности хранения хлопок подвергают обработке инертным газом в процессе его транспортировки к месту хранения» (а. с. № 270 171).

40. Применение композиционных материалов

Перейти от однородных материалов к композиционным.

Пример. «Среда для охлаждения металла при термической обработке, отличающаяся тем, что с целью обеспечения заданной скорости охлаждения она состоит из взвеси газа в жидкости» (а. с. № 187 060).

КАК ИСПОЛЬЗОВАТЬ ПРИЕМЫ

Набор приемов подобно набору инструментов образует систему, ценность которой выше арифметической суммы ценностей, составляющих набор инструментов. Но и сами по себе отдельные приемы дают в некоторых случаях отличные результаты. Интересно в этом отношении исследование, проведенное свердловским изобретателем канд. техн. наук В. Е. Щербаковым. Существует довольно широко применяемый в технике теплообменный аппарат - трубка Вентури (скоростной промыватель, скруббер Вентури, турбулентный промыватель). Это простая трубка, суженная в середине. Скорость прохождения газа в месте сужения увеличивается, газ дробит подаваемую в трубку жидкость и смешивается с ее частицами. В сущности, это обычный пульверизатор. Но пульверизатор работает с небольшими объемами веществ, а трубку Вентури иногда приходится рассчитывать на пропускную способность в десятки тысяч кубометров газа в час. С ростом пропускной способности недопустимо растут и размеры аппарата. Как показывает само название, аппарат имеет удлиненную форму, поэтому его можно рассматривать как объект с линейной компоновкой. По приему 17 такие объекты должны развиваться в направлении «линия - плоскость - объем». Основываясь на этом, В. Е. Щербаков создал ряд компактных и мощных теплообменных аппаратов с плоскостной и объемной компоновками (а. с. № 486 768, 502 645 и др.)

Хорошее знание приемов заметно повышает творческий потенциал изобретателя. Поэтому в Болгарии отдельной книгой [20] издан список приемов, входящих в АРИЗ-71. Каждый прием проиллюстрирован многими примерами, позволяющими лучше почувствовать его возможности.

Одновременно с выявлением приемов составлялись и постепенно совершенствовались таблицы применения приемов для устранения типовых технических противоречий [13]. В таблицах записаны показатели, которые необходимо изменить (улучшить, увеличить, уменьшить), а также показатели, которые недопустимо ухудшаются, если использовать обычные (уже известные) способы. В клетках таблицы, на пересечении строк и колонок, записаны приемы. В последней модификации таблицы 39 строк и 39 колонок. Не все клетки заполнены, но и так таблица указывает приемы более чем для 1200 типов технических

противоречий.

При составлении таблицы для каждой клетки приходится определять авангардную отрасль техники, в которой данный тип противоречий устраняется наиболее сильными и перспективными приемами. Так, для противоречий типа «вес - продолжительность действия», «вес - скорость», «вес - прочность», «вес - надежность» наиболее подходящие приемы содержатся в изобретениях по авиационной и космической технике. Противоречия, связанные с необходимостью повышать точность, эффективнее всего устраняются приемами, присущими изобретениям в области оборудования для физических экспериментов.

Таблица применения приемов, используемых в ведущих отраслях техники, помогает находить сильные решения для обычных изобретательских задач. Чтобы таблица годилась и для задач, только еще возникающих в ведущих отраслях, она должна дополнительно содержать новейшие приемы, которые начинают входить в изобретательскую практику. Эти приемы чаще всего встречаются не в тех «благополучных» изобретениях, на которые выданы авторские свидетельства, а в заявках, отклоненных из-за «неосуществимости», «нереальности». Таблица, таким образом, отражает коллективный творческий опыт нескольких поколений изобретателей.

Например, в задаче 28 (измерение изготовленных конусов) точность измерения явно конфликтует с его сложностью: если использовать известный способ, придется оперировать с очень большим числом шаблонов и вести каждый промер с очень большой тщательностью. По таблице (пересечение строки 28 и колонки 37) получаем приемы 26, 24, 32, 28. Первый же прием (26-й) предлагает коренное изменение известного способа: не нужны никакие шаблоны, будем измерять не сам конус, а его копии, изображения, снимки.

Надо, однако, подчеркнуть, что таблица отнюдь не предназначена для решения «сырых» задач. Таблица - часть АРИЗ и должна быть использована совместно с другими его механизмами. В АРИЗ-77 применение таблицы - это шаг 4.4; сначала задача должна быть тщательно проанализирована.

Возьмем задачу 28. Даны два вещества: польный конус и шаблон (по правилу 4 в модели задачи должна быть одна пара), нет взаимодействия; задача относится к классу 4, как и задача о шлифовальном круге. Сходны до определенного момента и решения: в задаче о круге объект из твердого состояния был переведен в псевдожидкое (подвижный порошок); шаблон тоже можно сделать псевдожидким или просто жидким (нет центробежных сил, не надо думать о том, как удержать частицы). На этом, однако, сходство кончается, потому что задача о круге - на изменение, обработку, а задача о шаблонах - на измерение, обнаружение (зазоров между шаблоном и конусом). Теперь, когда анализ дал идею жидкого шаблона, легко притирающегося, но не приспособленного к измерениям, прием 26, подсказанный таблицей, приобретает точный смысл: надо снимать жидкий шаблон и сравнивать снимки с контрольным снимком. Конус ставят в ванну, наливают воду до определенного уровня и фиксируют уровень расположенным сверху фотоаппаратом. Затем доливают воду до следующего уровня и снова фотографируют на ту же пластинку. В результате на пластинке получается серия концентрических окружностей, которые легко сопоставить с окружностями на эталонном снимке (а. с. № 180 829).

ЗАДАЧИ

Приемы подобны инструментам - сами по себе они не работают. Нужно потренироваться в их применении, порешать несколько десятков задач,

Для начала решите хотя бы четыре задачи.

Задача 42

Горячие газообразные нефтепродукты при движении по трубам образуют твердые парафиновые отложения. Приходится останавливать аппаратуру и удалять парафин растворителем. Предложено заранее насыщать газообразные нефтепродукты парами растворителя (а. с. № 412 230). Какой прием использован в этом изобретении?

Задача 43

Существуют дождевальные машины, которые разбрызгивают воду из поднятой над поверхностью земли и раскручиваемой трубы. Чем длиннее труба, тем большую площадь может полить такая машина. Но с увеличением длины трубы увеличивается ее вес, а это усложняет конструкцию машины, увеличивает расход энергии и т. д. Какой прием надо использовать, чтобы устранить это техническое противоречие?

Задача 44

Как было показано на многочисленных примерах, использование «мешка с воздухом» стало тривиальным при решении задач, в которых надо на время прижать один хрупкий предмет к другому. А если вместо «мешка с воздухом» взять антипод - «мешок с вакуумом»? Как он выглядит? Найдите изобретательское применение «мешку с вакуумом».

Задача 45

Во многих технических устройствах используются движущиеся ленты в виде бесконечного кольца. Если, например, покрыть внешнюю поверхность такой ленты абразивным составом, получится шлифо-

вальная лента. В а. с. № 236 278 было предложено разрезать шлифовальную ленту, перекрутить один конец на 180° и снова соединить, получив так называемую ленту Мебиуса. Шлифующими стали обе поверхности ленты. Длина ее осталась той же, но и как бы вдвое увеличилась. Другие изобретатели проделали абсолютно тоже самое с магнитофонной лентой (а. с. №259449), ленточным фильтром (а. с. № 321 266), лентой станка для анодно-механической резки (а. с. № 464 429, девять авторов), конвейерной лентой (а. с. № 526 395) и десятками других лент. Какой прием здесь использован?

И еще один вопрос. Лента Мебиуса удваивает длину используемой поверхности. Но можно взять трехгранный шлифовальный ремень и перед соединением в кольцо сдвинуть концы на 120° . Тогда рабочая поверхность удлинится втрое (правда, став более узкой). Можно перекрутить многогранный ремень и удлинить поверхность в пять или десять раз. Но это изобретение выдано а. с. № 324 137. Спрогнозируйте изобретения, которые могут появиться в связи с этим авторским свидетельством.

ОТ ПРОСТЫХ ПРИЕМОМ К СЛОЖНЫМ

СЛАБОСТЬ И СИЛА ПРИЕМОМ

Основные приемы и таблицы их применения - пожалуй, самое простое в АРИЗ. Применение приемов не требует той дисциплины мысли, которая необходима для анализа (вепольного и «по шагам»), не требует знания физики. Таблица привлекает автоматизмом: не надо думать, взял исходные данные и получил почти готовый ответ. За нынешней маленькой таблицей и коротким списком приемов оптимисты видят множество больших таблиц и длинные списки приемов, а отсюда уже рукой подать до применения ЭВМ...

После публикации АРИЗ-71 появилось много предложений по усовершенствованию фонда основных приемов. Так, В. Д. Воронков предложил «переделать» изобретательские приемы в организационные, предназначенные для решения общих задач управления и организации [21]. Л. С. Гуткин дополнил список специальными (радиотехническими) приемами [22]. А. И. Половинкин разделил приемы на множество подприемов [23.] Такого рода попытки предпринимаются с самыми лучшими намерениями, но, к сожалению, на чисто волевых основах. Единственный путь совершенствования фонда приемов - анализ больших массивов патентной информации, относящейся к изобретениям высших уровней. Путь этот трудоемкий, но стоило бы проанализировать несколько соток тысяч изобретений, чтобы в конце концов получить «большую таблицу и длинный список», если бы они гарантировали решение трудных задач. Дело, однако, обстоит значительно сложнее.

АРИЗ-68 включал список в 35 приемов, причем было проанализировано 25 тыс. патентов и авторских свидетельств. При подготовке АРИЗ-71 число проанализированных изобретений увеличилось на 15 тыс., а список приемов пополнился только пятью новыми приемами.

Прежде чем механически продолжать анализ, «выскребывая дно котла», следует разобраться в природе уже выявленных 40 приемов. Какие из них сильные и какие слабые? Почему одни приемы сильнее других? Нельзя ли вести целенаправленный поиск новых сильных приемов?

Обычно исследователи отождествляли силу приема с частотой его применения. На самом деле это разные понятия, и, оценивая эффективность того или иного приема, надо принимать во внимание оба фактора. Впервые такое исследование провела Д. М. Хитеева. Взяв большой массив патентной информации, она прежде всего отсеяла изобретения первого уровня, оставшиеся изобретения разделила на 40 видов (по числу приемов), а внутри каждого вида - на три группы: 2-, 3-й и 4 - 5-й уровни. Затем для каждого вида (т. е. для каждого приема) был подсчитан коэффициент эффективности K по формуле

$$K = \frac{a + L_0 + M_e}{a + b + v}$$

где a - количество изобретений, относящихся к первой группе (2-й уровень); b - количество изобретений, относящихся ко второй группе (3-й уровень); v - количество изобретений, относящихся к третьей группе (4 - 5-й уровни); L и M - коэффициенты, характеризующие качественные отличия изобретения второй и третьей групп по сравнению с изобретениями первой группы.

Если взять небольшие и несильно отличающиеся друг от друга значения L и M (например, 3 и 5), то K в основном будет учитывать частоту использования приема. Если значения L и M велики и резко отличаются друг от друга (например, 10 и 100), вычисленная эффективность будет практически зависеть только от числа изобретений третьей группы. Поэтому Д. М. Хитеева приняла $L=5$, $M=25$. В этом случае коэффициент K мог иметь значения от 1 до 25; если прием давал только изобретения первой группы, то $K=1$; если все полученные данным приемом изобретения относились к третьей группе, то $K=25$.

Когда были подсчитаны значения K , выяснилось, что они меняются в очень широких пределах: от 3,9 (прием 3 - принцип местного качества) до 21,3 (прием 34 - принцип отброса и регенерации частей объекта).

Сопоставляя сильные и слабые приемы, Д. М. Хитеева пришла к интересным выводам. Оказалось, что слабые приемы стары и направлены на специализацию объектов, сильные приемы значительно новее и направлены на приближение объекта к идеальной машине, идеальному способу или идеальному веществу. В сильных приемах реализованы принципиально новые (обратные) подходы (приемы 13 и 22), используются физические эффекты (приемы 28 и 36), изменения более тонкие и «хитроумные» (прием 16), чем в старых и слабых приемах. Рассмотрим, например, приемы 19 (переход к прерывному действию) и 20 (переход к непрерывному действию). На первый взгляд, приемы родственные. Но у приема 20 коэффициент эффективности оказался в полтора раза выше, чем у приема 19. Почему? Непрерывность дейст-

вия - это приближение к идеальному способу, а прерывность -отход от него, и этот отход оправдан лишь в тех специальных случаях, когда переход к импульсному режиму дает новый эффект, как-то покрывающий потери времени в паузах.

Прием 9 (предварительное антидействие) оказался сильнее «родственного» приема 10 (предварительное действие). Дело в том, что прием 9 в сущности включает две операции: сделать заранее (прием 10) и сделать наоборот (прием 13). «Сдвоенный» прием, естественно, ведет к более радикальным преобразованиям объекта и поэтому сильнее одинарного приема. Итак, сильные приемы

- предлагают коренные изменения объекта;
- направлены на приближение объекта к идеальной машине;
- являются синтезом нескольких действий. Всем этим требованиям одновременно удовлетворяет подприем 28г: использование ферромагнитного порошка и магнитного поля (т. е. замена механической системы феполем). Интересно было подсчитать коэффициент эффективности для «фепольных» изобретений. Он оказался очень высоким - 23,7.

ПРИЕМЫ ОБРАЗУЮТ СИСТЕМУ

Представьте себе, что мир состоял бы только из химических элементов и их изотопов. В нем были бы возможны всего несколько сотен простых веществ. Реальный мир неизмеримо богаче, и достигнуто это богатство благодаря тому, что химические элементы вступают в соединения, образуя сложные вещества (точнее, много классов все более сложных веществ).

Так обстоит дело и с приемами. Подобно химическим элементам, они прежде всего очень редко встречаются в чистом виде. Рассмотрим, например, такой пример к приему 1: корабль разделен на блоки. Принцип дробления? Но ведь можно считать, что это прием 5 - принцип объединения: блоки объединены в корпус корабля. Фактически здесь использованы оба приема: сначала корпус разделен на блоки (дробление), а потом эти блоки собраны в единую конструкцию (объединение) - эффект достигнут именно совокупным применением двух приемов: прямого и обратного.

Как показала И. М. Фликштейн, все приемы могут образовывать пары «прием - антиприем». Некоторые из сорока приемов как раз и являются такими парами (например, отброс-регенерация частей), другие представляют собой «осколки» пар - их можно собрать в целые пары. Скажем, принцип местного качества (т. е. неоднородности) образует пару с принципом однородности. И даже такой «односторонний» прием, как увеличение числа измерений, имеет подходящий для образования пары антиприем - использование тонких пленок (т. е. переход от объема к плоскости).

Физические противоречия, как мы уже не раз видели, отражают двойственные требования: объект должен обладать и свойством и антисвойством: например быть проводником и диэлектриком. Двойственному «замку» должен соответствовать и двойственный «ключ»: по самой своей структуре двойственные приемы лучше приспособлены к устранению противоречий, чем одиночные (элементарные).

Если продолжать аналогию с химией, то можно сказать: парные приемы - это простейшие молекулы O_2 , N_2 , H_2 . Намного более распространены соединения, образованные разными молекулами. То же относится к приемам: чем сильнее изобретение, тем сложнее устроен «ключ» - сочетание приемов, использованных в этом изобретении. Вспомним задачу 9 (фильтр). Был фильтр из многослойной металлической ткани. Его раздробили на мелкие частицы (прием 1), объединили эти частицы в единое тело (прием 5), имеющее поры (прием 31), которые могут менять свои размеры (прием 15) под действием электромагнитного поля (прием 28). Здесь целая система приемов; достаточно убрать один из них - и задача не будет решена. Трудные задачи потому и трудны, что для их решения нужны определенные сочетания приемов (как в химии: H_2SO_3 и H_2SO_4 обладают разными свойствами и дают разные реакции).

Может возникнуть вопрос: как же быть с таблицей применения приемов? Ведь таблица подсказывает только одиночные приемы.. Что ж, надо учитывать ее особенность. Пусть таблица подскажет, что нужно использовать прием 1 - дробление. Сразу можно внести поправку: сначала дробление, потом объединение раздробленных частей плюс что-то еще, чтобы собрать эти раздробленные части в единое целое.

В химии есть вещества, имеющие особенно важное значение для химической промышленности, - несколько кислот и щелочей, некоторые соли. И если уж развивать аналогию с химией, закономерно спросить: имеются ли сочетания приемов, играющие в изобретательстве такую же важную роль? Да. Это, например, веполи и феполи. Переход от вещества к полному веполу всегда включает совокупное использование группы приемов, мы это не раз видели на примерах.

Есть еще одна важная группа сложных приемов: сочетания, в которые входят принцип предварительного действия (прием 10) и принцип частичного исполнения (прием 16). Взять хотя бы задачу 41 (пропажа спирта). В ее решении отчетливо виден принцип предварительного исполнения: спирт похищен из цистерны заранее - до того, как его налили в цистерну. Но фактически сделать это невозможно: спирта в цистерне нет! И вот дополнительно использован прием 16: заранее осуществлено не все действие, а только часть его - поставлено ведро, которое потом наполнится спиртом. Когда кору дерева (задача 3)

обработали магнитным составом, чтобы потом легко было отделить частицы коры от частиц древесины, - использовали приемы 10 и 16, но в сочетании с приемом 28г. Коре заранее придали отзывчивость на последующие операции с ней. Кстати, использование сочетания приемов 10 и 16 получило название *принципа отзывчивости*. В задаче 5 отзывчивость обеспечивалась предварительным введением люминофора, в задаче 8 - использованием легкоплавкой прокладки. Это типичный путь: вводится вещество, способное потом легко отзываться на действие поля.

Задача 46

В металлическом корпусе прибора имеется отверстие, в которое запрессован шарик. Через некоторое время нужно извлечь шарик, но сделать это трудно, так как он запрессован плотно. Разборные конструкции недопустимы. Как быть?

Шарик плохо извлекается - у него нет отзывчивости на извлечение. Нужно до запрессовки шарика ввести в отверстие вещество, которое потом, когда потребуется извлечь шарик, под действием поля осуществит запрессовку: «Способ соединения деталей, одна из которых запрессовывается в глубокое гнездо другой, отличающийся тем, что с целью обеспечения возможности замены запрессованной детали, например шарика индикаторного наконечника, перед запрессовкой его в гнездо вводят каплю воды, которую перед выпрессовкой нагревают до образования пара, под давлением которого шарик выталкивается» (а. с. № 475 247).

Итак, приемы и их сочетания образуют многоэтажную систему. На первом этаже - элементарные приемы (дробление, объединение, принцип местного качества, принцип асимметрии и т. д.). Нарастивать списки элементарных приемов малоперспективно - порознь эти приемы слабы. Второй этаж - более сильные парные приемы (пары типа «прием - антиприем»). Третий этаж - сочетания элементарных и парных приемов с другими приемами, т. е. сложные приемы, в том числе сочетания типа «отзывчивость», веполь, феполь.

Приемы первого этажа никак не ориентированы в направлении технического прогресса. Прогрессивно ли, например, увеличивать асимметрию? А может быть, прогрессивнее поступать наоборот - увеличивать симметрию (принцип сфероиальности)? Иногда лучше одно, иногда - другое; ничего более определенного сказать нельзя. На третьем этаже появляется четкая направленность: чем сложнее комплекс приемов, тем отчетливее он направлен по линии развития технических систем. Увеличение степени отзывчивости, переход от неэффективных систем к эффективным, превращение неэффективных систем в эффективные - это тенденции развития технических систем, причем главные.

Возникает дерзкая мысль: а если подняться еще на один этаж? Там должны быть приемы, которые не только сложны, но и всегда дают сильные решения. К приемам четвертого этажа, например, можно было бы отнести образование феполей, так почему не поискать другие столь же эффективные сочетания приемов?..

Подобные сочетания приемов действительно есть: они не только сильные, но и специализированные: каждый годится только для определенного класса задач. На первом этаже такой специализации не было, зато и приемы там были намного слабее.

К комплексам приемов, обитающим на четвертом этаже, мы еще вернемся. Сейчас нам предстоит продолжить рассмотрение элементарных приемов: здесь нас еще ожидают некоторые сюрпризы.

УРОВНИ ПРИЕМОВ: «МАКРО» И «МИКРО»

Сравним два изобретения:

А. с. № 259 949: «Светофор облегченной конструкции, содержащий стойку, головку и основание, отличающийся тем, что с целью быстрого опускания и подъема светофора без смещения основания стойка выполнена из составных шарнирно-соединенных между собой элементов, фиксируемых относительно друг друга пальцем».

А. с. № 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».

В обоих изобретениях использован принцип дробления. Точнее, как мы теперь знаем, использован парный прием «дробление - объединение» (в изобретении по а. с. № 282 342 это видно совсем отчетливо). Прием один и тот же, но уровни у изобретений разные: сборно-разборная стойка светофора - изобретение первого уровня, применение «сборно-разборных молекул» в энергетических циклах - изобретение по крайней мере четвертого уровня. Рассмотрим еще два изобретения.

А. с. № 152 842: «Термобур для бурения скважин, отличающийся тем, что с целью производства бурения наклонных участков скважины без прекращения процесса бурения реактивная горелка присоединена к конусу шарнирно».

А. с. № 247 159: «Способ направленного бурения скважин с применением искусственных отклонителей, отличающийся тем, что с целью регулирования угла набора кривизны ствола используют полиме-

таллический отклонитель и изменяют его температуру».

Оба изобретения относятся к одной и той же технической системе, и цель их - получение одинакового эффекта: жесткой конструкции надо придать гибкость, способность управляемо менять кривизну. В первом случае использован прием 15 (принцип динамичности): жесткая конструкция разделена на две части, соединенные шарниром, во втором - прием 37 (тепловое расширение). Та же динамизация, но вместо грубых «железок» (шарниров) подвижность обеспечена растяжением - сжатием кристаллической решетки (кстати, здесь типичный переход к веполю: вместо одного вещества взяты два - с разными коэффициентами теплового расширения, причем управление осуществляют с помощью теплового поля). Точно так же и в первой паре изобретений: один и тот же прием (принцип дробления) реализован на макроуровне (сборно-разборный светофор) и на микроуровне («сборно-разборные» молекулы).

Каждый прием можно применять на макро- и микроуровне. В одном случае используются «железки», в другом - молекулы, атомы, ионы, элементарные частицы. У всякого изобретения есть прототип («то, что было раньше»), поэтому теоретически мыслимы четыре вида операций:

1) от макрообъекта к макрообъекту (условно обозначим этот переход М - М), например, разделили стойку светофора на части;

2) от макрообъекта к микрообъекту (М - м); например изобретение по а. с. № 465 502: «Тормозное устройство, содержащее вал и установленное на нем с натягом тормозное кольцо, связанное с источником энергии управления, отличающееся тем, что с целью улучшения эксплуатационных свойств тормозное кольцо выполнено из пьезокерамики, а в качестве источника энергии используется высокочастотный генератор». Обычные тормозные устройства (скажем, автомобильный тормоз) работают на макроуровне - с помощью колодок, рычагов, пружин, тяг и т. д. Суть изобретения - переход на микроуровень: тормозное кольцо расширяется за счет изменения параметров кристаллической решетки;

3) от микрообъекта к микрообъекту (м - м); например, «сборно-разборные» молекулы вместо обычных;

4) от микрообъекта к макрообъекту (м - М). Таких изобретений нет: переход м-М противоречит тенденциям развития техники, требуя «огрубления» технической системы.

Если сопоставить уровни изобретений, получаемых с помощью трех первых переходов, получим такую картину: переход М-М редко дает изобретения выше третьего уровня; переход М-м, как правило, ведет к изобретениям четвертого и пятого уровня; переход м-м обычно дает изобретения не выше третьего уровня, если изменения происходят в пределах одного подуровня (молекула все время остается молекулой), и выше третьего уровня, если происходит смена подуровней (молекулы постоянно или на время заменяются меньшими «единицами» или полем).

Исторически технические системы развиваются в три этапа. Сначала «новорожденная» техническая система впитывает изобретения типа М-М. Развитие идет медленно, без особых потрясений. Скажем, у парусного корабля (система «парус-ветер») постепенно совершенствуются паруса. Затем происходит техническая революция: переход типа М-м. Это порой воспринимается, как появление новой технической системы; на самом деле система с макроуровня переходит на микроуровень. Паруса заменяются поршнями парового двигателя или лопатками паровой турбины; давит на эти «паруса» пар, молекулы которого искусственно разгоняются тепловым полем. Далее идет цепь изменений типа м-м. Паровой двигатель заменяется двигателем внутреннего сгорания: те же «поршни-паруса», но управление молекулами «ветра» осуществляется иначе. А в изобретении по а. с. № 247 064 «железки» окончательно заменены электромагнитным полем, разгоняющим и отбрасывающим ионы: «Применение электромагнитного насоса для перекачки электролитов в качестве реактивного судового движителя». По-видимому, далее неизбежна новая техническая революция: переход к использованию только полей.

До сих пор мы рассматривали решение уже готовых задач. У читателя мог возникнуть вопрос: «А как ставить новые задачи? Ведь это самое трудное, недаром говорят, что правильно поставленная задача - половина решения...» Мы уже видели: сильные приемы решения потому и сильны, что отражают тенденции развития технических систем. Поэтому приемы можно использовать и для прогнозирования тематики изобретений.

Рассмотрим, например, а. с. № 489 862: «Устройство для нанесения полимерных порошков, содержащее камеру, пористую перегородку, вибратор и коронирующий электрод, отличающееся тем, что с целью повышения качества нанесенного покрытия коронирующий электрод выполнен в виде кольца, снабженного средством перемещения, выполненным, например, в виде микрометрических винтов». Итак, электрод, который ранее был неподвижен, сделан подвижным - его положение можно регулировать микрометрическим винтом. Использованы «железки»-переход типа М-М. Можно с уверенностью ставить новую задачу: как повысить точность перемещения электрода (а заодно и автоматизировать это перемещение)? Ответ очевиден: нужен переход типа М - м. Сразу можно указать конкретные способы: магнитная и электрострикция, обратный пьезоэффект и тепловое расширение. Насколько достоверен этот прогноз? Возникнет ли такая задача и будет ли она так решена? Что ж, есть и другие технические системы, в которых уже давно появилась потребность повысить точность перемещения; можно посмотреть, как обстоит

дело в этих системах. Например, а. с. № 424 238: в устройстве для малых установочных перемещений длину регулировочного элемента меняют нагреванием - охлаждением; а. с. № 409117: микроинъектор с электрострикционным приводом; а. с. № 259 612: в устройстве для совмещения микроэлементов привод выполнен «в виде пластины, изменяющей свои размеры в результате теплового расширения»; а. с. № 275 751: регулировку лабиринтного насоса осуществляют с помощью теплового расширения; а. с. № 410 113: микроманипулятор с пьезоэлектрическим приводом; а. с. № 518 219: устройство для вытеснения жидкости (т. е. тот же микроинъектор!) с магнестрикционным приводом... Таких примеров настолько много, что можно без колебаний записать в учебники конструирования правило: «Помни, что микрометрический винт рано или поздно перестанет обеспечивать требуемую точность, и переходи на использование теплового расширения, магнестрикции, электрострикции и обратного пьезоэффекта». Этому правила пока не знают: каждый раз кто-то заново ищет решение, кричит «Эврика!», составляет заявку, спорит с экспертизой...

ФИЗИКА - КЛЮЧ К СИЛЬНЫМ ИЗОБРЕТЕНИЯМ

Нетрудно заметить: на макроуровне преобладают простые комбинационные приемы (разрезать, перевернуть, соединить и т. д.), на микроуровне в состав сложных приемов почти всегда входят физические эффекты и явления. На микроуровне мир приемов переходит в мир физики и химии. Отсюда и необходимость обеспечить изобретателя информацией о физических приемах, т. е. об изобретательских возможностях физических эффектов и явлений.

Здесь возникают две проблемы: как сделать, чтобы не простаивали знания об уже известных физических эффектах; как пополнить эти знания сведениями «по всей физике» и «по всей химии».

«Школьная» (и тем более «вузовская») физика дает очень мощный и почти универсальный набор инструментов. Вот только пользоваться этими инструментами обычно не умеют...

Вспомним хотя бы задачу 5. Есть пистолет, нужно определить, был ли двое суток назад произведен выстрел из этого пистолета или нет. Задача возникла из-за того, что событие произошло раньше, а не в данный момент. Сократим время до нуля (как того требует оператор РВС). Представьте себе, что в соседней комнате некто произвел выстрел (или десять выстрелов - все равно), затем мгновенно (в течение микросекунды) вычистил пистолет и передал вам два пистолета. Надо определить, из какого именно пистолета произведен выстрел.

Решить такую задачу не представляет никакого труда: пистолет, из которого только что стреляли, имеет более высокую температуру. Значит, в общем виде решение такое: надо измерять физические характеристики, закономерно меняющиеся после выстрела. Однако температура - плохой показатель, слишком уж быстро она падает до нормальной величины. Выстрел сопровождается не только повышением температуры, но и ударными нагрузками на материал ствола. Ствол - стальной, сталь - ферромагнетик, естественное магнитное поле Земли намагничивает сталь, при выстреле происходит размагничивание: нужно какое-то время, чтобы сталь снова намагнитилась. В этой цепи рассуждений использована простейшая «школьная» физика. Но ее достаточно для решения: «Способ установления давности выстрела при судебно-баллистической экспертизе путем определения изменяющихся во времени физических свойств ствола после стрельбы, отличающийся тем, что с целью определения времени выстрела из обнаруженного на месте происшествия оружия замеряют магнитным прибором степень намагниченности ствола и производят контрольный отстрел из этого оружия, а затем осуществляют контрольные замеры степени намагниченности ствола каждые 24 часа до момента показания прибора, равного степени намагниченности) ствола во время изъятия оружия» (а. с. № 284 303).

С этой задачей эксперименты велись почти шесть лет. Задача ни разу не поддавалась быстрому решению простым перебором вариантов. Но если вводилась подсказка: «Пистолет сделан из стали», задачу сразу решали 30 % испытуемых. Если подсказка звучала так: «Пистолет сделан из стали, а это - ферромагнитный материал», задачу сразу решали 80 % испытуемых (преимущественно в общей форме: надо проверить, как после выстрела меняются магнитные характеристики). Без подсказок, но с предварительной обработкой по оператору РВС задачу сразу решали 20 % испытуемых, начинающих изучать АРИЗ (первый курс в общественных институтах изобретательского творчества), и до 70 % более опытных испытуемых (второй курс).

Физические эффекты существуют как бы сами по себе, а задача - сама по себе; в мышлении изобретателя нет надежного моста, соединяющего физику с изобретательскими задачами; знания в значительной мере простаивают, не используются.

В задачах, подобных «пистолетной», навести мост между задачей и физикой нетрудно. Сформулируем правило (его можно рассматривать как следствие того, что говорилось о переходах $M - m$): «Если имеешь дело с железом (или материалом, содержащим железо, или таким, в который можно ввести железо), помни, пожалуйста, что железо - не дерево, не вода, не камень, ибо каждый атом железа имеет магнитные свойства, очень легко поддающиеся управлению - обнаружению, измерению, изменению. Во вто-

рой половине XX века стыдно пользоваться сталью (а она применяется очень широко) только как массой некоего инертного вещества (грубо говоря, как палкой), надо вовлекать в игру тонкие ферромагнитные свойства железа».

Трудно сказать, сколько прекрасных изобретений появится, если инженеры начнут применять это предельно простое правило. Вот а. с. № 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 пластинами из гистерезисного материала». Мальтийский крест - очень старый механизм. Но материал этого механизма всегда использовался грубо, на макроуровне. Механизм делали из стали, а применялась она как дерево или камень...

Задача 47

Дана пружина. Увеличивать ее размеры и заменять вещество, из которого она сделала (сталь определенной марки), нельзя. Нужен способ, позволяющий существенно повысить жесткость пружины, ничего к ней не прикрепляя (не пристраивая никаких дополнительных пружин и т. п.). Способ должен быть предельно простым.

Надо полагать, решение вы увидели раньше, чем дочитали условия задачи. Да, совершенно верно: витки пружины надо намагнитить так, чтобы одноименные полюса находились рядом и при сжатии пружины создавали дополнительную отталкивающую силу. Предложите эту задачу своим коллегам (условия задачи надо излагать слово в слово)... Приведем еще одну задачу.

Задача 48

Линию электропередач и электротехническое оборудование (например, разъединители), открыто расположенные на подстанциях, надо защищать от обледенения. С этой целью было предложено надевать на провода и защищаемое оборудование ферритовые накладки. Под действием переменного тока эти накладки быстро нагреваются и обогревают близлежащую часть провода или оборудования. Но внешняя температура меняется: иногда она выше нуля, иногда ниже. Да и вообще вдоль линии электропередачи температура зависит от множества факторов и может постоянно меняться. Что делать? Не бегать же вдоль линии, то надевая, то снимая ферритовые накладки...

Здесь «школьной» физики уже недостаточно. Нужна физика чуть более сложная - «вузовская». ИКР: ферритовые накладки сами становятся магнитными при отрицательных температурах и перестают быть магнитными, когда температура поднимается выше нуля. Физические эффекты как инструмент изобретательского творчества тем и хороши, что нередко позволяют буквально реализовать ИКР. Есть такой эффект (читатель о нем, вероятно, слышал): при переходе через определенный температурный порог (точка Кюри) магнитные свойства исчезают, при обратном переходе восстанавливаются. Следовательно, насадка должна быть сделана из феррита с точкой Кюри около 0°. Хочешь, чтобы магнит «сам собой» включался - выключался, используй переход через точку Кюри. Таких примеров могло бы быть множество, но пока изобретатели чаще ставят громоздкие и ненадежные автоматические устройства, забывая, что высшая форма регулировки - саморегулировка. Впрочем, вот а. с. № 266 029: магнитная муфта сама отключается-включается при заданной температуре; а. с. № 471 395: индукционная печь имеет «тигель, выполненный из материала, точка Кюри которого равна заданной температуре нагрева...»

О точке Кюри знают многие, менее известно, что с этой точкой связан еще один тонкий эффект. Если повышать температуру ферромагнитного вещества, то перед переходом через точку Кюри магнитные свойства веществ усиливаются. Это эффект Гопкинса. Его изобретательское применение напрашивается само собой; во многих случаях выгодно, чтобы рабочая температура совпадала с температурой, при которой наблюдается «пик Гопкинса». Вот а. с. № 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».

Есть еще более тонкий эффект, также связанный с точкой Кюри: переход через эту точку совершается не «как попало» (исчезли магнитные свойства - и все), а скачками. Каждый скачок соответствует изменению намагниченности в очень малом объеме материала (10^{-6} - 10^{-9} см³) Это эффект Баркхаузена. А вот его изобретательское применение: по а. с. № 504944 усилия на магнитный материал измеряют, подчитывая «число скачкообразных изменений микроструктуры».

Приведенное выше правило можно теперь дополнить: «Если имеешь дело со сталью, используй не только ее механические свойства, но и магнитные. Если они уже «задействованы», используй переход через точку Кюри, эффекты Гопкинса и Баркхаузена».

Хорошо, мы сформулировали правило, которое включает хотя бы некоторые эффекты, относящиеся к магнитным свойствам веществ. А как быть с бесчисленными другими (немагнитными) эффектами, явлениями, свойствами?

По-видимому, можно сформулировать и некоторые другие правила. Одно из них было приведено в

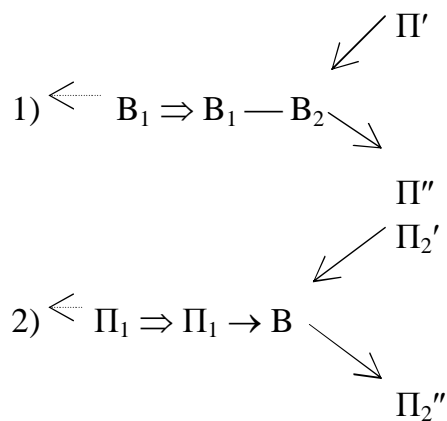
предыдущем параграфе (как осуществлять микроперемещения). И все-таки правила охватят лишь небольшую часть физических эффектов (а ведь есть еще и сочетания эффектов!). Нужна прежде всего таблица применения физических эффектов, отражающая наиболее типичные физические «ключи» к типичным изобретательским задачам. Такая таблица используется на шаге 4.3 АРИЗ-77. Разумеется, ее можно пополнить, уточнить. К таблице должен быть приложен «Указатель физических эффектов» - справочник, кратко поясняющий суть эффектов и содержащий примеры их изобретательского использования («Указатель» разработан и используется на занятиях по ТРИЗ, но его невозможно поместить в этой книге).

Итак, правила, таблицы, «Указатель»,... И все-таки этого мало: физических эффектов можно насчитать десятки тысяч, и все они должны найти применение в правильно организованном изобретательском хозяйстве.

Хорошо было бы иметь какое-то универсальное средство поиска нужного физического эффекта. На первый взгляд такая постановка вопроса просто несерьезна. Но ведь это ИКР, а что стоил бы АРИЗ, если бы его принципы нельзя было бы приложить к совершенствованию самого АРИЗ...

Мы уже видели: многие задачи можно без труда «перевести» на язык вепольного анализа. Пополним этот язык, сделаем его если нужно, богаче - и будем переводить все (или почти все) задачи. С другой стороны, все (или почти все) физические эффекты тоже можно выразить в терминах «поле», «вещество», «действие». А если дело обстоит так, то можно использовать вепольный анализ в качестве языка - посредника между изобретательскими задачами и физикой (химией).

Как выглядят условия задачи в вепольной форме, мы уже видели. Например:



Дано вещество, плохо поддающееся непосредственному контролю. Чтобы контролировать это вещество, нужно связать его с веществом V_2 , которое будет менять свои свойства в зависимости от изменения свойств V_1 . При этом изменения состояния V_2 должны отражаться на состоянии взаимодействующего с V_2 поля Π , которое легко обнаружить.

Здесь мы и подходим к физическому эффекту. Способность V_2 менять состояние поля Π - это и есть некий физический эффект, который надо найти, чтобы от вепольного решения перейти к физическому.

Во втором примере нужен более тонкий эффект: вещество V , внесенное в поле Π_1 , должно изменять свои свойства так, чтобы это проявлялось во взаимодействии V и Π_2 .

Задача 49

Измерение сверхвысоких напряжений и токов в проводниках, находящихся под этим напряжением, представляет собой сложную техническую задачу. Приходится воздвигать огромные конструкции, имеющие изоляцию на полное напряжение; такие «этажерки» из изолятора достигают высоты 10-12 м. Требуется найти простой, дешевый и точный способ измерения.

В вепольной форме решение этой задачи уже записано на схеме 2. Поскольку на вещество действует электрическое или магнитное поле, запись можно конкретизировать: $\Pi_1 = \Pi_э$ или $\Pi_1 = \Pi_м$. На выходе желательно иметь поле магнитное, электрическое или оптическое (остальные поля намного менее удобны). Значит, можно конкретизировать и Π_2 . Но тогда правая часть схемы 2 дает формулу эффекта Керра ($\Pi_1 = \Pi_э, \Pi_2 = \Pi_{опт}$) или эффекта Фарадея ($\Pi_1 = \Pi_м, \Pi_2 = \Pi_{опт}$). ..

Если бы у нас был список физических эффектов в вепольной форме, найти нужный эффект не представляло бы никакого труда. Тем более, что названия искомым эффектов (но не суть) можно получить по общему правилу, соединяя названия полей на входе и выходе (электрооптический, магнитооптический).

Испытуемые школьники без затруднений находили и более сложные и заведомо им неизвестные физические эффекты, разумеется, в тех задачах, для решения которых достаточно одного физического эффекта. Если задача решается совместным применением нескольких эффектов (или сочетанием эффекта и приемов), нужны еще и правила «стыковки» физических эффектов. Такие правила сейчас изучаются, кое-

какие уже удалось установить. Например, известно, что «связующим» элементом между двумя «стыкуемыми» эффектами в сильных изобретениях всегда выступает поле, а не вещество (т. е. поле на выходе одного эффекта является одновременно полем на входе другого).

Многое еще предстоит выяснить. Но общий принцип уже ясен: есть надежный посредник между изобретательскими задачами и физическими эффектами, необходимыми для их решения, - это вепольный анализ.

ЗАДАЧИ

Если вы внимательно читаете книгу, нетрудно сразу решить задачи 50-52. Следующие три задачи несколько труднее. Сначала сформулируйте для них ИКР и ФП. Подумайте, что именно должен сделать искомый физический эффект, чтобы устранять ФП. Затем используйте таблицу применения физических эффектов.

Задача 50

Нужно автоматизировать отделение спелых помидоров от неспелых. Известны разные способы (например, делят по цвету, по твердости, по химическому составу), но они сложны, дороги, ненадежны. Мы возьмем за основу самый простой (и потому самый привлекательный) способ - разделение по удельному весу. Разработана установка, основную часть которой составляет ванна с водой. В ней спелые помидоры должны тонуть, а неспелые всплывать. К сожалению, установка работает плохо: чаще всего спелые и неспелые помидоры имеют плотность ниже 1 г/см^3 ... и спокойно все всплывают, хотя спелые все-таки чуть-чуть тяжелее неспелых. Удобнее всего было бы разделять томаты в жидкости с удельным весом $0,99 \text{ г/см}^3$. Но такая жидкость, удовлетворяющая еще и требованиям пищевой промышленности, пока не найдена. Разбавлять воду другими жидкостями, нагревать, насыщать воздухом нельзя. Как быть?

П р и м е ч а н и е. Видимо, решить эту задачу будет нетрудно: в гл. 1 упоминается изобретение, использующее нужный физический эффект. Такой же физический эффект применен в изобретении, приведенном в гл. 2 (кстати, это изобретение сделал девятиклассник А. Ждан-Пушкин, слушатель Азербайджанского общественного института изобретательского творчества).

Интересно сравнить ответ на задачу 50 с идеями, выдвинутыми во время тщетных попыток решить аналогичную задачу мозговым штурмом [9, с. 60 - 61].

Задача 51

Задача с «Доски объявлений» журнала «Изобретатель и рационализатор»: «Предложите простую конструкцию устройства для взвешивания полувагонов с металлоломом непосредственно на месте погрузки. Допустимые погрешности 1-2 т. Как сейчас взвешивают полувагоны? Погрузив металлолом, вагон прокатывают на весы тепловозом, на что уходит 6 - 12 ч. После этого приходится снова либо догружать, либо разгружать вагон до установленной нормы.»

Подкладывать под рельсы или вагон тензодатчики - плохое решение, встраивать датчики в вагон еще хуже. Как быть?

Задача 52

Известны устройства, позволяющие открывать и закрывать путь газу из сосуда А в сосуд Б, например различные краны и зажимы. Но они слишком грубы для тех случаев, когда нужна наиболее высокая точность, т. е. когда мало открывать кран (или менять степень его открывания) на какую-то очень и очень небольшую величину.

Нужно, чтобы кран был очень простым и в то же время очень точно работающим. Речь при этом идет не о том, чтобы ввести обратную связь между краном и сосудом Б. Пусть краном управляет человек. Вопрос в том, чтобы кран мог точно открываться («краниться»).

Задача 53

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

Задача 54

Отрывок из детективного романа:

«Теперь вы в руках правосудия, - сказал шериф. - Надеялись улизнуть, а? Алмаз «Юпитер» - неплохая добыча... Но вы пойманы с поличным. А то, что вы разрезали алмаз на части и ограничили, только усугубляет вашу вину.

- Не спешите, шериф, - пожал плечами один из задержанных. - Пропал алмаз «Юпитер»? Выражаем искреннее сочувствие и все такое прочее. У нас нет этого алмаза, у нас всего лишь пять бриллиантов. Наследство покойной бабушки.

- Вот именно, - усмехнулся второй. - Взгляните на это дело с научной точки зрения. Вес разный, форма разная. Цвет совпадает? Мало ли белых алмазов и бриллиантов? Химический состав? Там углерод и у нас углерод, у всех бриллиантов и алмазов углерод. Пожалуй, придется отпустить нас, как вы смотрите на это?..»

Вас ознакомили с этой ситуацией. Ваши предложения?

Задача 55

В книге У. Гордона «Синектика» есть отрывок из записи решения задачи о передаче вращения. Текст записи приведен также в статье В. Орлова «Фейерверк открытий» («Техника-молодежи»), 1973, № 3, с. 4). Ведущий вал развивает от 400 до 4000 об/мин, ведомый вал должен всегда иметь 400 об/мин. Как это осуществить? В записи, приведенной Гордоном, использована эмпатия: один из решавших задачу мысленно представляет, что он находится внутри «черного ящика» (искомого устройства); руками он держится за ведущий вал, ногами - за ведомый; при этом усилия «эмпатирующего» направлены на то, чтобы «в ногах» всегда было 400 об/мин, как бы ни скручивались «руки». Ответ не приведен. Ваши предложения? На каких правилах они основаны?

СТРАТЕГИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВА: УПРАВЛЕНИЕ ПОСТАНОВКОЙ ЗАДАЧ

«ЛИНИИ ЖИЗНИ» ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Жизнь технической системы (как, впрочем, и других систем, например, биологических) можно изобразить в виде S-образной кривой (рис. 12), показывающей, как меняются во времени главные характеристики системы (мощность, производительность, скорость, число выпускаемых систем и т. д.).

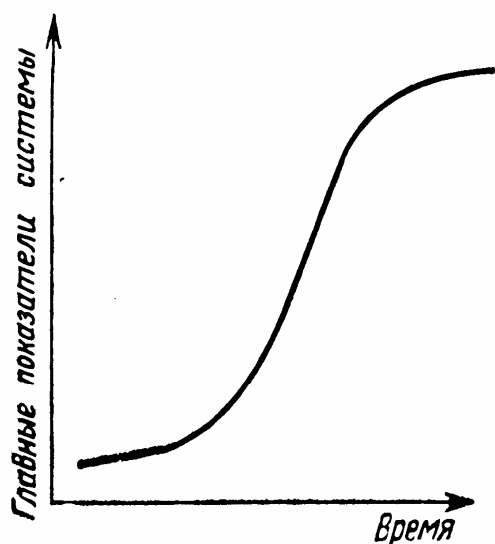


Рис.12.

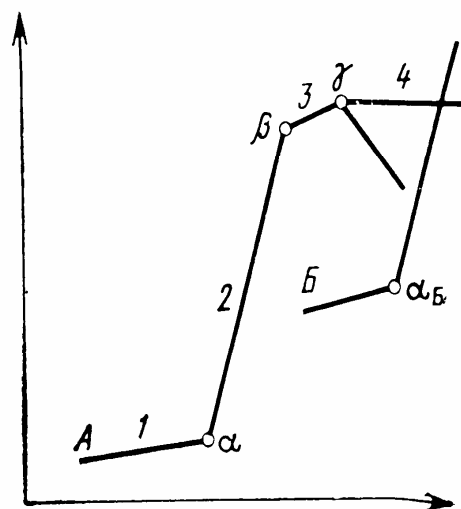


Рис.13.

У разных технических систем эта кривая имеет, разумеется, свои индивидуальные особенности. Но всегда на ней есть характерные участки, которые схематически, с подчеркнутым огрублением, выделены на рис. 13.

В «детстве» (участок 1) техническая система развивается медленно. Затем наступает пора «возмужания» и «зрелости» (участок 2) — техническая система быстро совершенствуется, начинается массовое ее применение. С какого-то момента темпы развития начинают падать (участок 3) — наступает «старость». Далее (после точки γ) возможны два варианта. Техническая система A либо деградирует, сменяясь принципиально другой системой B (современные парусники не имеют скоростей, на которых сто лет назад ходили прославленные чайные клиперы), либо на долгое время сохраняет достигнутые показатели (велосипед не претерпел существенных изменений за последние полвека и не был вытеснен мотоциклом).

От чего зависит соотношение между участками? Иными словами, чем определяется положение точек перегиба (α , β , γ) на «жизненной кривой» той или иной технической системы?

Изучение кривых развития параметров различных технических систем (скорости движения самолетов и кораблей, скорости бурения, роста энергии ускорителей и т. д.) заставляет сразу обратить внимание на то, что реальные кривые заметно отличаются от ожидаемых теоретических кривых. Характер различия показан на рис. 14, где штриховая кривая — теоретическая, а сплошная — реальная.

Казалось бы, с момента появления техническая система должна неуклонно (хотя и не очень быстро) развиваться до α' , т. е. до момента перехода к массовому применению. На самом деле переход к массовому применению (α'') начинается с опозданием и на более низком техническом уровне.

Период быстрого развития технической системы должен был бы завершиться в точке β' , там, где исчерпываются возможности использованного в системе принципа и обнаруживается экономическая нецелесообразность дальнейшего развития данной системы (уровень 1). Однако ничего подобного не происходит: реальная точка β'' всегда намного выше теоретической β' . Когда кривая A'' доходит до уровня 1, в дальнейшем развитии системы оказываются заинтересованными многие люди. Возникает инерция интересов — финансовых, научных (псевдонаучных), карьеристских и прудето человеческих (боязнь оставить привычную и обжитую систему). Могут спросить: значит, инерция интересов оказывается сильнее экономических факторов? Да, сильнее. Но и сами экономические факторы умеют приспосабливаться к

инерции интересов. Вплоть до уровня 2 система продолжает оставаться экономически выгодной за счет разрушения, загрязнения и хищнической эксплуатации внешней среды.

Типичным примером может служить интенсивное строительство в капиталистических странах больших танкеров. Как известно, катастрофа с танкером «Торри Каньон» (120 тыс. тонн нефти попали в море) привела к тяжелейшим последствиям на побережьях Англии и Франции. С тех пор океан не стал спокойнее, мореплавание не стало безопаснее. Но уже построены танкеры в полмиллиарда тонн, строятся и проектируются танкеры водоизмещением в миллионы тонн. Кривая A'' идет к уровню 2. Экономичность (т. е. прибыль для судовладельцев) обеспечена за счет ущерба внешней среде. Число больших танкеров увеличивается, скорость хода тоже возрастает (хотя до сих пор нет эффективного решения проблемы торможения), неуклонно растет опасность суперкатастрофы.

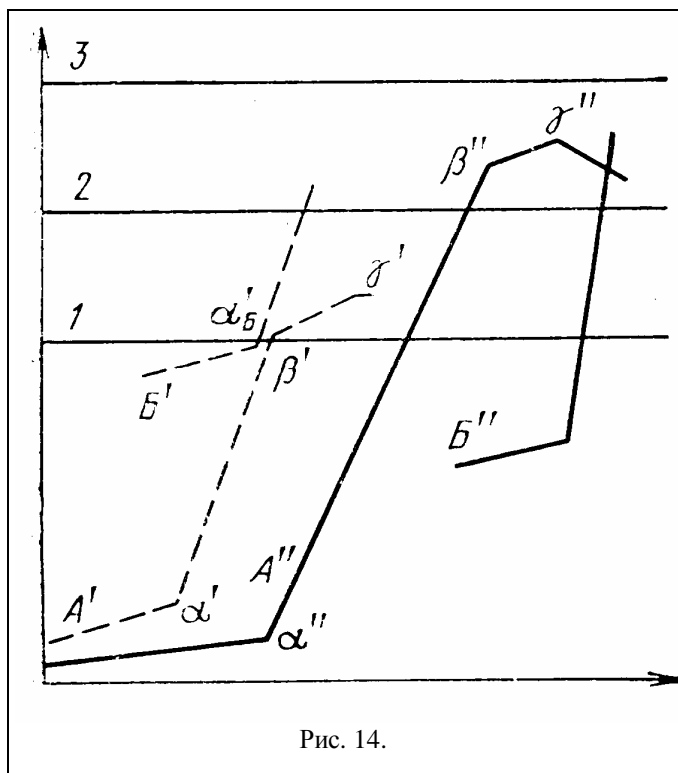


Рис. 14.

чтобы ее точка подъема α'_B совпадала с точкой β' кривой A' и обеспечивался постоянный бесступенчатый подъем. На самом деле реальная кривая B'' начинает ощутимо подниматься только тогда, когда кривая A'' поднялась выше уровня 2 и приблизилась к уровню 3 (пример: работа над «чистым» автомобилем). А быстрый подъем кривой B'' происходит лишь после того, как кривая A'' минует точку γ'' и пойдет на спад.

На рис. 15,а изображена уже знакомая нам «жизненная кривая» технической системы. Интересно сопоставить этот график с графиками, характеризующими чисто изобретательские показатели.

На рис. 15,б показана типичная кривая изменения количества изобретений, относящихся к данной технической системе. Первый пик соответствует точке α (рис. 15,а): число изобретений увеличивается в период перехода к массовому применению системы. Второй пик на рис. 15,б обусловлен стремлением продлить жизнь системы.

Изменение уровня изобретений показано на рис. 15,в. Первые изобретения, создающие основу технической системы, всегда высокого уровня. Постепенно этот уровень снижается. Пик на рисунке соответствует изобретениям, которые обеспечивают системе возможность массового использования. За этим пиком - спад: уровень изобретений неуклонно снижается, приближаясь к нулю. А тем временем появляются новые изобретения высокого уровня, относящиеся к системе Б.

«Сегодня мне это выгодно, а на следующее наплевать» - эта формула тянет кривую A'' вверх, к уровню 2 (экономично при условии причинения вреда внешней среде). А потом все-таки достигается потолок - уровень 3, определяемый физическими пределами. Нельзя, например, втиснуть на улицу больше автомобилей, чем там может поместиться, когда автомобили стоят вплотную друг к другу - от стенки до стенки.

Теоретически пока кривая A' поднималась вверх к уровню 1, кто-то должен был развивать техническую систему B' так,

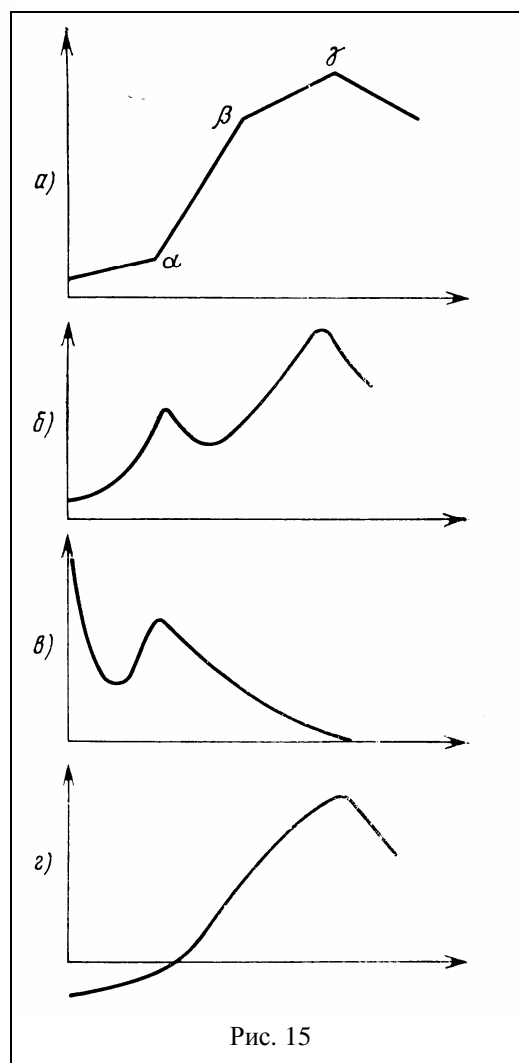


Рис. 15

Наконец, на рис. 15,2 показано изменение средней эффективности (практической отдачи, экономии, «пользы») от одного изобретения в разные периоды развития технической системы. Первые изобретения, несмотря на их очень высокий уровень, не дают прибыли: техническая система существует на бумаге или в единичных образцах, в ней много мелких недостатков и недоработок. Прибыль начинает появляться после перехода к массовому применению. В этот период даже небольшое усовершенствование приносит большую «экономии» и соответственно большое вознаграждение авторам.

Изобретателю надо знать особенности «жизненных кривых» технических систем. Это необходимо для правильного ответа на вопрос, крайне важный для изобретательской практики: «Следует ли решать данную задачу и совершенствовать указанную в ней техническую систему или надо поставить новую задачу и создать нечто принципиально иное?» Чтобы получить ответ на этот вопрос (шаг 1.3 в АРИЗ), надо знать, каковы резервы развития данной технической системы.

Почти всегда можно собрать сведения о ходе предыдущего развития и построить график изменения одного из главных показателей системы (скорость, производительность, мощность, точность и т. д.). Здесь возможны три случая:

1. Техническая система еще не дошла до точки α . Вопрос заключается в обнаружении этой точки. Типичная ошибка состоит в том, что эту точку пытаются прогнозировать исходя из возможностей развития данной технической системы. На самом деле точка α для данной технической системы наступит не раньше, чем начнет «вымирать» предшествующая техническая система, существование которой сдерживает развитие молодого «конкурента». Например, «послеавтомобиль» (т. е. техническая система, которая сменит автомобиль) сможет интенсивно развиваться лишь тогда, когда развитие автомобиля достигнет физического предела (рис. 14, третий уровень). Если бы сегодня в развитие, например электромобиля была вложена 1/100 часть средств и усилий, которые вкладываются в развитие автомобиля, электромобиль быстро достиг бы точки α . Но этого не произойдет: автомобиль еще может развиваться между первым и вторым уровнями и будет развиваться, хотя пользование автомобилем загрязняет атмосферу.

Итак, прогнозируя развитие технической системы на начальном этапе (до точки α), надо ориентироваться на состояние предшествующей технической системы.

2. Техническая система прошла точку α , но не дошла до точки β . В этом случае прогнозирование состоит в определении второго и третьего уровней. В крайнем случае достаточно определить только третий уровень, потому что существует отчетливо выраженная (хотя и нежелательная) тенденция к уменьшению расстояния между вторым и третьим уровнями. Определение физических пределов обычно не вызывает особых затруднений: они связаны с объективными и лежащими на виду факторами (например, прочностные свойства материалов, калорийность топлива, различные барьеры - звуковой, тепловой и т. д.).

3. Техническая система прошла точку β (или γ). В этой ситуации прогноз сводится к отысканию новой технической системы, к которой должна перейти «эстафета».

В каждом из этих случаев изобретатель может действовать двояко. Предположим, выяснилось, что техническая система не дошла до точки α . Изобретатель может заняться усовершенствованием «новорожденной» технической системы. Это сулит крупные изобретения: из Новой Идеи надо сделать Новую Вещь, а для этого Идея (изобретение пятого уровня) должна обрасти изобретениями четвертого и третьего уровней. Но путь до точки α может оказаться долгим, даже очень долгим; это, как мы видели, зависит от жизненных ресурсов предшествующей технической системы. Не исключено, что срок ожидания превысит срок жизни. Зато и возможный выигрыш велик: изобретательская слава достается прежде всего тем, кто сделал практически пригодную Новую Вещь. О тех, кто высказал (и даже запатентовал) Новую Идею, вспоминают много позже.

Какой путь избрать - взяться за создание Новой Вещи или заняться небольшими усовершенствованиями другой, уже признанной (прошедшей точку α) технической системы, т. е. что лучше - журавль в небе или синица в руке, - этот вопрос выходит за рамки теории решения изобретательских задач. Теория может лишь требовать, чтобы изобретатель видел обе возможности и сознательно выбирал одну из них. Выбор же зависит от мировоззрения, от того, что человек считает для себя более ценным.

Проблема выбора остается и в том случае, если техническая система бурно развивается на участке от α до β . Для развития на этом участке системе нужны преимущественно изобретения второго уровня, но в большом количестве. Почти гарантированный успех, возможность быстро получить десятки авторских свидетельств, сравнительная простота внедрения - нелегко отказаться от всего этого и отдать предпочтение прозябающей в неизвестности следующей технической системе. Но и здесь люди нередко поступают вопреки житейскому «здравому смыслу». Специалист по паровым турбинам вдруг бросает Вещь и всецело переключается на газовые турбины, существующие в виде сомнительной Идеи...

Самое поразительное, что проблема выбора сохраняется и в тех случаях, когда техническая система стала заведомо старой и даже дряхлой. Здесь же нет никакой надежды на сколько-нибудь заметный творческий успех: устаревшая система ассимилирует только изобретения первого уровня. Но ведь можно накопить сотни авторских свидетельств и, главное, спокойно, без мук творчества и прочих переживаний...

Сто лет назад появились барабанные печи - небольшие (несколько метров) цилиндры, с одной стороны в них подавали сырье, с другой шли раскаленные газы от форсунки, печь медленно вращалась, перемешивая сырье... Современная цементная печь - гигантское сооружение: длина до 200-250 м, диаметр до 5-7 м, в проектах супергиганты длиной до 350-400 м и диаметром 8-9 м. По громадному вращающемуся туннелю движется небольшой ручеек обжигаемого сырья. Чтобы передать этому ручейку тепло от потока газов, в печи висят цепи, много цепей -100, 150, 200 тонн... Чем больше цепей, тем лучше теплопередача, но тем тяжелее печь, тем больше пылеобразование, потому что цепи разрыхляют сырье... И вот идет поток изобретений на тему «повесим цепи как-нибудь иначе»: а. с. 226 453 (одни цепи подвешены к другим), а. с. № 187 606 (цепи развешены наподобие паутины), а. с. № 260 483 (снова паутина, но другого рисунка), а. с. № 266 484 (другой рисунок паутины), а. с. № 310 095 (еще одна паутина), а. с. № 339 743 (звено цепи имеет не две «железки», а три - объемный «бублик»).

Меня интересовала психология специалистов, делающих такие изобретения. Один из них в ответ на мои расспросы сказал: «Видите ли, я работаю в институте, у института есть план, у отдела тоже план, и у моей группы план. Никто не запишет в план: к такому-то числу надо изобрести принципиально новый способ получения цемента. В план записывают: к такому-то числу разработать такое-то усовершенствование такого-то узла...» Я ответил: «План выполнять надо. Но кто мешает помимо плана искать что-то принципиально новое?!» Например, никто не заставлял А. Г. Преснякова изобретать судно с МГД-двигателем...» Мой собеседник пожал плечами: «Вы говорите о тех, кто рискнул - и выиграл. Но ведь не все, замахвающиеся на большое, добиваются успеха. Да и сколько лет надо ждать этого успеха...»

В этой книге я решил не приводить примеров из своей изобретательской практики: теория изобретательства должна строиться на объективных данных, а не на отдельных эпизодах. Но один пример я все же приведу.

В 1949 г. был объявлен всесоюзный конкурс на холодильный костюм для горноспасателей. Условия: костюм должен защищать человека в течение двух часов при внешней температуре 100°С и относительной влажности 100 %, причем вес костюма не должен превышать 8 - 10 кг. Задача считалась принципиально нерешимой. Даже при использовании самых сильных хладагентов вес костюма получался больше 20 кг. На человека допустимо «навьючивать» груз в 28-30 кг, но горноспасатель уже несет дыхательный прибор (12 кг) и инструменты (7 кг).

Можно было принять задачу так, как ее поставили организаторы конкурса: в конце концов, если сделать костюм с небольшим запасом льда и отражающей поверхностью, нетрудно уложиться в 8 кг. Конечно, защищать такой костюм будет минут 15 - 20, не больше. Но все-таки это лучше, чем ничего... Был и другой путь: изменим задачу, создадим не холодильный костюм, а другую техническую систему, пойдем в обход. Этот путь мы (я работал совместно с Р. Б. Шапиро) и выбрали.

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

Результат: три варианта скафандра - три премии на конкурсе; через 20 лет на обложке журнала «Советский Союз» был помещен красочный снимок: сверкающий отблесками пламени экспериментальный образец газотеплозащитного скафандра. Это уже была Вещь, и я рассматривал этот снимок, нисколько не жалея о том, что 20 лет назад можно было пойти по более простому пути...

ПУТЬ В ОБХОД

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

Подобные барьеры возникают, когда техническая система переходит точку β. Неизбежность замены системы становится очевидной, но предел развития данной системы воспринимается как предел развития вообще. Гипнотизирует кажущаяся невозможность отказаться от привычной технической системы.

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

Следует обратить внимание на чрезвычайно важную особенность: телевизор - не только кино, но и показ событий, трибуна для выступлений, «газета в картинках» и т. д. Телевидение стало следующей после кино «ступенькой», вобрав его в себя в качестве подсистемы. Простое же домашнее кино (с кинопро-

ектором) подлинно массового распространения не получило и не дошло до точки α .

Система Б приходит на смену системе А, включая ее в качестве одной из подсистем, - этот прием используется системой Б, чтобы преодолеть давящее действие системы А и блокирующее влияние инерции интересов.

Остроумный способ преодоления противоречия: система А сохраняется и не сохраняется...

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

Любопытно, что в прогнозировании этот закон в сущности еще не осознан. Рассматривая, например, кривую роста выпуска бытовых холодильников, прогнозисты рассуждают о том, что «должно наступить насыщение» и что «не может быть 10 холодильников на одного человека». На самом деле холодильники будут и не будут - они войдут в качестве подсистемы в более универсальную техническую систему (агрегат, являющийся кондиционером воздуха, холодильником, плитой и т. д.): в пересчете на условные услуги это и составит 10 холодильников на одного человека...

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

Здесь часто приходится встречаться с сильными психологическими барьерами.

На одном из семинаров по теории решения изобретательских задач слушателям было дано домашнее задание: спрогнозировать (разумеется, в самых общих чертах) дальнейшее развитие танкерного флота, кривая развития которого (рост суммарного тоннажа) ныне находится где-то между точками β и γ . Предварительно было рассказано (хотя специально без подчеркивания) о законе «идти вверх, становясь подсистемой». Однако в домашних работах никто не использовал этот закон. Гипнотизирующее действие «очевидности» оказалось слишком сильным: все работы исходили из того, что нынешние высокие темпы роста общего тоннажа танкерного флота не могут сохраниться долгое время. Сохранение этих темпов привело бы к тому, что через 20-30 лет танкеров было бы больше, чем всех кораблей (включая танкеры) вместе взятых. А это невозможно: часть не может быть больше целого...

Исходя из этой «очевидности» и велось прогнозирование. Выдвигались идеи типа «танкеров будет мало, но они будут быстроходными», «снизится потребность в нефти», «вместо танкеров будут нефтепроводы» и т. д.

Главное преимущество танкера - дешевизна перевозок. Поэтому танкеру не нужна быстроходность, за которую приходится расплачиваться повышением стоимости перевозок. Нельзя ожидать в ближайшие десятилетия и спада спроса на нефть. Уже давно нефть не только топливо, но и сырье для химической промышленности. Нет никаких оснований считать, что трансокеанские нефтепроводы (если бы их удалось построить) оказались бы надежнее и безопаснее танкеров: опыт пока свидетельствует об обратном. В 1974 г., например, прорвался подводный нефтепровод фирмы «Шелл». За сутки поверхность реки была покрыта нефтью на расстоянии около 140 км. В 90 км от места аварии было замечено множество погибших от нефти водоплавающих птиц.

«Танкеров должно быть много и танкеров должно быть мало», - мы имеем дело с противоречием, и нельзя рассматривать только одну его половину («танкеров должно быть мало, поэтому их вытеснят нефтепроводы»). Правильное решение всегда удовлетворяет обеим частям противоречия.

«Много» в пределе означает «весь флот», а «мало» - «ни одного корабля». Весь флот и ни одного корабля..., т. е. весь флот при необходимости должен уметь превращаться в танкерный (нефтевозный) и снова становиться нетанкерным. Это снимает противоречие. И это соответствует закону «развиваться, становясь подсистемой».

Технически есть несколько путей создания «многоцелевого» флота. Один из путей - постройка составных судов, в которых маленькая двигательная секция («локомотив») присоединяется к большой грузовой части («состав»). Грузовых частей может быть больше, чем двигательных секций (вагонов больше, чем локомотивов): осуществится казавшаяся невероятной ситуация «танкеров больше, чем всего флота».

Возможен и другой путь: постройка кораблей, способных перевозить любые грузы в стандартных емкостях. Вот одно из многих сообщений: «Норвежским инженером В. Фонеландом подана заявка на патентование новой схемы судна для перевозки наливных грузов, которые помещаются в цилиндрических емкостях большой вместимости (5000 кубометров). Спроектированное по этой схеме судно напоминает по архитектурному типу танкер и имеет в корме большие водонепроницаемые ворота для загрузки емкостей» («Морской флот», 1974, № 12, с. 52). В емкостях может быть любая жидкость или любой сыпучий груз: танкера (нефтевоза) нет и он есть...

Получив задачу, изобретатель должен определить, следует ли решать данную задачу или надо идти в обход (шаги 1.1 - 1.3 в АРИЗ-77). Критерии здесь двоякого рода: объективные (исследование «жизненной кривой» системы) и субъективные (личная установка на «большое» или «малое» изобретение). Практиче-

ски при поиске обходных путей удобно пользоваться *системным оператором* (шаг 1.2).

Смысл системного оператора в том, что задачу изменяют переводом в надсистему или подсистему, а на каждом из уровней - переводом в антизадачу, обратную данной задаче. Возьмем, например, задачу 29 - об увеличении производительности при подготовке рисунков для мультфильма. Системой по условиям задачи является рисунок (или серия рисунков). На уровне системы задача звучит так: как быстрее перейти от рисунка *A* к рисунку *B*? На уровне подсистемы задача коренным образом меняется: есть частица вещества (капелька краски), «кусочек» штриха, нанесенного карандашом, словом, какое-то небольшое количество вещества, из которого образован рисунок; как управлять перемещением этого вещества? В такой постановке задача решается очень легко. У нас уже была задача 3 с перемещением кусков коры; надо добавить в вещество ферромагнитный порошок и использовать для перемещения магнитное поле. Не рисовать каждый раз новое положение линии, а перемещать одну и ту же линию, меняя ее форму: «Способ воспроизведения силуэта для съемки мультипликационных фильмов, отличающийся тем, что с целью снижения трудоемкости процесса контур объекта образуют посредством наложения на магнитную панель наполненного ферромагнитным порошком шнура, а изменение силуэта при перемещении объекта относительно точки зрения получают путем передвижения шнура по панели» (а. с. № 234862).

Изменять положение и форму целого изображения трудно; мысль буквально цепенеет перед такой задачей. Изменять положение частицы вещества легко, тем более, что это уже встречалось в других задачах. Барьер чисто психологический, но чрезвычайно высокий..., если не использовать системный оператор.

Очень интересные трансформации происходят с задачей 29 при переходе на уровень надсистемы (рисунок - только часть более сложной системы, включающей также киноаппарат и средства освещения; можно ли сделать мультфильм, снимая, например, неподвижную куклу и добываясь динамики только за счет динамичного использования кинокамеры и света?). Не менее интересны трансформации задачи в антизадачу. В задаче 29 (на уровне системы) требуется наносить черные линии на белый фон, в антизадаче - убирать лишнее со сплошного черного фона, оставляя только нужные линии...

Системный оператор не предназначен для решения задач, хотя иногда трансформация задачи автоматически ведет к решению. Назначение системного оператора - помочь в выборе обходной задачи, которая затем должна решаться по АРИЗ с шага 1,4 и далее. Как и оператор РВС, системный оператор - мощный инструмент для тренировки воображения.

ЗАКОНЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ

Закон «развиваться, становясь подсистемой», по-видимому, имеет фундаментальное значение не только в технике, но и в развитии любых объектов - от элементарных частиц до галактик. Однако это только один из законов, знание которых необходимо изобретателю.

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

Любая техническая система возникает в результате синтеза в единое целое отдельных частей. Не всякое объединение частей дает жизнеспособную систему. Существуют по крайней мере три закона, выполнение которых необходимо для того, чтобы система оказалась жизнеспособной.

1. Закон полноты частей системы

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

Каждая техническая система должна включать четыре основные части: двигатель, трансмиссию, рабочий орган и орган управления. Смысл закона 1 заключается в том, что для синтеза технической системы необходимо наличие этих четырех частей и их минимальная пригодность к выполнению функций системы, ибо сама по себе работоспособная часть системы может оказаться неработоспособной в составе той или иной технической системы. Например, двигатель внутреннего сгорания, сам по себе работоспособный, оказывается неработоспособным, если его использовать в качестве подводного двигателя подводной лодки.

Закон 1 можно пояснить так: техническая система жизнеспособна в том случае, если все ее части не имеют «двоек», причем «оценки» ставятся по качеству работы данной части в составе системы. Если хотя бы одна из частей оценена «двойкой», система нежизнеспособна даже при наличии «пятерок» у других частей. Аналогичный закон применительно к биологическим системам был сформулирован Либихом еще в середине прошлого века («закон минимума»).

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

«Быть управляемой» - значит менять свойства так, как это надо тому, кто управляет.

Знание этого следствия позволяет лучше понимать суть многих задач и правильнее оценивать полученные решения. Возьмем, например, задачу 37 (запайка ампул). Дана система из двух неуправляемых

частей: ампулы вообще неуправляемы - их характеристики нельзя (невыгодно) менять, а горелки плохо управляемы по условиям задачи. Ясно, что решение задачи будет состоять во введении в систему еще одной части (вепольный анализ сразу подсказывает: это вещество, а не поле, как, например, в задаче 34 об окраске цилиндров). Какое вещество (газ, жидкость, твердое тело) не пустит огонь туда, куда он не должен пройти, и при этом не будет мешать установке ампул? Газ и твердое тело отпадают, остается жидкость, вода. Поставим ампулы в воду так, чтобы над водой поднимались только кончики капилляров (а. с. № 264 619). Система приобретает управляемость: можно менять уровень воды - это обеспечит изменение границы между горячей и холодной зонами. Можно менять температуру воды - это гарантирует устойчивость системы в процессе работы.

2. Закон «энергетической проводимости» системы

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

Любая техническая система является преобразователем энергии. Отсюда очевидная необходимость передачи энергии от двигателя через трансмиссию к рабочему органу.

Передача энергии от одной части системы к другой может быть вещественной (например, вал, шестерни, рычаги и т. д.), полевой (например, магнитное поле) и вещественно-полевой (например, передача энергии потоком заряженных частиц). Многие изобретательские задачи сводятся к подбору того или иного вида передачи, наиболее эффективного в заданных условиях. Такова задача 53 о нагреве вещества внутри вращающейся центрифуги. Вне центрифуги энергия есть. Имеется и «потребитель», он находится внутри центрифуги. Суть задачи - в создании «энергетического моста». Такого рода «мосты» могут быть однородными и неоднородными. Если вид энергии меняется при переходе от одной части системы к другой - это неоднородный «мост». В изобретательских задачах чаще всего приходится иметь дело именно с такими мостами. Так, в задаче 53 о нагреве вещества в центрифуге выгодно иметь электромагнитную энергию (ее передача не мешает вращению центрифуги), а внутри центрифуги нужна энергия тепловая. Особое значение имеют эффекты и явления, позволяющие управлять энергией на выходе из одной части системы или на входе в другую ее часть. В задаче 53 нагрев может быть обеспечен, если центрифуга находится в магнитном поле, а внутри центрифуги размещен, например, диск из ферромагнетика. Однако по условиям задачи требуется не просто нагревать вещество внутри центрифуги, а поддерживать постоянную температуру около 250°C. Как бы ни менялся отбор энергии, температура диска должна быть постоянной. Это обеспечивается подачей «избыточного» поля, из которого диск отбирает энергию, достаточную для нагрева до 250°C, после чего вещество диска «самоотключается» (переход через точку Кюри). При понижении температуры происходит «самовключение» диска.

Важное значение имеет следствие из закона 2.

Чтобы часть технической системы была управляемой, необходимо обеспечить энергетическую проводимость между этой частью и органами управления.

В задачах на измерение и обнаружение можно говорить об информационной проводимости, но она часто сводится к энергетической, только слабой. Примером может служить решение задачи 8 об измерении диаметра шлифовального круга, работающего внутри цилиндра. Решение задачи облегчается, если рассматривать не информационную, а энергетическую проводимость. Тогда для решения задачи нужно прежде всего ответить на два вопроса: в каком виде проще всего подвести энергию к кругу и в каком виде проще всего вывести энергию сквозь стенки круга (или по валу)? Ответ очевиден: в виде электрического тока. Это еще не окончательное решение, но уже сделан шаг к правильному ответу.

3. Закон согласования ритмики частей системы

Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является согласование ритмики (частоты колебаний, периодичности) всех частей системы.

Примеры к этому закону приведены в гл. 1.

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

4. Закон увеличения степени идеальности системы

Развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности.

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

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

прочных материалов, повышение к. л. д. двигателя и т. д.) направлялось на увеличение скорости автомобиля и того, что «обслуживает» эту скорость (мощная тормозная система, прочный кузов, усиленная амортизация). Чтобы наглядно увидеть возрастание степени идеальности автомобиля, надо сравнить современный автомобиль со старым рекордным автомобилем, имевшим ту же скорость (на той же дистанции).

Видимый вторичный процесс (рост скорости, мощностей, тоннажа и т. д.) маскирует первичный процесс увеличения степени идеальности технической системы. Но при решении изобретательских задач необходимо ориентироваться именно на увеличение степени идеальности - это надежный критерий для корректировки задачи и оценки полученного ответа.

5. Закон неравномерности развития частей системы

Развитие частей системы идет неравномерно; чем сложнее система, тем неравномернее развитие ее частей.

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

6. Закон перехода в надсистему

Исчерпав возможности развития, система включается в надсистему в качестве одной из частей; при этом дальнейшее развитие идет на уровне надсистемы.

Об этом законе мы уже говорили.

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

7. Закон перехода с макроуровня на микроуровень

Развитие рабочих органов системы, идет сначала на макро-, а затем на микроуровне.

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

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

8. Закон увеличения степени вепольности

Развитие технических систем идет в направлении увеличения степени вепольности.

Смысл этого закона заключается в том, что невьпольные системы стремятся стать вепольными, а в вепольных системах развитие идет в направлении перехода от механических полей к электромагнитным; увеличения степени дисперсности веществ, числа связей между элементами и отзывчивости системы.

Многочисленные примеры, иллюстрирующие этот закон, уже встречались при решении задач.

СТАНДАРТЫ НА РЕШЕНИЕ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

В предыдущей главе мы начали построение многоэтажной пирамиды приемов: простые приемы, парные приемы, комплексы приемов... Усложняется структура, увеличивается сила приемов, начинает проявляться их специализация, «привязанность» к тому или иному классу задач. На четвертом этаже должны быть еще более сложные приемы, отличающиеся особой силой и четко специализированные. Такие приемы удалось обнаружить, они составляют *фонд стандартов на решение изобретательских задач*.

Несколько слов о названии. В нем есть некоторая демонстративность. Конечно, можно было бы заменить слово «стандарты» словами «решение типовых задач» или «некоторые характерные классы задач и их типовые решения». Но в слове «стандарт» короче и точнее отражена основная идея: есть комплексные приемы, которые надо применять обязательно, потому что для своих классов задач они гарантируют решение высокого уровня.

Итак, основные особенности стандартов состоят в том, что:

- в их состав входят не только приемы, но и физические эффекты;
- приемы и эффекты, входящие в стандарт, образуют определенную систему (т. е. соединены не «как попало», а в определенной последовательности);
- система приемов и эффектов отчетливо направлена на устранение физических противоречий, типичных для данного класса задач;
- хорошо видна связь стандартов с основными законами развития технических систем.

Широта, идентичность решения и эффективность - абсолютно необходимые требования к любому «кандидату» в стандарты. Возьмем, например, применение эффекта Томса. Использование этого физического эффекта всегда приводит к решениям высокого уровня. Но область его действия очень узка: в сущности речь идет об одной задаче - «Как уменьшить трение жидкости и твердого тела при их относительном движении?» В а. с. № 412 382 предлагается добавка длинноцепочечных полимеров в жидкость «для струйного воздействия на твердые материалы»; в а. с. № 424 468 тот же эффект патентуется в качестве «способа работы жидкостно-кольцевой машины, например компрессора»; в а. с. № 427 982 длинноцепочечные полимеры вводятся в смазку для волочения труб; в а. с. № 464 042 - снова то же самое, но речь идет об «электрической водозаполненной машине»... Таких изобретений множество, однако задача везде одна и та же: есть жидкость, нужно уменьшить ее трение о твердую поверхность. Изобретательские решения, основанные на использовании одного физического эффекта, быстро становятся тривиальными: применение электрогидравлического эффекта в конце 40-х годов давало сильные изобретательские решения, а через десять лет этот прием стал тривиальным. В стандартах указан не какой-то конкретный физический эффект, а тип эффекта, поэтому стандарты имеют значительно большую продолжительность жизни: в некоторых из них могут быть использованы и те физические эффекты, которые будут открыты в дальнейшем.

Описание каждого стандарта включает подробное его обоснование и многочисленные примеры, отражающие нюансы применения. Мы коротко рассмотрим только суть первых десяти стандартов (разработано уже около 50 стандартов, но многие из них еще не завершили свой «испытательный срок»).

Стандарт 1. Если объект трудно обнаружить в какой-то момент времени и если можно заранее ввести в него добавки, то задача решается предварительным введением в объект добавок, которые создают легко обнаруживаемое (чаще всего электромагнитное) поле или легко взаимодействуют с внешней средой, обнаруживая себя и, следовательно, объект. Аналогично решаются задачи на измерение, если их можно представить в виде последовательности задач на обнаружение.

Примерами могут служить решения задач 9 (добавка люминофора в рабочее вещество холодильника), 18 (добавка люминофора в краску) и 10 (добавка ферромагнетика в полимер). По а. с. № 415 516 температуру в труднодоступных местах измеряют, вводя алмазное зерно: с изменением температуры меняется показатель преломления света, проходящего через алмаз. Суть (в вольном смысле) во всех этих случаях одна: дано одно вещество, вводится второе, «умеющее» хорошо взаимодействовать с внешним электромагнитным полем.

Стандарт 2. Если нужно сравнить объект с эталоном, чтобы выявить отличия, то задача решается оптическим совмещением изображения объекта с эталоном или с изображением эталона, причем изображение объекта должно быть противоположно по окраске эталону или его изображению. Аналогично решаются задачи на измерение, если есть эталон или его изображение.

Пример - решение задачи 28. Другой пример - а. с. № 350 219; пластинку с просверленными отверстиями контролируют, совмещая желтое изображение пластинки с синим изображением эталона. Если на экране появляется желтый цвет, значит на контрольной пластинке отсутствует отверстие. Появление синего цвета означает, что на пластинке есть лишнее отверстие.

Стандарт 3. Если два подвижных относительно друг друга вещества должны соприкоснуться и при этом возникает вредное явление, то задача решается введением между ними третьего вещества, являющегося видоизменением одного из веществ, данных по условиям задачи.

Пример - решение задачи 14. По стандарту 3 решается также задача 17: в месте поворота трубопровода снаружи устанавливают постоянный магнит, изнутри на стенку «налипают» слой шариков; движущиеся шарики сталкиваются уже не со стенкой, а с неподвижными шариками; если какой-то неподвижный шарик будет выбит, его место займет другой (а. с. № 304 356). Аналогично решается задача 36. В задаче 21 вредное явление (эрозия) возникает между водой и металлом: вводят «видоизмененную воду» - слой льда: части подводного крыла, которые нужно защитить, охлаждают, на них нарастает тонкий и постоянно восстанавливаемый слой льда (а. с. № 412 062).

Стандарт 4. Если нужно управлять движением объекта, в него следует ввести ферромагнитное вещество и использовать магнитное поле. Аналогично решаются задачи на обеспечение деформаций вещества, на обработку его поверхности, дробление, перемешивание, изменение вязкости, пористости и т. п.

Примеры - решение задачи 6 об изменении свойств почвы на полигоне и задачи 29 о перемещении линии рисунка. По а. с. № 147 225 ферромагнитные частицы вводят в чернила и управляют такими чер-

нилами с помощью магнитного поля. По а. с. № 261 371 ферромагнитный порошок вводят в катализатор и управляют его движением с помощью магнитного поля. В а. с. № 433 829 описана заглушка с ферромагнитной жидкостью, твердеющей в магнитном поле, в а. с. № 469 059 изменение вязкости такой жидкости в магнитном поле используется для управления демпфирующими устройствами. Подобных изобретений очень много, и все они относятся к решениям высоких уровней.

Стандарт 5. Если нужно увеличить технические показатели системы (массу, размеры, скорость и т. д.) и это наталкивается на принципиальные препятствия (запрет со стороны законов природы, отсутствие в современной технике необходимых веществ, материалов, мощностей и т. д.), система должна войти в качестве подсистемы в состав другой, более сложной системы. Развитие исходной системы прекращается, оно заменяется более интенсивным развитием сложной системы. Примером может служить создание газотеплозащитного скафандра.

Стандарт 6. Если трудно выполнить операцию с тонкими хрупкими и легкодеформируемыми объектами, то на время выполнения этих операций объект надо объединить с веществом, делающим его твердым и прочным, а затем это вещество удалить растворением, испарением и т. д.

По а. с. № 182 661 тонкостенные трубки из нихрома изготавливают (волочением) на алюминиевом стержне, а затем вытравливают стержень щелочью.

Стандарт 7. Если надо совместить два взаимоисключающих действия (или два взаимоисключающих состояния объекта), то каждое из этих действий надо сделать прерывистым и совместить таким образом, чтобы одно действие совершалось в паузах другого. При этом переход от одного действия (состояния) к другому должен осуществляться самим объектом, например, за счет использования фазовых переходов, происходящих при изменении внешних условий.

Примеры - решение задачи 25 о молниевыводе и задачи 48 о защите от обледенения.

Стандарт 8. Если невозможно непосредственно определить изменение состояния (массы, размеров и т. д.) механической системы, то задача решается возбуждением в системе резонансных колебаний, по изменению частоты которых можно определить происходящие изменения.

Частота собственных колебаний - пульс технической системы (или ее части). Идеальный способ измерения: датчиков нет, система сама сообщает о своем состоянии... По а. с. № 244 690 по собственной частоте колебаний определяют вес движущейся нити (до этого приходилось отрезать часть нити и взвешивать).

Стандарт 9. Если нужно увеличить технические показатели системы (точность, быстродействие и т. д.) и это наталкивается на принципиальные препятствия (запрет со стороны законов природы, резкое ухудшение других свойств системы), то задача решается переходом с макро- на микроуровень: система (или ее часть) заменяется веществом, способным при взаимодействии с полем выполнять требуемые действия.

В стандарте 5 речь шла о переходе от системы к надсистеме; суть стандарта 9 заключается в переходе от системы к подсистеме. С примерами читатель уже знаком. В частности, по стандарту 9 решается задача 52 (для создания сверхточного крана надо использовать тепловое расширение, магнитострикцию, обратный пьезоэффект).

Большое значение для применения стандартов имеет возможность или невозможность вводить добавки - в соответствии с требованиями стандартов 1, 3, 4 и 6. До сих пор мы пользовались словами «можно менять объект», «нельзя менять объект». Теперь эти слова наполняются конкретным физическим смыслом, что позволяет применить более точные определения: «можно вводить добавки» и «нельзя вводить добавки». Степень трудности задачи во многом зависит от этих «можно» и «нельзя». Поэтому стандарт 10 специально относится к переводу «нельзя» в «можно».

Стандарт 10. Если нужно ввести добавки, а это запрещено условиями задачи, следует использовать обходные пути:

1) вместо вещества вводится поле; 2) вместо «внутренней» добавки используется «наружная»; 3) добавка вводится в очень малых дозах; 4) добавка вводится на время; 5) в качестве добавки используют часть имеющегося вещества, переведенную в особое состояние или уже находящуюся в таком состоянии; 6) вместо объекта используют его копию (модель), в которую допустимо введение добавок; 7) добавки вводят в виде химического соединения, из которого они потом выделяются.

Обходные пути 2 и 4, например, можно использовать для решения задачи 20. На алмазы напыляют тонкий слой металла и осуществляют ориентировку алмазных зерен с помощью магнитного поля. При шлифовке ненужный напыленный слой сразу стирается.

* * *

Решая задачу методом проб и ошибок, человек неожиданно обнаруживает решение. Мгновение назад ответа не было - и вдруг он сразу появился. Эта неожиданность отражена во многих терминах: «озарение», «осенение», «эврика», «инсайт»... Слова разные, а смысл одинаковый: решение появляется внезапно, тьма мгновенно заменяется светом.

Действительно, при работе методом проб и ошибок смена тьмы светом происходит в неувлимо ко-

роткий промежуток времени. Для психолога, изучающего изобретательское творчество на уровне метода проб и ошибок, «озарение» - одно из основоположных явлений. Иное дело, если психолог изучает изобретательское творчество, ведущееся на уровне АРИЗ. Здесь столь же основоположным оказывается отсутствие «озарений»: тьма постепенно сменяется светом. Вот магнитофонная запись решения задачи 54 о пропавшем алмазе (задачу решал математик, окончивший общественный институт изобретательского творчества): «Это задача на обнаружение. Следовательно, нужно применить стандарт 1: придется ввести какие-то добавки в алмаз. Да, но добавки вводить нельзя! Противоречие... Для этого есть стандарт 10... Вводить добавки на время или в микродозах - это тоже не подойдет, вводить добавки нельзя. Следующий обходной путь - использовать в качестве добавок что-то находящееся в веществе. А что в нем находится? Алмаз - кристалл. Кристаллическая решетка... Есть там нарушения кристаллической решетки? Должны быть! Значит, их надо использовать в качестве отметин... Как родинки у человека... С похищенным алмазом ничего уже не поделаешь, но для всех других надо заранее сделать рентгенограммы... Получается что-то вроде дактилоскопии для алмазов...»

Решая трудную задачу перебором вариантов, изобретатель может годами не сдвинуться с места: что из того, что из 50 тыс. вариантов уже рассмотрены 3 тыс. Иное дело - при решении задачи по АРИЗ. Человек сознательно управляет процессом решения, подключая знание тех или иных закономерностей, приемов, методов и т. д. Каждая операция приближает решение, проясняет тьму. Контуры решения выступают постепенно (и, конечно, намного быстрее, чем при работе методом проб и ошибок).

По традиции «озарение» привыкли считать неизменным свойством творчества: есть «озарение» - есть и творчество, нет «озарения» - нет творчества. Теперь, на новом уровне организации творчества, вместо «озарения», «осенения» психологическим атрибутом творчества становится «прояснение» (постепенный переход к свету).

При этом (здесь есть своеобразный парадокс) решение задачи частично известно еще до постановки задачи. Не зная задачи, мы заранее знаем законы, т. е. ответ в общей форме. Процесс решения состоит в переходе от общих законов к конкретному их овеществлению в данном случае.

Стандарты на решение изобретательских задач можно применять до анализа (на шаге 1.7). Но эффективнее использовать их после анализа, во всяком случае, после построения модели задачи, поэтому стандарты входят в таблицу типовых моделей задач и вепольных преобразований.

Иногда для решения задачи необходимо последовательно использовать несколько стандартов.

Задача 56

Установка для укладки фруктов в картонные коробки включает вибростол, на который устанавливают ящик (вибрация позволяет значительно повысить плотность укладки). Сверху по лотку поступают фрукты. К сожалению, нежные фрукты бьются при падении (будем считать, что высота падения 0,5 м). Опускать лоток до дна коробки, а потом поднимать его, используя какое-то устройство, - решение слишком сложное и потому плохое. Как быть?

Один персик ударяется о другой, при этом возникает вредный эффект - типичная задача на стандарт 3. Нужно ввести между двумя соударяющимися персиками «мягкий персик», т. е. какие-то эластичные шарики, например из поролона (такие шарики благодаря вибрации будут находиться над верхним слоем фруктов). После заполнения коробки нужно удалить шарики - это уже задача на стандарт 4. В шарики введены ферромагнитные пластинки; после заполнения коробки включают расположенный над коробкой электромагнит, и шарики «выпрыгивают» из коробки; подают пустую коробку, отключают магнит, сбрасывают шарики. Эффективность решения (а. с. № 552 245) достигнута совместным применением двух стандартов; использованы шарики-амортизаторы и обеспечено управление ими.

ЗА ДЕРЕВОМ - ЛЕС

Наиболее сильные средства решения задач (вепольный анализ, стандарты) одновременно являются инструментами для выявления новых задач. Прогностическая функция присуща и приемам, используемым на шаге 6.3. Рассмотрим это на конкретном примере.

Допустим, впервые создан электромагнитный измеритель (расходомер) потока электропроводной жидкости. Принцип устройства такого расходомера весьма прост (рис. 16,а): в измеряемый поток (П) введены электроды (Э), снаружи расположена магнитная система (М), создающая магнитное поле; поток пересекает магнитные силовые линии, и на электродах возникает электродвижущая сила. Если теперь поставить задачу: «Предложите новые конструкции электромагнитных расходомеров», поиск методом проб и ошибок не даст быстрых результатов, потому что неизвестно, как менять имеющуюся схему. Используем простейший прием - перестановку частей. Структуру исходной конструкции можно записать так: МЭПЭМ. В центре - поток, с обеих сторон потока - электроды, снаружи - магнитная система. Очевидно, путем перестановки частей можно получить еще пять конструкций; ЭМПЭМ (рис. 16,б); ПМЭМП (рис. 16,в); МПЭПМ (рис. 16,г); ЭПМПЭ (рис. 16,д); ПЭМЭП (рис. 16,е).

К моменту, когда такой морфологический анализ провели впервые, были известны только лотковый

расходомер по схеме МЭПЭМ и лаг (измеритель скорости) со схемой ПЭМЭП. Четыре схемы оказались новыми, имеющими свои особенности и преимущества. Например, схема МПЭПМ позволяет измерять локальный расход по ширине потока. Лаг по схеме ПМЭМП работает на внутреннем магнитном поле соленоида и потому более чувствителен, чем лаг по схеме ПЭМЭП, работающий на поле рассеяния.

Таким образом, даже простейшие приемы (перестановка частей) могут быть использованы не только как решения задач, но и для выявления области применения полученного принципа, т. е. в целях прогнозирования.

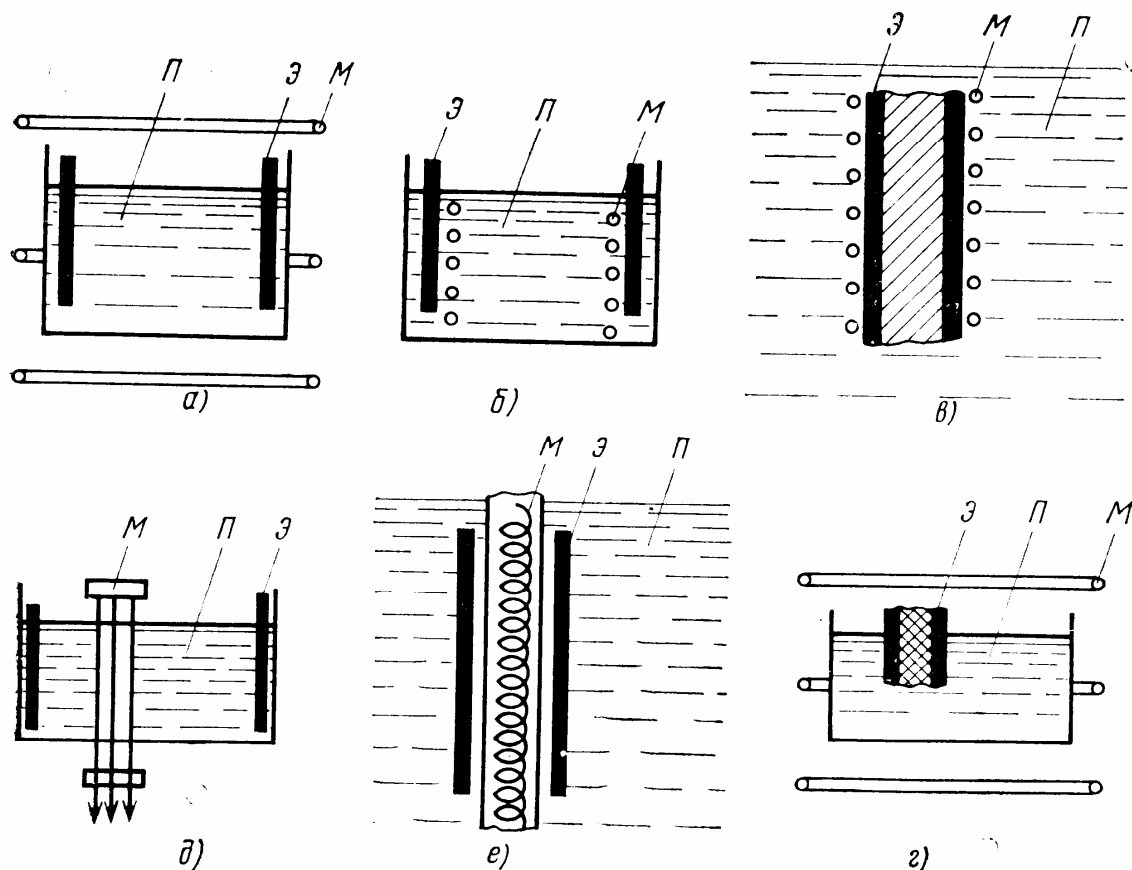


Рис. 16.

Рассмотрим, например, магнитный фильтр (задача 13). Он включает магнитную систему (М), ферромагнитный порошок (Ф), сквозь который проходит поток запыленного воздуха (обозначим этот поток буквой И - изделие). Структура фильтра МФИФМ.

Ясно, что возможны еще пять структур: ФМИФФ; ИМФМИ; МИФИМ; ИФМФИ; ФИМФИ.

Например, «Электромагнитный фильтр, о т л ч а ю щ и й с я тем, что с целью снижения удельного расхода энергии и увеличения производительности фильтрующий элемент из зернистого магнитного материала размещен вокруг источника магнитного поля и образует внешний замкнутый магнитный контур» (а. с. № 319 325). Это изобретение (магнит внутри) появилось только через семь лет после того, как был изобретен обычный фильтр (магнит снаружи) ...

Будем считать шесть возможных структур прографкой таблицы, а в боковик запишем пять возможных состояний изделия: газ, жидкость, твердое тело (например, стальной стержень), эластичное тело (резины), порошок. Получится таблица, содержащая 30 клеток, причем в них окажутся не только схемы фильтров, но и схемы иных по функциям технических систем. Например, в клетку на пересечении колонки «МФИФМ» и строки «твердое тело» можно поместить изобретение по а. с. № 499 912: «Способ бесфильтрного волочения стальной проволоки, включающий деформацию растяжением, отличающийся тем, что с целью получения проволоки постоянного диаметра необходимую деформацию осуществляют путем протягивания проволоки через ферромагнитную массу, помещенную в магнитном поле». В патенте ЧССР № 105 766 описана магнитная пробка, установленная в картере двигателя для вылавливания частиц металла из масла: структура ИФМФИ, агрегатное состояние изделия (масло) - жидкость.

В таблице использованы только два приема: перестановка частей и изменение агрегатного состояния изделия. Можно использовать третий прием: переход от поступательного движения (изделия, порошка или поля) к вращательному и наоборот, т. е. можно построить две 30-клеточные таблицы для двух видов движения. Таким образом, исходная схема планомерно разворачивается в 60 схем.

При детальной проработке число схем можно значительно увеличить: для этого нужно учесть, какая часть системы движется, а какая неподвижна. «В 1962 г. Геннадий Шулев, в то время аспирант КТИР-ПиХ, предложил новую технологию обработки металлов - магнитно-абразивную. На нее в мае того же года получил а. с. № 165 651. Он остроумно модернизировал идею обработки металла, которая была предложена в нашей стране в 1938 г. Идея возникла, но результата не получилось, ибо первоначально предлагалось обрабатывать цилиндрические поверхности во вращающемся магнитном поле. Шулев развил идею: магнитное поле не- подвижно, а вращается деталь. Попробовал на станке - получается» («Техника и наука», 1976, № 7, с. 15). Двадцать четыре года на переход к идее «вращать не поле, а изделие»-такова плата за неорганизованность мышления. По АРИЗ-77 развитие и трансформация полученной идеи обязательны (шаг 6.3б). Значительное расширение области трансформаций идей можно получить введением третьей оси «Использование физических эффектов и явлений»; управление магнитными характеристиками путем изменения температуры системы, переход через точку Кюри, эффекты Гопкинса, Баркхаузена. Например, по а. с. № 397 289 при контактной приварке ферромагнитного порошка к рабочим поверхностям деталей (для обеспечения равномерности подачи порошка) его нагревают до точки Кюри. Две трехмерные таблицы - это уже свыше 200 схем. За деревом идеи отчетливо просматривается целая роща идей...

Построение и заполнение подобных таблиц является прекрасным упражнением на развитие «аризного» мышления и с 1976 г. систематически используется на занятиях в общественных школах и институтах изобретательского творчества. При этом нередко делают интересные изобретения и открывают новые направления исследований и разработок.

ЗАДАЧИ

Задачи 57-59 вы решите легко, хотя они весьма трудны для тех, кто не слышал о стандартах. А вот с задачей 60 придется поработать без спешки, терпеливо. Решение этой задачи можно развернуть в интересное исследование.

Задача 57

В а. с. № 206 207 описан станок для нарезания резьбы метчиками; для разгрузки инструмента от осевых усилий станок имеет камеру, заполненную жидкостью, и поплавок, соединенный со шпиндельным блоком. По а. с. № 354 297 аналогичное поплавокное устройство используют для разгрузки опорных подшипников в установке, измеряющей крутящие моменты. Чем больше поплавок, тем, естественно, больше развиваемая им гидростатическая сила. Но увеличивать размеры поплавокной камеры невыгодно. Использовать вместо воды тяжелую жидкость дорого, неудобно, опасно. Спрогнозируйте, в каком направлении будут развиваться подобные поплавокные камеры.

П р и м е ч а н и е. Если возникнут трудности, вернитесь к задаче 50.

Задача 58

Имеется установка для получения полимера в виде мелких шариков. Установка представляет собой бак, в котором находится расплавленный полимер. К его поверхности подведена труба, по которой поступает сжатый воздух, захватывающий и распыляющий полимер. Воздушный поток с капельками полимера отводится по трубе: капельки застывают, падают на нижнюю стенку трубы и скатываются в специальную емкость. К сожалению, установка дает много крупных шариков. Пробовали по-разному подавать воздух - лучше не получается. Ставили в трубе решетки, сетки - снижалась производительность.

Какой стандарт надо использовать? Каково решение задачи по этому стандарту?

Задача 59

Консервы выпускают в литровых башках с металлическими крышками. Необходимо проверять, достаточно ли плотно крышка закрывает горловину банки. Для этого опускают банки в ванну с водой и смотрят - появятся ли пузырьки воздуха (вода через неплотности проходит внутрь банки и вытесняет воздух). Способ медленный и ненадежный. Какой стандарт надо применить? Каково решение по стандарту?

П р и м е ч а н и е. Задача состоит в обнаружении капелек воды, проникших внутрь банки. Модель задачи относится к классу 1: дано одно вещество. Содержимое банки, сами банки, крышки не входят в модель задачи.

Задача 60

Ответ на задачу 59 разверните в таблицу «расположение частей - агрегатные состояния изделия». Используйте приведенные в тексте книги примеры изобретений для заполнения некоторых клеток таблицы. Попытайтесь заполнить пустые клетки схемами. Какое применение может быть у этих схем? Нет ли среди них новых изобретений?

«БЛУЖДАЯ РАССЕЯННЫМ ВЗГЛЯДОМ...»

Все-таки можно ли изобретать без теории? Без вепольного анализа, без дотошных операций по АРИЗ, без всей этой нелегкой науки? Можно. Вот типичный пример.

Сталь выплавляют в конверторах - огромных металлических тиглях с внутренней футеровкой (облицовкой) из огнеупорного кирпича. Каждые 7-10 дней футеровка сгорает, приходится прекращать работу, охлаждать конвертор, выламывать футеровку и выкладывать ее заново. Возникла идея: менять тигель конвертора целиком. Но конвертор - это сооружение высотой с восьмиэтажный дом; слишком сложно снимать тигель с подшипников, а потом устанавливать заново. Как же быть? Над этой проблемой долго размышлял изобретатель канд. техн. наук В. Горелов. Проблема не поддавалась, шли «пустые» пробы. И вот однажды... «Дочке необходимо было купить игрушку, - рассказывает Горелов. - Блуждая рассеянным взглядом по магазинным полкам, залюбовался русскими матрешками, красиво оформленными и выстроившимися за своей «мамой», в которую остальные вставляются одна в другую. Что-то они напоминали, но что? Прошел мимо, а потом вернулся - вспомнил! Да ведь если убрать верхнюю часть и пристроить руки-цапфы - это же конвертор, в который вкладывается чуть меньший корпус с футеровкой» («Изобретатель и рационализатор», 1976, № 9, с. 20).

Ну, а если бы В. Горелов не зашел в «Детский мир»? Или если бы в тот день на полках магазина не стояли матрешки?.. Конечно, задачу так или иначе решили бы, но с еще большими потерями времени.

Обратимся теперь к таблице основных приемов [13]. Нужно повысить «удобство ремонта» (строка 34). Если идти известными путями (снимать весь тигель), потребуется дополнительное время на установку отремонтированного тигля. Колонка 25 («потери времени») или 32 («удобство изготовления»); приемы в первой клетке: 32, 1, 19, 25; во второй: 1, 35, 11, 10. Прием 1 - разделить объект на части. Именно этот прием и обнаружил В. Горелов, «блуждая рассеянным взглядом». (Матрешка уже реализована в конструкции тигля, так как футеровка находится внутри корпуса. Суть изобретения в отделении футеровки, поэтому «рассеянный взгляд» должен был зафиксировать именно разобранную матрешку).

Другая задача и другой изобретатель - канд. техн. наук А. Белоцерковский: «...к идеальной жидкости для гидроэкструзии предъявляются два взаимоисключающих требования: в зоне действия ее на заготовку жидкость должна быть маловязкой и хорошо передавать высокое гидростатическое давление, а в зоне герметизации и трения (на входе плунжера в контейнер) жидкость должна быть высоковязкой с хорошими смазочными свойствами. Мы предпринимали многочисленные попытки скомбинировать такую жидкость из различных компонентов, обращались в институты химического профиля, терпеливо изучали литературу и патенты. Подходящую жидкость найти не удавалось. Решение пришло внезапно и в самом неподходящем для научного творчества заведении - в коктейль-холле. Как-то субботним вечером мы рассеянно поглядывали на манипуляции девушки-барменши, ловко сбивающей многослойные искрящиеся напитки. Тогда-то и возникла простая до нелепости идея: что, если сделать «коктейль» и в контейнере для гидро-экструзии (а. с. № 249 906). Попробовали - и действительно все прошло отлично» («Изобретатель и рационализатор», 1970, № 12, с. 21).

Физическое противоречие лежит на виду, решение задачи предельно облегчено. Сразу ясно, что противоречивые свойства мало разделить в пространстве. Следовательно, могут быть две и только две возможности: 1) взять одну жидкость и создать разные условия в разных частях машины; 2) взять две жидкости и разделить их в пространстве, причем жидкости не должны смешиваться друг с другом. Изобретатель долгое время видел только первый путь, да и то частично: искал жидкость, которая в разных частях машины ведет себя по-разному. Любой слушатель общественной школы изобретательского творчества знает, что есть жидкости, меняющие вязкость в магнитном или электрическом поле; есть жидкости, меняющие вязкость в зависимости от температуры, от градиента скорости в слоях... Но проще идти вторым путем: пусть в разных частях машины работают разные жидкости. Для этого надо подобрать несмешивающиеся жидкости («коктейль») - вязкую и маловязкую. Интересно сопоставить рассказ изобретателя и давным-давно опубликованный комментарий к одной из учебных задач [12, с. 176]:

«...Мы налили в контейнер для гидроэкструзии... маловязкую рабочую жидкость - попросту говоря, воды... В полость контейнера мы залили слой высоковязкой жидкости с плотностью ниже плотности воды... минеральное масло марки СУ».

«...Главное требование - не смешиваться с нефтью... Все вещества бывают либо органические, либо неорганические. Еще алхимикам было известно, что «подобное растворяется в подобном». Нефть - вещество органическое. Значит, экран должен быть неорганическим. Самая распространенная неорганическая жидкость - вода».

Конечные ответы совпадают: вода и масло, вода и нефть. В обоих случаях состав «коктейля» один и тот же...

Порой трудно понять, почему в поисках идеи «блуждают рассеянным взглядом» где угодно, но только не там, где следовало бы «блуждать» в первую очередь - в книгах по теории решения изобретательских задач. Ведь можно просто перебрать 40 основных приемов, этому даже учиться не надо...

Инженер Ю. Портнягин столкнулся с задачей, очень похожей на ту, которую решал В. Горелов: нужно было ускорить ремонт печи, на этот раз стекловаренной. Дно печи выкладывают огнеупорными шамотными брусками - на это уходит 90 % времени, затрачиваемого на ремонт. Все дело в том, что бруски должны плотно прилегать друг к другу, поэтому их приходится обрабатывать вручную. Ю. Портнягин был на лекциях по ТРИЗ и знал, что существуют 40 приемов. Поэтому решение задачи пошло иначе. «Перебирая приемы решения изобретательских задач, - пишет Ю. Портнягин («Изобретатель и рационализатор», 1973, № 4, с. 28), - я все время ломал голову, как же сделать, чтобы швы между брусками были минимальными? Есть такой прием - усилить вредный фактор и превратить его в полезный... Мысленно увеличиваю - шире и шире... Что дальше? Вот что: надо это пространство с неровными криволинейными стенками засыпать высокоогнеупорным бетоном... Наши экономисты подсчитали экономический эффект от облегчения труда -103 руб. 36 коп. за каждый кубометр кладки!.. Комитет по делам изобретений выдал мне на этот способ авторское свидетельство № 270 209».

Простая мысль - посмотреть список приемов, но как редко она возникает! Главный конструктор проекта Д. Цитрон рассказывает об изобретении, основанном на применении... «воздушного мешка»; как мы видели, это весьма распространенный прием, и в литературе по ТРИЗ нетрудно найти примеры его использования. Но Д. Цитрон обнаружил его не в книгах, а...среди игрушек сына: «Разбирая однажды с сыном его старые игрушки, увидел надувного резинового клоуна. То, что я искал!» («Изобретатель и рационализатор», 1972, № 5, с.12).

Еще один любопытный пример. Сформулируем его в виде задачи.

Задача 61

Существуют так называемые металлоплакирующие смазки. В них на 90 % обычного масла приходится 10 % тонко измельченного металлического порошка. При работе порошок создает на трущихся поверхностях тончайший защитный слой металла. Приготовление смазок очень простое - путем механического перемешивания.

Но такие смазки не годятся, если зазор между трущимися поверхностями меньше гранул порошка. Можно, конечно, сильнее истереть порошок - сделать коллоидный раствор. Но и в этом случае получаются слишком большие частицы. Больше измельчать - значит перейти от коллоидного раствора к истинному раствору (в истинном растворе металл содержался бы в виде молекул, атомов или ионов). Но металлы не растворяются в масле. Как быть?

Явное физическое противоречие: металл должен быть в смазке, чтобы шло плакирование, и металла не должно быть в смазке, чтобы не было крупных частиц. Типичнейшая задача на применение стандарта 10. Этот стандарт включает семь способов вводить вещество, когда вводить его нельзя. По условиям задачи сразу отпадают шесть способов (введение поля вместо вещества, введение «наружной» добавки и т. д.); остается один: ввести добавку в виде химического соединения, из которого она потом выделится.

Что же это за соединение? Очевидно, оно должно обладать тремя свойствами: содержать металл, растворяться в смазке (давать истинный раствор), выделять металл при возникновении сил трения.

Первому требованию легко удовлетворить. Есть сколько угодно веществ, содержащих металлы, например поваренная соль. Металл в ней есть и металла в ней нет (он связан и не проявляет своих металлических свойств). Третье требование тоже легко выполняется: вещества, содержащие металл, разлагаются, например, под действием электрического тока, теплового поля. Последнее лучше: ток надо подводить, а тепло само выделяется при трении. Теперь надо выяснить, какие вещества хорошо растворяются в смазке. Но и здесь нет трудностей. Смазка -органическое вещество, хорошо растворяются в ней органические же вещества («подобное растворяется в подобном»). Значит, нужно металлоорганическое вещество (какая-нибудь соль металла и органической кислоты), разлагающееся при нужной нам рабочей температуре трения. Остается взять справочник по органической химии и подобрать подходящую металлоорганическую соль.

Эта задача неоднократно решалась на занятиях по ТРИЗ. На получение общей идеи решения («Нужно какое-то металлоорганическое соединение») уходит в среднем 30-40 мин; правильных ответов на первом курсе около 40 %, на втором - около 70 %. Подбор конкретного вещества дается в виде домашнего задания. Сдают работы в среднем 60 % (нужны справочники по химии, не все успевают их достать), практически во всех сданных работах правильные ответы (иногда указывают не только то вещество, которое нужно, но и еще два-три).

Теперь посмотрим, как была решена эта задача «в натуре». Из статьи изобретателя канд. техн. наук В. Шиманского: «...Короче говоря, нужна растворимая в масле присадка... Были обследованы самые различные соединения. Их даже трудно все перечислить. И опять помог случай. Как-то я стоял в книжном магазине, и кто-то попросил продавщицу: «Подайте, пожалуйста, «Методы элементоорганической химии». Счастливая мысль! А что если попробовать металлоорганические соединения? Попросил «Мето-

ды» для себя. Это была воистину золотая жила. Уксуснокислый кадмий, оказывается, разлагается при 250°. Эксперимент дал ответ: это вещество растворимо в масле. Поверхности трения покрываются кадмием» («Изобретатель и рационализатор», 1972, № 2, с. 6).

Пожалуй, самое трагичное в таких историях то, что из них не извлекают упреков на будущее. Те же изобретатели, решая другие задачи, действуют все тем же методом проб и ошибок, вновь теряя годы из-за незнания азов ТРИЗ. «Прошло три года, - пишет канд. техн. наук А. Белоцерковский о другой задаче, - я пробовал по-разному видоизменять процесс, однако безуспешно...» («Изобретатель и рационализатор», 1972, № 8, с. 6). Если в течение трех лет группа инженеров во главе с канд. техн. наук «по-разному видоизменяет процесс» и «блуждает рассеянным взглядом» - это обходится государству не менее чем в 50 тыс. руб. Для сравнения: годовая смета общественного института изобретательского творчества (при 100 слушателях) составляет всего 3 тыс. руб.

Мы говорили об изобретателях, решавших задачи в одиночку или небольшими группами. Может быть, в крупных коллективах дело обстоит иначе? Может быть, там существует более эффективная технология творчества?

Вот что рассказывает генеральный конструктор О. К. Антонов («Литературная газета», 14 августа 1968 г, с. 2):

«Когда конструировали «Антея», особенно сложным был вопрос о схеме оперения. Простой высокий киль с горизонтальным оперением наверху при всей ясности и заманчивости этой схемы, рекомендованной аэродинамиками, сделать было невозможно - высокое вертикальное оперение скрутило бы как бумажный пакет фюзеляж самолета, имеющий огромный вырез для грузового люка шириной 4 метра и длиной 17 метров.

Разделить горизонтальное оперение и повесить «шайбы» по концам стабилизатора тоже было нельзя, так как это резко снижало критическую скорость флягтера оперения.

Время шло, а схема оперения не была найдена».

Современное авиационное КБ - коллектив, планомерно работающий по общей программе. Генеральный конструктор думает о задаче не в одиночку. Каждым узлом самолета занимается группа талантливых конструкторов, располагающих самой свежей информацией обо всем, что относится к их специальности. Но если останавливается одна такая группа, это сбивает ритм работы всего коллектива. Нетрудно представить себе, что стоит за простой фразой: «Время шло, а схема оперения не была найдена.»

«Как-то раз, проснувшись ночью, - продолжает О. К. Антонов, - я стал по привычке думать о главном, о том, что больше всего заботило и беспокоило. Если половинки «шайбы» оперения, размещенные на горизонтальном оперении, вызывают своей массой флягтер, то надо расположить шайбы так, чтобы их масса из отрицательного фактора стала положительным... Значит, надо сильно выдвинуть их и разместить впереди оси жесткости горизонтального оперения...

Как просто!

Я тут же протянул руку к ночному столику, нащупал карандаш и записную книжку и в полной темноте набросал найденную схему. Почувствовав большое облегчение, я тут же крепко заснул».

За три года до опубликования статьи О. К. Антонова «Экономическая газета» посвятила свою шестнадцатистраничную вкладку материалам под названием «Внимание: алгоритм изобретения!» [25]. В этих материалах была, в частности, небольшая таблица устранения технических противоречий. Нужно увеличить площадь оперения - это третья строка таблицы; если идти известными путями, появляется вредный фактор - это 14-я колонка таблицы. На пересечении - в соответствующей клетке таблицы - указаны три приема, причем первый из них дословно совпадает с решением, найденным О. К. Антоновым: «Вредные факторы могут быть использованы для получения положительного эффекта» (вспомните задачу, которую решал Ю. Портнягин). Такие таблицы публиковались и раньше, отнюдь не обязательно было перебирать множество вариантов, теряя время, искать решение бессонными ночами.

«Блуждание рассеянным взглядом» как метод решения изобретательских задач не только ведет к потерям времени, но и неизбежно порождает множество слабых, неудачных изобретений, которые невозможно внедрить. Вот типичный пример. В нашей стране ежемесячно выпускают около 300 млн. штук фаянсовой посуды. После первого обжига изделия делят на три группы, каждую из которых затем вторично обжигают по своей технологии. Сортировку ведут по звуку: работница берет тарелку, ударяет ее металлическим молоточком и в зависимости от тональности звука кладет тарелку на одну из трех позиций. Такая сортировка - труд чрезвычайно монотонный и тяжелый. Естественно, возникла изобретательская задача: надо избавиться от ручного труда. И вот группа изобретателей разрабатывает... «рукастый» автомат. Одна рука автомата хватается тарелку, другая ударяет молоточком: звуковые колебания воспринимаются микрофоном, анализируются... словом, полностью скопированы действия человека. В книгах по ТРИЗ есть множество примеров - весельный пароход, шагающий пароход, «рукастая» швейная машина, иллюстрирующая правило: нельзя механически копировать действия человека. «Рукастая» сортировочная машина была построена, ее попытались внедрить... и обнаружили массу недостатков. Машина резко повысила процент боя посуды; грубые манипуляторы машины были лишь внешней копией челове-

ческой руки, которая на самом деле есть часть системы «рука - мозг». Машину не внедрили; деньги, затраченные на ее создание, оказались чистым убытком.

С точки зрения ТРИЗ - хрестоматийный случай плохой организации творчества. Проверка качества обжига тарелок - нерешенная задача. Но, может быть, в других отраслях техники аналогичные задачи решались, причем даже с более жесткими требованиями! в отношении производительности и точности? Такая проверка предусмотрена даже в ранних модификациях АРИЗ (в АРИЗ- 77 шаг 1.8 б). Взять хотя бы радиотехнику. Резисторы, широко используемые в радиотехнике, - та же керамика, их надо обжигать и проверять. Но резисторы - «тарелка» настолько маленькая, что молоточком не проверишь. Есть автомат АКС-1: керамика просвечивается двумя монохроматическими лучами света, об обжиге судят по соотношению интенсивностей прошедших через образец световых потоков.

Может быть, где-то есть способ контроля обжига еще более мелких изделий? Есть. Солнце «обжигает» зерна, поэтому в сельском хозяйстве и пищевой промышленности тоже приходится определять, как идет этот «обжиг». А. с. № 431 431: «Способ анализа структуры зерна пшеницы путем использования его оптических свойств, о т л ч а ю щ и й с я тем, что с целью повышения точности анализа определяют пропускную и отражательную способности, а о структуре судят по их отношению».

Когда изобретают, «блуждая рассеянным взглядом», очень мало шансов, что этот взгляд попадет именно на то авторское свидетельство (из многих сотен тысяч), которое подскажет путь решения. Взгляд останавливается на том, что видно всем... и появляется «рукастая» машина.

Трудности с внедрением неизбежны, если изобретение значительно опережает свое время. Бывают и трудности, обусловленные консерватизмом, нежеланием рисковать и т. д. И все-таки во многих случаях первопричина затруднений в том, что задача плохо решена.

НЕСКОЛЬКО ЗАМЕЧАНИЙ О ЛИТЕРАТУРЕ ПО ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОМУ ТВОРЧЕСТВУ

В цитированной статье О. К. Антонов справедливо отметил, что «о процессе творчества написано много, в том числе и много чепухи». Увы, дело обстоит именно так. «Осенения», «озарения», «случайные находки» - все эти выражения легковесны, внешне занимательны. Отсюда поток всевозможных историй о «блуждании рассеянным взглядом». Пять, десять, сорок таких историй - и у школьника, студента, молодого инженера складывается убеждение, что именно так и надлежит изобретать.

Правда, за последние годы наметились определенные сдвиги. Стали появляться книги и статьи по методам активизации поиска, в том числе отличная книга Дж. Джонса [26]. От методов активизации поиска, как уже говорилось, не приходится ожидать многого; они лишь улучшают обычный перебор вариантов. Но публикации таких методов заставляют обратить внимание на несовершенство существующей технологии - и это уже хорошо.

Повышенный интерес к новым методам решения творческих задач порой приводит и к появлению надуманных, чисто умозрительных методов. Такова, например, «стратегия семикратного поиска», предложенная Г. Бушем. «Известно, - пишет Г. Буш, - что эффективному одновременному рассмотрению, сравнению, изучению человек может подвергнуть до семи предметов, элементов, понятий, идей. В этом смысле система, основанная на «магическом» числе семь, имеет значительные преимущества перед десятичной системой» [27, с. 90]. Далее - семь стадий, в каждой - семь ключевых вопросов... Изобретателю, однако, не надо одновременно рассматривать семь стадий - ведь стадии представляют собой *последовательные* этапы процесса. «Магия» числа семь здесь абсолютно не при чем. С таким же основанием можно потребовать, чтобы в каждом городе было семь районов, в каждом районе семь кварталов, в каждом квартале семь домов, в каждом доме семь этажей, на каждом семь квартир... За "магической" формой "стратегии семикратного поиска" спрятано безнадежно старое содержание. Например, при выявлении и формулировании изобретательской проблемы рекомендуется использовать семь вопросов римского ритора Квинтилиана (I в.н.э.): кто? что? где? и т.д.

Для подобной "алхимии" (независимо от того, прячется ли она за "магией" или за ультрасовременной кибернетической терминологией) типичен полный отрыв от изучения объективных закономерностей развития технических систем, от исследования патентной информации, от решения конкретных изобретательских задач.

Существуют надежные критерии, позволяющие судить о новых работах по изобретательскому творчеству:

1. Основано ли исследование на достаточно большом массиве патентной информации?

Серьезная работа не может основываться на нескольких случайных фактах. Как показывает практика, хорошее исследование по теории изобретательства обычно строится на анализе не менее 10-20 тыс. авторских свидетельств и патентов.

2. Учитывает ли исследователь существование разных уровней изобретательских задач?

Если не "отсеять" многочисленные изобретения низших уровней, они "забьют" сравнительно редкие изобретения высших уровней и навязжут выводы, имеющие смысл только для простых задач.

3. Опробованы ли рекомендации на достаточно большом числе новых задач высших уровней?

Некоторое время назад Р.И.Дерягин [28, с.59] предложил по образу и подобию АРИЗ алгоритм решения исследовательских проблем (АРИП). В работе не было приведено ни одного примера использования АРИП для решения научных проблем. Естественно, АРИП не нашел никакого применения...

Творчество приобретает все большую общественную ценность. Это и порождает спекулятивные наскоки. Старые термины "озарение", "осенение" и другие иногда заменяются современными "кибернетическими" терминами. Появляются схемы со стрелками, кружочками и надписями "вход", "выход", "блок переработки информации", "накопитель" и т.д. Реального содержания за этим часто, увы, нет.

Изобретательское творчество - сложный предмет для исследования. За каждый, да- же очень небольшой, "квант" знания приходится платить огромным трудом. Но другого пути нет.

ШЕДЕВРЫ... ПО ФОРМУЛАМ

ТРИЗ учит решать изобретательские задачи "по формулам" и "по правилам". Возникает парадоксальная ситуация: человек делает изобретения высокого уровня (т.е. получает высококачественный *продукт творчества*), не прилагая при этом творческих усилий (т.е. без *процесса творчества*). Одна и та же задача (учебная или производственная) решается в разных городах разными людьми по одним и тем же правилам и получают одинаковые результаты независимо от индивидуальных качеств этих людей. Этот результат (изобретение) формально является творческим, фактически же он - обычная инженерная продукция, как, например, расчет балки по формулам сопротивления материалов.

Парадокс этот вызван тем, что понятие "творчество" не есть что-то неизменное, застывшее: содержание, вкладываемое в это понятие, постоянно меняется. В средние века, например, решение уравнений третьей степени было настоящим творчеством. Устраивались турниры: математики задавали друг другу уравнения; надо было найти корни... А потом появилась формула Кардано, и решение уравнений третьей степени стало доступным каждому математику-первокурснику...

Теперь представьте себе "переходный период"; все отыскивают корни алгебраических уравнений, перебирая варианты, а мы с вами знаем формулу Кардано. Для всех мы - гении (или таланты), но мы-то знаем, что работает формула... *ТРИЗ позволяет сегодня решать изобретательские задачи на том уровне организации умственной деятельности, который завтра станет нормой.*

Когда одну и ту же задачу решают два человека перебором вариантов и по ТРИЗ - это что-то вроде соревнования бегуна и автомобилиста. Один бежит, так сказать, своими ногами, другого мчит мощный мотор, а судьи оценивают только время... Сегодня ТРИЗ - как автомобиль в начале века: машина новая, еще далеко не совершенная, но заведомо более быстрая, чем человек, а главное, поддающаяся дальнейшему почти неограниченному совершенствованию. ТРИЗ пока не осиливает некоторые классы задач (получение новых веществ, выявление оптимальных режимов работы и т.д.). Со временем эти задачи окажутся под силу ТРИЗ, здесь нет принципиальных затруднений...

Читатель вправе спросить: следовательно, наступит момент, когда все изобретения будут делаться "по формулам" и изобретательство как вид творческой деятельности прекратится? Да, так и будет. Изобретательское творчество, все эти пробы и ошибки, "осенения", "счастливые случайности" - не самоцель, а средство развития технических систем. Средство настолько несовершенное, что еще 17 веков назад была высказана мысль о необходимости заменить "творчество" более эффективным методом - "наукой". К этой мысли возвращались неоднократно. Но до недавнего времени не было необходимости в науке изобретать - просто увеличивали число изобретающих. Ныне положение изменилось: стало намного труднее «брать числом», недопустимыми стали потеря времени, неизбежные при использовании метода проб и ошибок *Появление ТРИЗ, ее быстрое развитие - не случайность, а необходимость, продиктованная современной научно-технической революцией.*

Проектирование технических систем, сто лет назад бывшее искусством, в наши дни стало точной наукой. До недавнего времени эта наука включала только проектирование известных технических систем и не затрагивала создание принципиально новых систем. Теперь можно с уверенностью говорить о том, что проектирование систем превращается в науку о *развитии* и проектировании технических систем. Изобретательство как метод создания новых систем и совершенствования старых исторически изживает себя. Обидно и неразумие «копать вручную» там, где можно использовать машину. Работа «по формулам» неизбежно вытеснит работу «наощупь». Но человеческий ум не останется без работы: люди будут думать над более сложными задачами.

Замена изобретательства наукой - процесс сложный и небыстрый, зависящий не только от развития ТРИЗ, но и от эволюции теории и практики патентной охраны изобретений, в первую очередь от постепенного изменения содержания, вкладываемого в понятие «изобретение». Как мы видели, нижняя грани-

ца требований к техническому решению, претендующему на то, чтобы считаться изобретением, сейчас весьма низка: даже самые тривиальные предложения зачастую патентуются в качестве изобретений. Надо полагать, в обозримом будущем требования к изобретениям повысятся. Несколько лет назад в учебном пособии по патентоведению впервые появилась мысль о том, что изобретение - устранение технического противоречия: «Таким образом, необходимое условие появления изобретений - наличие противоречия, присущего известным решениям технической задачи. Чтобы определить наличие изобретения в конкретном предложении, требуется выявить это противоречие в известных решениях задачи и установить, что данное предложение позволяет устранить это противоречие частично или полностью» [29, с. 20]. Пока это, записано в учебном пособии, введение подобного определения в нормативные акты по изобретательству приведет к тому, что нынешние изобретения первого, второго уровня перестанут считаться изобретениями. *Требования к изобретениям должны регулярно пересматриваться и повышаться.*

Очень многое зависит и от развития системы обучения ТРИЗ. Пока система эта весьма невелика, но она быстро развивается и само ее существование создает предпосылки для перехода в дальнейшем к массовому обучению; накапливается опыт обучения, создаются учебные и наглядные пособия, идет подготовка преподавателей.

Обучение ТРИЗ организуют различные министерства и ведомства, администрация предприятий, НИИ, вузов, обкомы и горкомы комсомола. Всесоюзное общество «Знание», НТО, ВОИР. Занятия ведутся на трех уровнях:

1. Ознакомительный цикл лекций (20 учеб. часов). Цель таких лекций - изложить основные принципы ТРИЗ, показать необходимость серьезного изучения теории. Лекции позволяют отобрать слушателей для занятий в школе изобретательского творчества.

2. Школа (100-120 учеб. часов). Занятия обычно проводятся раз в неделю. Цель - научить технике применения АРИЗ. Программа школы соответствует программе первого курса общественного института изобретательского творчества: часть слушателей продолжает учебу в институте.

3. Институт (220-240 учеб. часов). Цель - подготовка специалистов по ТРИЗ (разработчиков, преподавателей).

В последнее время ТРИЗ стала учебным предметом в некоторых институтах повышения квалификации руководящих кадров. Занятия организуются по программе на 144 ч и проводятся (с отрывом от производства) в течение месяца. Затем слушатели продолжают самоподготовку. Через 5-6 мес. проводится защита выпускных работ. В каждой работе - решение актуальной для производства задачи на уровне изобретения и соответствующий методологический анализ хода решения.

Какова эффективность обучения?

В печати неоднократно публиковались сообщения об изобретениях, сделанных выпускниками общественных школ и институтов [19, с. 30-33]. Так, в газете «Магнитогорский металл» за 24 и 26 апреля 1969 г. инженер М. И. Шарапов рассказал о том, как была решена по АРИЗ одна из «застарелых» проблем. На изобретения, сделанные при этом, выданы а. с. № 212672 и 239759. Внедрение только на Магнитогорском комбинате дало 42 тыс. руб. годовой экономии («Изобретатель и рационализатор», 1974, № 1, с. 24). Ныне у М. И. Шарапова свыше 40 авторских свидетельств, почти все изобретения внедрены.

«Более десяти лет назад сотрудники нашего конструкторского бюро пытались создать простую и надежную систему программного управления, - писал изобретатель Ю. Чиннов в статье «Логика удачи» [34]. - И меня, и многих моих коллег тогда постигла неудача. В 1967 г. специально для проверки методики изобретательского творчества я выбрал эту задачу, так как считал ее достаточно сложной и у меня не было уверенности, что методика поможет решить ее. Но вопрос прежде всего заключался именно в том, чтобы проверить методику... Задача по созданию принципиально новой, надежной и простой системы была решена (а. с. № 222 491 и 248 819)». У заслуженного изобретателя Узбекской ССР Ю. Чиннова ныне около 70 авторских свидетельств, более 50 из них получены на изобретения, сделанные по АРИЗ.

Таких примеров можно привести очень много. Думается, однако, важнее другое: все выпускники общественных институтов (а в последние годы и общественных школ) заканчивают учебу дипломными работами на уровне изобретения. Вот, что писала «Правда» 6 мая 1975 г.: «Три года назад несколько десятков молодых людей стали студентами первого в стране института изобретательского творчества, созданного при ЦК ЛКСМ Азербайджана и республиканском совете ВОИР. Никаких особых способностей к техническому творчеству до того они не проявляли, в институте их отбирали без каких-либо ограничений, зачисляли всех, кто хотел. А из института они вышли полноценными изобретателями: некоторые с авторскими свидетельствами, остальные с блестящими, творческими перспективами, о чем можно судить по отличным оценкам, полученным большинством студентов за свои дипломные работы. Воспитанники института решали актуальные технические проблемы, которые раньше не поддавались усилиям изобретателей.»

Надо отметить, что в школах и институтах изобретательского творчества занимаются не только инженеры, но и педагоги, врачи, математики, химики и т. д. Как мы уже говорили, ТРИЗ развивает системное мышление, а умение организованно мыслить, управлять процессом мышления нужно не только в

технике. Занятия идут на техническом материале, а ум развивается «вообще». И это естественно. Если человек рассмотрел 200-300 технических задач и научился каждую изобретательскую ситуацию видеть на нескольких уровнях (подсистема, система, надсистема) и в развитии, если человек научился чувствовать диалектику развития (возникновение и преодоление противоречий, единство противоположностей в объекте - антиобъекте), научился оперировать сконцентрированной информацией и видеть в частной задаче проявление общих законов развития, такой стиль мышления не может не распространиться и за пределы технических задач. Как в спорте: человек занимается определенным видом спорта, но «отдача» от этого - общее физическое укрепление организма.

Характерная особенность обучения ТРИЗ: слушатели не только получают готовые знания, но и активно участвуют в процессе их производства. Каждый слушатель с первых дней занятий начинает вести личную картотеку, собирая информацию о новых приемах, физических эффектах, материалах, особо удачных и красивых технических решениях и т. д. Потом из личных картотек (а их тысячи) отбирается самое интересное в сводную картотеку, ведущуюся совместно всеми школами и институтами. В ней скапливается все самое интересное, соприкасаются и вступают во взаимодействие разнородные информационные потоки.

И еще одно немаловажное обстоятельство. Метод проб и ошибок индивидуалистичен по самой своей природе: каждый перебирает варианты, можно «измельчить» проблему, но нельзя ввести разделение труда. Сохраняется эта индивидуалистичность и в мозговом штурме и в синектике; то же кустарное производство идей, только работает артель кустарей... ТРИЗ создает предпосылки для разделения творческого труда, тем самым создавая основу для перехода к подлинно коллективному творчеству. Уже в процессе обучения обнаруживается «привязанность» слушателей к тем или иным разделам теории. С течением времени такая «привязанность» переходит в своего рода специализацию. Появляется возможность обоснованно разделить работу в коллективе: прогнозирование тематики изобретений и выявление новых задач, регулярное и независимое от текущих дел пополнение информационного фонда, анализ задач, использование оператора РВС и других специальных психологических приемов, разворачивание полученной идеи в фонд идей (шаг 6.3). Вместе с тем при такой специализации у всего коллектива сохраняется общий язык (ИКР, ТП, ФП и т. д.) и общий по методологии подход к проблеме.

ТАМ, ЗА ГОРИЗОНТОМ...

Итак, изобретения даже самого высокого уровня можно и должно делать «по формулам». Многие из этих «формул» уже известны, их применению успешно обучают. В ближайшие десятилетия решение изобретательских задач превратится в точную науку о развитии технических систем.

Здесь заканчивается то, что сегодня мы твердо знаем. Чтобы заглянуть в будущее, придется вступить в область предположений и догадок. И все же я рискну высказать несколько мыслей.

По-видимому, у читателя уже давно возник вопрос: ну, хорошо, технические системы будут развиваться «по формулам», без «мук творчества», а как быть с наукой и с открытиями?

Техника «населена» развивающимися системами - машинами, наука - развивающимися системами - теориями. Жизнь теорий подчинена закономерностям, во многом совпадающим с закономерностями развития машин. Одинаковы по природе и затруднения, возникающие при совершенствовании тех и других систем методом проб и ошибок. Вот типичный пример. В книге Дж. Уотсона «Двойная спираль» рассказано, как возникла одна из гипотез о структуре и механизме воспроизведения ДНК. Фрэнсис Крик, будущий лауреат Нобелевской премии, услышал в пивном баре университета, как один астроном что-то сказал о «совершенном космологическом принципе». Что именно он под этим подразумевал - на это Крик не обратил внимания. Его увлекла другая мысль: а что если существует «совершенный биологический принцип»? То есть: а что если сформулировать ИКР для рассматриваемой проблемы? Крика интересовала проблема воспроизведения ДНК, поэтому в данном случае «совершенный биологический принцип» означал, что «ДНК сама себя воспроизводит...» Так был сделан первый шаг к одному из самых крупных открытий XX века.

Случайная фраза, услышанная в университетском баре... А если сознательно использовать ИКР для «делания открытий» хотя бы в той же биологии? И вот инженер (не биолог!) Г. Г. Головченко, преподаватель ТРИЗ из Свердловска, применяет понятие ИКР к... эволюции растений. Ход рассуждений примерно таков: сегодняшние растения по сравнению со вчерашними - это приближение к ИТР, к некоему идеальному растению, которое максимально полно усваивает вещества и энергию из внешней среды, посмотрим, какие могли возникнуть при этом противоречия и как растение их преодолевало, приближаясь к ИКР. Исследование, предпринятое Головченко, привело к открытию ветроэнергетики растений - способности растений непосредственно утилизировать энергию ветра [35].

Молекула ДНК - гигантская двойная спираль - при размножении сначала разделяется на две отдельные спирали. К каждой из них подсоединяются аминокислоты, образуются две двойные спирали. Долгое время не удавалось объяснить, как двойная спираль успевает раскрутиться. Расчет показал, что ДНК бак-

терий кишечной палочки должна раскручиваться со скоростью 15 тыс. об/мин, иначе ДНК не успеет удвоиться за то время, в течение которого она, судя по наблюдениям, удваивается. И только недавно удалось установить, в чем дело. Одна из спиралей разрывается во многих местах; каждый отрезок спирали раскручивается сам по себе, поэтому достаточно всего лишь нескольких оборотов - и отрезки оказываются раскрученными. А потом они снова соединяются в единую цепь.

Итак, противоречие: молекула должна раскручиваться и молекула не должна раскручиваться. Прием преодоления: дробление - объединение.

Интересно сравнить идею этого научного открытия с идеей изобретения, сделанного Ю. В. Чинновым [30]. Для изготовления кабеля надо скручивать провода. С этой целью провода подают в крутильную рамку. При вращении рамки провода скручиваются и поступают уже в виде кабеля на приемную катушку, расположенную в рамке. Казалось бы, зачем размещать катушку в рамке? От этого одни неприятности: катушку поневоле приходится делать небольшой и кабель получается в виде отрезков; при вращении катушки возникают значительные центробежные силы, это ограничивает производительность установки. Но вывести катушку из рамки нельзя: если крутить кабель «на проход» (т. е. при катушке, расположенной вне рамки), получается «ложное кручение». На сколько провода закручиваются до рамки, на столько же они раскручиваются после рамки. Специалисты предупредили Чиннова, что изобрести способ кручения кабеля «на проход» так же невозможно, как изобрести вечный двигатель...

Чиннов использовал АРИЗ-68 и решил эту задачу. Идея решения: во вращающуюся рамку поступает расплавленный металл, застывающий уже после выхода из рамки. Расплавление - тоже дробление, но на микроуровне. Противоречия в задачах (научной и изобретательской) одинаковы; соответственно одинаковы и решения.

Сделать изобретение - значит придумать такую техническую систему, которая не имеет противоречий, присущих предшествующей системе. Точно так же сделать открытие - значит придумать такую теорию (научную систему, которая не имеет противоречий, присущих предшествующей теории).

В начале XX века был открыт так называемый эффект Рассела: оказывается, некоторые металлы, если их поверхность очистить от окисной пленки, дают изображение на приложенной к ним в темноте фотопластинке. Многие исследователи заинтересовались этим открытием. Было установлено, что на пластинку действует атомарный водород, образующийся при взаимодействии металла с парами воды. Казалось бы, все ясно. Но вдруг обнаружилось нечто непонятное: пластинка, чернела и в тех случаях, когда ее отодвигали на десятки миллиметров от металла, хотя атомарный водород никак не мог пробежать такое расстояние... 70 лет парадокс не поддавался объяснению. Ленинградский инженер и преподаватель ТРИЗ В. В. Митрофанов использовал для объяснения этого парадокса понятие о физическом противоречии. Атомы водорода должны преодолевать большое расстояние, чтобы действовать на пластинку, и атомы водорода не должны преодолевать большого расстояния, поскольку они при этом «погибнут». Противоречие очень похоже на то, с которым мы встречались в задаче 61 о плакировании (металл должен быть и не должен быть в смазке). И решение сходное (стандарт 10). Образовавшиеся у поверхности металла атомы водорода объединяются в возбужденные молекулы: такие молекулы выдерживают «пробег» до пластинки, но, «добежав» до нее, распадаются под действием поверхностных сил. Атомарный водород есть, и атомарного водорода нет... Парадокс был разгадан [36].

Сравните теперь изобретение способа измерения подвижностей ионов (задача 35) с открытием природы эффекта Рассела. Одинаковые физические противоречия, сходные способы их преодоления. Разница в том, что в первом случае Идея превратилась в Вещь, а во втором - в Теорию. Формы воплощения (внедрения) разные, а механизм решения один и тот же.

Объяснение Тунгусского взрыва - типичная «задача на открытие». Нужно придумать такое космическое тело, которое дало бы сильный точечный взрыв (но не ядерной природы - нет следов ядерного взрыва); чтобы получить «точечность», приходимся уменьшать размеры предполагаемого объекта, но тогда не удается объяснить силу взрыва: масса невелика, скорость сравнительно невелика (таковы свидетельства очевидцев), откуда же взялась энергия?... Нужно построить непротиворечивую модель - и на этом этапе никакой разницы между открытием и изобретением нет.

Некоторые исследователи, например Г. Л. Фильковский, считают, что практически весь аппарат ТРИЗ можно использовать при построении теории развития научных систем. Что ж, будущее покажет...

Революция в способах решения задач не случайно началась именно в технике. Только в технике существует патентный фонд; в науке и искусстве данные о новшествах разбросаны, растворены в необъятной литературе. Закономерности развития систем проявляются в технике отчетливее: негодная теория иногда живет очень долго, негодная машина просто не будет работать. Изобретатель может искать готовые ключи к задачам в физике, а где искать такие ключи (да и существуют ли они?) для «задач на открытие»?..

И все-таки новая технология решения творческих задач в той или иной форме неизбежно распространится и за пределы техники. Насколько далеко? Трудно сказать. Кто мог предвидеть, что из опыта Герца, из уравнений Максвелла, из грозоотметчика Попова возникнет радиотехника, ныне так или иначе

вливающая на жизнь каждого человека?..

По-видимому, возможности управления процессом мышления безграничны. Их нельзя исчерпать, потому что Разум, величайший инструмент познания и преобразования мира, способен преобразовывать и себя самого. Кто может сказать, что есть предел процессу очеловечивания человека?.. До тех пор, пока будет существовать человек, будет совершенствоваться управление этой силой. Мы лишь в самом начале долгого пути.

ЗАДАЧИ

Большинство задач, приведенных в предыдущих главах, мы разобрали. Чтобы у читателя была возможность потренироваться, предлагаем еще несколько учебных задач. Помните: решить задачу - значит прежде всего указать правило, на основе которого должна быть решена задача, а уж потом дать конкретный ответ.

Задача 62

Детали из резины и других эластичных материалов невозможно было обрабатывать на станках. Как обточить материал, меняющий форму от малейшего усилия резца? Чехословацкий изобретатель И. Паукерт решил эту проблему (патент ЧССР № 121 621). В чем заключается идея изобретения? Какой стандарт надо использовать для решения задач такого типа?

Свой ответ вы можете проверить по журналу «Изобретатель и рационализатор», 1969, № 2, с. 27.

Задача 63

В гл. 7 упоминался эффект Томса. Состоит он в том, что небольшая (доли процента) добавка длинноцепочечных полимеров в жидкость значительно уменьшает трение движущейся жидкости о твердую поверхность, например о стенки трубы. А если добавить эти полимеры в твердое тело? В какое твердое тело можно ввести такие добавки и что это даст?

Ответ см. в бюллетене «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки», 1974, № 35, с. 88, а. с. № 444 039.

Задача 64

Автомобильные указатели уровня бензина неточны и капризны. Бывает так, что по показаниям прибора в баке еще много бензина, а на самом деле там почти ничего нет; выехала машина на шоссе и застряла. Нужен предельно простой способ оповещения водителя о том, что бензина осталось минимальное количество и пора ехать на заправку.

Помните, что поплавковые схемы с электрической передачей информации уже есть. Нужно что-то другое.

Решите эту задачу, используя таблицу типовых моделей и вепольных преобразований. Если ваше решение может быть внедрено каждым водителем за пять минут без всякой переделки оборудования, причем затраты не превышают 20-30 коп. и способ обладает абсолютной надежностью, - значит вы правильно решили задачу... Ответ см. в «Пионерской правде» за 15 ноября 1977 г.

Задача 65

В лаборатории имелась порошкообразная окись бериллия с температурой плавления выше 2000°C. Нужно было расплавить окись бериллия так, чтобы ничем ее не загрязнить. Тигля, выдерживающего требуемую температуру, в лаборатории не было. Появилась мысль: плавить окись бериллия в самой окиси бериллия. Возьмем «кучу» окиси бериллия и нагреем токами высокой частоты середину этой «кучи». Расплав не будет соприкасаться ни с чем (кроме окиси бериллия) и потому не загрязнится. Все великолепно, но вот беда: окись бериллия становится электропроводной только при высокой температуре, как же ее нагреть? Пробовали использовать электрическую дугу, плазменную горелку, индукционный нагрев - не получается. Окись бериллия или не нагревается или загрязняется. Четкое противоречие: чтобы сделать окись бериллия электропроводной, мало ввести в нее металл, а чтобы сохранить чистоту, металл вводить нельзя...

Решите эту задачу, используя стандарты. Проверить ответ можно по журналу «Изобретатель и рационализатор», 1977, № 3, с. 23.

Задача 66

На моторостроительном заводе после сборки двигателя поступают на обкатку. Для этого вал двигателя присоединяют к электроприводу, дающему постоянное, сравнительно небольшое число оборотов. Поршни двигателя приходят в движение относительно внутренней поверхности цилиндров и постепенно притираются; неровности, выступы, шероховатости сглаживаются, а поршни лучше прилегают к стенкам цилиндров. Процесс в сущности предельно прост: одну шероховатую поверхность трут о другую шероховатую поверхность, пока не сгладятся шероховатости.

Обкатку надо вести до того момента, пока поршни не притрутся к цилиндрам. Но как его уловить? Пробовали следить за процессом, добавляя в масло люминофор и наблюдая за гашением люминесценции под действием попадающих в масло металлических частиц, но это оказалось слишком громоздким. Еще более громоздкий способ периодически останавливать двигатель для разбора и осмотра притирающихся поверхностей. Решите задачу по АРИЗ с шага 2.2. Ответ см. в бюллетене «Открытия. Изобретения. Про-

мышленные образцы. Товарные знаки», 1972, № 15, с. 155, а. с. № 337 682.

Задача 67

В повести Д. Пеева «Седьмая чаша» («Искатель», 1975, № 1 и 2) описано расследование убийства, происшедшего при загадочных обстоятельствах. Семь человек (дело происходило в загородном доме) собрались на вечеринку. Налили коньяк в рюмки, но не выпили сразу, а минут 15 походили по даче. Затем вернулись к столу, выпили коньяк - и один человек умер, в его рюмке оказался яд. Следователь установил, что в течение этих 15 минут все были друг у друга на глазах, никто не мог подсыпать яд.

В чем разгадка преступления?

Задача 68

Уже давно исследуют поверхность пористых тел, делая срез и рассматривая его под микроскопом (например, для изучения формы и расположения пор).

Что надо сделать для усовершенствования этого способа? Если задача вызывает у вас затруднения, перечитайте гл. 2.

Ответ см. в бюллетене «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки», 1974, № 32, с. 103, а. с. № 441 481.

Задача 69

Капиллярные силы помогают припою проникать при пайке в едва заметный зазор между деталями. Те же силы вредны, когда нужно припаять к внутренней поверхности втулки пористую вставку. Припой проникает в поры и закрывает их. Как быть?

Похожую задачу мы рассматривали в гл. 4.

Ответ см. в журнале «Изобретатель и рационализатор», 1977, № 3, с.44.

Задача 70

Полимеры постепенно портятся, стареют. Происходит это из-за того, что под действием кислорода в полимере возникают свободные радикалы. Для защиты полимера в перо надо ввести вещества-«перехватчики» кислорода, например металлы в сильно измельченном виде. Но как ввести такой металл, чтобы он при этом не покрылся пленкой окиси и не потерял своих «перехватывающих» свойств? Тонко-измельченный металл жадно соединяется с кислородом, осуществлять «заправку» полимера в вакууме или в среде инертного газа слишком сложно.

Какой стандарт надо использовать для решения этой задачи? Что надо сделать в соответствии с этим стандартом?

Ответ на задачу см. в журналах «Химия и жизнь», 1977, № 1, с. 44.

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ АРИЗ-77**Часть 1. Выбор задачи**

- 1.1. Определить конечную цель решения задачи:
 - а. Какую характеристику объекта надо изменить?
 - б. Какие характеристики объекта заведомо нельзя менять при решении задачи?
 - в. Какие расходы снизятся, если задача будет решена?
 - г. Каковы (примерно) допустимые затраты?
 - д. Какой главный технико-экономический показатель надо улучшить?
- 1.2. Проверить обходной путь. Допустим, задача принципиально нерешима: какую другую задачу надо решить, чтобы получить требуемый конечный результат?
 - а. Переформулировать задачу, перейдя на уровень надсистемы, в которую входит данная в задаче система.
 - б. Переформулировать задачу, перейдя на уровень подсистем (веществ), входящих в данную в задаче систему.
 - в. На трех уровнях (надсистема, система, подсистема) переформулировать задачу, заменив требуемое действие (или свойство) обратным.
- 1.3. Определить, решение какой задачи целесообразнее - первоначальной или одной из обходных. Произвести выбор.

П р и м е ч а н и е. При выборе должны быть учтены факторы объективные (каковы резервы развития данной в задаче системы) и субъективные (на какую задачу взята установка - минимальную или максимальную).

 - 1.4. Определить требуемые количественные показатели.
 - 1.5. Увеличить требуемые количественные показатели, учитывая время, необходимое для реализации изобретения.
 - 1.6. Уточнить требования, вызванные конкретными условиями, в которых предполагается реализация изобретения.
 - а. Учесть особенности внедрения, в частности допускаемую степень сложности решения.
 - б. Учесть предполагаемые масштабы применения.
 - 1.7. Проверить, решается ли задача прямым применением стандартов на решение изобретательских задач. Если ответ получен, перейти к 5.1. Если ответа нет, перейти к 1.8.
 - 1.8. Уточнить задачу, используя патентную информацию.
 - а. Каковы (по патентным данным) ответы на задачи, близкие к данной?
 - б. Каковы ответы на задачи, похожие на данную, но относящиеся к ведущей отрасли техники?
 - в. Каковы ответы на задачи, обратные данной?
 - 1.9. Применить оператор РВС.
 - а. Мысленно меняем размеры объекта от заданной величины до 0. Как теперь решается задача?
 - б. Мысленно меняем размеры объекта от заданной величины до 7. Как теперь решается задача?
 - в. Мысленно меняем время процесса (или скорость движения объекта) от заданной величины до 7. Как теперь решается задача?
 - г. Мысленно меняем время процесса (или скорость движения объекта) от заданной величины до 7. Как теперь решается задача?
 - д. Мысленно меняем стоимость (допустимые затраты) объекта или процесса от заданной величины до 7. Как теперь решается задача?
 - е. Мысленно меняем стоимость (допустимые затраты) объекта или процесса от заданной величины до 7. Как теперь решается задача?

Часть 2. Построение модели задачи

- 2.1. Записать условия задачи, не используя специальные термины.

П р и м е р ы
(Задача 24)

Шлифовальный круг плохо обрабатывает изделия сложной формы с впадинами и выпуклостями, например ложки. Заменять шлифование другим видом обработки невыгодно, сложно. Применение притирающихся ледяных шлифовальных кругов в данном случае слишком дорого. Не годятся и эластичные надувные круги с абразивной поверхностью - они быстро изнашиваются. Как быть?

(Задача 25)

Антенна радиотелескопа расположена в местности, где часто бывают грозы. Для защиты от молний вокруг антенны необходимо поставить молниеотводы (металлические стержни). Но молниеотводы за-

держивают радиоволны, создавая радиотень. Установить молниеотводы на самой антенне в данном случае невозможно. Как быть?

2.2. Выделить и записать конфликтующую пару элементов. Если по условиям задачи дан только один элемент, перейти к шагу 4.2.

П р а в и л о 1. В конфликтующую пару элементов обязательно должно входить изделие.

П р а в и л о 2. Вторым элементом пары должен быть элемент, с которым непосредственно взаимодействует изделие (инструмент или второе изделие).

П р а в и л о 3. Если один элемент (инструмент) по условиям задачи может иметь два состояния, надо взять то состояние, которое обеспечивает наилучшее осуществление главного производственного процесса (основной функции всей технической системы, указанной в задаче).

П р а в и л о 4. Если в задаче есть пары однородных взаимодействующих элементов (A_1, A_2, \dots и B_1, B_2, \dots), достаточно взять одну пару (A_1 и B_1).

П р и м е р ы

Изделие - ложка. Инструмент, непосредственно взаимодействующий с изделием, - шлифовальный круг.

В задаче два «изделия» - молния и радиоволны и один «инструмент» - молниеотвод. Конфликт в данном случае не внутри пар «молниеотвод - молния» и «молниеотвод - радиоволны», а между этими парами.

Чтобы перевести такую задачу в каноническую форму с одной конфликтующей парой, нужно заранее придать инструменту свойство, необходимое для выполнения основного производственного действия данной технической системы, т. е. надо принять, что молниеотвода нет, и радиоволны свободно проходят к антенне.

Итак, конфликтующая пара: отсутствующий молниеотвод и молния (или непроводящий молниеотвод и молния).

2.3. Записать два взаимодействия (действия, свойства) элементов конфликтующей пары: имеющееся и то, которое надо ввести; полезное и вредное.

П р и м е р ы

1. Круг обладает способностью шлифовать.

2. Круг не обладает способностью приспосабливаться к криволинейным поверхностям.

1. Отсутствующий молниеотвод не создает радиопомех.

2. Отсутствующий молниеотвод не ловит молнию.

2.4. Записать стандартную формулировку модели задачи, указав конфликтующую пару и техническое противоречие.

П р и м е р ы

Даны круг и изделие. Круг обладает способностью шлифовать но не может приспосабливаться к криволинейной поверхности изделия.

Даны отсутствующий молниеотвод и молния. Такой молниеотвод не создает радиопомех, но и не ловит молнию.

Часть 3. Анализ модели задачи

3.1. Выбрать из элементов, входящих в модель задачи, тот, который можно легко изменять, заменять и т.д.

П р а в и л о 5. Технические объекты легче менять, чем природные.

П р а в и л о 6. Инструменты легче менять, чем изделия.

П р а в и л о 7. Если в системе нет легко изменяемых элементов, следует указать «внешнюю среду».

П р и м е р ы

Форму изделия нельзя менять: плоская ложка не будет держать жидкость. Круг можно менять (сохраняя, однако, его способность шлифовать - таковы условия задачи).

Молниеотвод - инструмент, «обрабатывающий» (меняющий направление движения) молнию, которую в данном случае следует считать изделием. Аналогия: дождевая труба и дождь. Молния - природный объект, молниеотвод - технический, поэтому объектом надо взять молниеотвод.

3.2. Записать стандартную формулировку ИКР (идеального конечного результата).

Элемент (указать элемент, выбранный на шаге 3.1.) сам (сама, само) устраняет вредное взаимодействие, сохраняя способность выполнять (указать полезное взаимодействие).

П р а в и л о 8. В формулировке ИКР всегда должно быть слово «сам» («сама», «само»).

П р и м е р ы

Круг сам приспосабливается к криволинейной поверхности изделия, сохраняя способность шлифовать. Отсутствующий молниеотвод сам обеспечивает «поймку» молнии, сохраняя способность не создавать радиопомех.

3.3. Выделить ту зону элемента (указанного на шаге 3.2), которая не справляется с требуемым по ИКР комплексом двух взаимодействий. Что в этой зоне - вещество, поле? Показать эту зону на схематическом рисунке, обозначив ее цветом, штриховкой и т.п.

П р и м е р ы

Наружный слой круга (внешнее кольцо, обод); вещество (абразив, твердое тело).

Та часть пространства, которую занимал отсутствующий молниеотвод. Вещество (столб воздуха), свободно пронизываемое радиоволнами.

3.4. Сформулировать противоречивые физические требования, предъявляемые к состоянию выделенной зоны элемента конфликтующими взаимодействиями (действиями, свойствами).

а. Для обеспечения (указать полезное взаимодействие или то взаимодействие, которое надо сохранить) необходимо (указать физическое состояние:

быть нагретой, подвижной, заряженной и т. д.);

б. Для предотвращения (указать вредное взаимодействие или взаимодействие, которое надо ввести) необходимо (указать физическое состояние: быть холодной, неподвижной, незаряженной и т. д.)

П р а в и л о 9. Физические - состояния, указанные в п.п. а и б, должны быть взаимопротивоположными.

П р и м е р ы

а. Чтобы шлифовать, наружный слой круга должен быть твердым (или должен быть жестко связан с центральной частью круга для передачи усилий).

б. Чтобы приспособливаться к криволинейным поверхностям изделия, наружный слой круга не должен быть твердым (или не должен быть жестко связан с центральной частью круга).

а. Чтобы пропускать радиоволны, столб воздуха должен быть не проводником (точнее, не должен иметь свободных зарядов).

б. Чтобы ловить молнию, столб должен быть проводником (точнее, должен иметь свободные заряды).

3.5. Записать стандартные формулировки физического противоречия.

а. Полная формулировка: (указать выделенную зону элемента) должна (указать состояние, отмеченное на шаге 3.4 а), чтобы выполнять (указать полезное взаимодействие), и должна (указать состояние, отмеченное на шаге 3.4 б), чтобы предотвращать (указать вредное взаимодействие).

б. Краткая формулировка: (указать выделенную зону элемента) должна быть и не должна быть.

П р и м е р ы

а. Наружный слой круга должен быть твердым, чтобы шлифовать изделие, и не должен быть твердым, чтобы приспособливаться к криволинейным поверхностям изделия.

б. Наружный слой круга должен быть и не должен быть.

а. Столб воздуха должен иметь свободные заряды, чтобы “ловить” молнию, и не должен иметь свободных зарядов, чтобы не задерживать радиоволны.

б. Столб воздуха со свободными зарядами должен быть и не должен быть.

Часть 4. Устранение физического противоречия

4.1. Рассмотреть простейшие преобразования выделенной зоны элемента, т. е. разделение противоречивых свойств

а) в пространстве;

б) во времени;

в) путем использования переходных состояний, при которых сосуществуют или попеременно появляются противоположные свойства;

г) путем перестройки структуры: частицы выделенной зоны элемента наделяются имеющимся свойством, а вся выделенная зона в целом наделяется требуемым (конфликтующим) свойством.

Если получен физический ответ (т. е. выявлено необходимое физическое действие), перейти к 4.5. Если физического ответа нет, перейти к 4.2.

П р и м е р ы

Стандартные преобразования не дают очевидного решения задачи 24 (хотя, как мы увидим дальше, ответ близок 4.1 в и г).

Задача 25 может быть решена по 4.1 б и в.

Свободные заряды сами появляются в столбе воздуха на начальных этапах возникновения молнии. Молниеотвод на короткое время становится проводником, а затем свободные заряды сами исчезают.

4.2. Использовать таблицу типовых моделей задач и вепольных преобразований. Если получен физический ответ, перейти к 4.4. Если физического ответа нет, перейти к 4.3.

П р и м е р ы

Модель задачи 24 относится к классу 4. По типовому решению вещество V_2 надо развернуть в веполь, введя поле Π и добавив V_3 или разделив V_2 на две взаимодействующие части. (Идея разделения круга начала формироваться на шаге 3.3. Но если просто разделить круг, наружная часть улетит под дей-

ствием центробежной силы. Центральная часть круга должна крепко держать наружную часть и в то же время должна давать ей возможность свободно изменяться...) Далее по типовому решению желательно перевести веполь (полученный из B_2) в феполь, т. е. использовать магнитное поле и ферромагнитный порошок. (Это дает возможность сделать наружную часть круга подвижной, меняющейся и обеспечивает требуемую связь между частями круга).

Модель задачи 25 относится к классу 16. По типовому решению вещество B_1 должно раздваиваться, становясь то B_1 , то B_2 , т. е. столб воздуха должен становиться проводящим при появлении молнии, а потом возвращаться в непроводящее состояние.

4.3. Использовать таблицу применения физических эффектов и явлений. Если получен физический ответ, перейти к 4.5. Если физического ответа нет, перейти к 4.4.

П р и м е р ы

Задача 24: по таблице подходит п. 17 - замена «вещественных» связей «полевыми» путем использования электромагнитных полей.

Задача 25: по таблице подходит п. 23 - ионизация пол действием сильного электромагнитного поля (молния) и рекомбинация после исчезновения этого поля (радиоволны - слабое поле). Другие эффекты относятся к жидкостям и твердым телам, требуют введения добавок или не обеспечивают самоуправление.

4.4. Использовать таблицу основных приемов устранения технических противоречий. Если до этого получен физический ответ, использовать таблицу для его проверки.

П р и м е р ы

По условиям задачи 24 надо улучшить способность круга «притираться» к изделиям разной формы. Это адаптация (строка 35 в таблице). Известный путь - использовать набор разных кругов. Проигрыш - потери времени на смену и подбор кругов, снижение производительности: колонки 25 и 39. Приемы по таблице: 35, 28, 35, 28, 6, 37. Повторяющиеся и потому более вероятные приемы: 35 - изменение агрегатного состояния (наружная часть круга «псевдожидкая», из подвижных частиц); 28 - прямое указание на переход к феполью, что и выполнено выше.

По условиям задачи 25 надо ликвидировать действие молнии - вредного внешнего фактора (строка 30). Известный путь - установить обычный металлический молниеотвод. Проигрыш - появление радиотени, т. е. возникновение вредного фактора, создаваемого самим молниеотводом (колонка 31). В таблице эта клетка пуста. Возьмем колонку 18 (уменьшение освещенности, появление оптической тени вместо радиотени). Приемы: 1, 19, 32, 13. Прием 19 - одно действие совершается в паузах другого.

4.5. Перейти от физического ответа к техническому: сформулировать способ и дать схему устройства, осуществляющего этот способ.

П р и м е р ы

Центральная часть круга выполнена из магнитов. Наружный слой - из ферромагнитных частиц или абразивных частиц, спеченных с ферромагнитными. Такой наружный слой будет принимать форму изделия. В то же время он сохранит твердость, необходимую для шлифовки.

Чтобы в воздухе появлялись свободные заряды, нужно уменьшить давление. Потребуется оболочка, чтобы держать этот столб воздуха при пониженном давлении. Оболочка должна быть из диэлектрика, иначе она сама даст радиотень.

А. с. № 177 497: («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»).

Часть 5. Предварительная оценка полученного решения

5.1. Провести предварительную оценку полученного решения.

Контрольные вопросы

1. Обеспечивает ли полученное решение выполнение главного требования ИКР («Элемент сам...»)?

2. Какое физическое противоречие устранено (и устранено ли) полученным решением?

3. Содержит ли полученная система хотя бы один хорошо управляемый элемент? Какой именно?

Как осуществлять управление?

4. Годится ли решение, найденное для «одноциклового» модели задачи, в реальных условиях со многими «циклами»?

Если полученное решение не удовлетворяет хотя бы одному из контрольных вопросов, вернуться к 2.1.

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

5.3. Какие подзадачи могут возникнуть при технической разработке полученной идеи? Записать возможные подзадачи - изобретательские, конструкторские, расчетные, организационные.

Часть 6. Развитие полученного ответа

6.1. Определить, как должна быть изменена подсистема, в которую входит измененная система.

- 6.2. Проверить, может ли измененная система применяться по-новому.
- 6.3. Использовать полученный ответ при решении других технических задач.
 - а. Рассмотреть возможность использования идеи, обратной полученной.
 - б. Построить таблицу «расположение частей - агрегатные состояния изделия» или таблицу «использованные поля - агрегатные состояния изделия» и рассмотреть возможные перестройки ответа по позициям этих таблиц.

Часть 7. Анализ хода решения

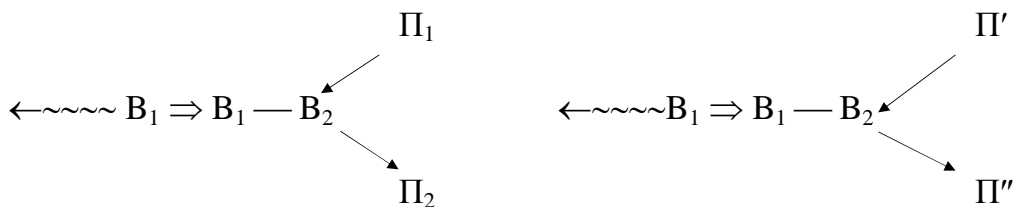
- 7.1. Сравнить реальный ход решения с теоретическим (по АРИЗ). Если есть отклонения, записать.
- 7.2. Сравнить полученный ответ с табличными данными (таблица вепольных преобразований, таблица физических эффектов, таблица основных приемов). Если есть отклонения, записать.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

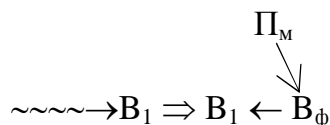
ТИПОВЫЕ МОДЕЛИ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ И ИХ ВЕПОЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Тип 1. Дан один элемент

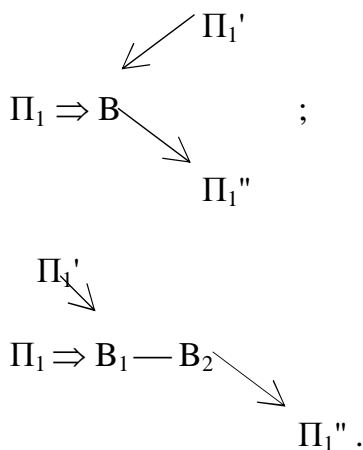
- 1. Вещество плохо поддается управлению (обнаружению, измерению, изменению); требуется обеспечить эффективное управление.
 - а. Общий путь решения задач этого класса - достройка веполя (введение второго вещества и поля).
 - б. Для задач на обнаружение и измерение - стандарт 1. Введение второго вещества (например, люминофора, ферромагнетика и т. п.), взаимодействующего с внешним электромагнитным полем):

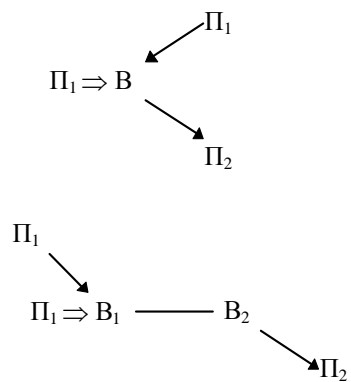


- в. Для задач на перемещение, дробление, обработку поверхности, деформации, изменение вязкости, прочности и т. п. - стандарт 4. Введение ферромагнитных частиц и магнитного поля:

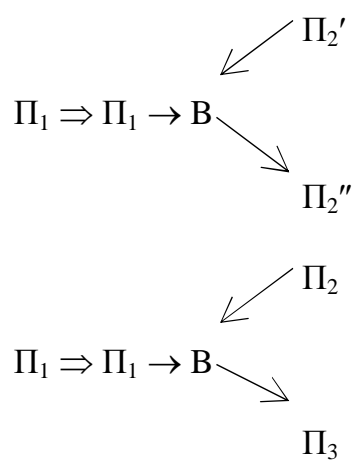


- г. Если нельзя вводить V2-стандарт 8 (измерение собственной частоты колебаний) и 10 (обходные пути: вместо V2 вводят поле, а также «наружное» V2, вводят V2 на время или в очень малых дозах, используют в качестве V2 часть V1, используют вместо объекта его копию, вводят V2 в виде химических соединений).
- 2. Поле плохо поддается управлению (обнаружению, измерению, изменению, преобразованию в другое поле); требуется обеспечить эффективное управление.
 - а. Преобразование исходного поля Pi1 с помощью вещества-преобразователя или двух взаимодействующих веществ:



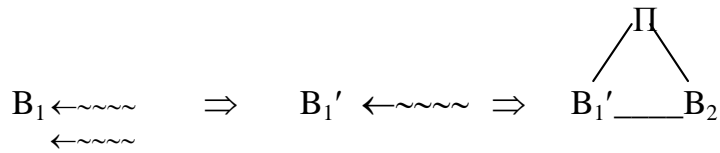


б. Введение вещества В, которое меняет свои свойства под действием поля Π_1 , причем это изменение легко обнаруживается с помощью поля Π_2 , действующего на В:



3. Вещество (или поле) обладает двумя конфликтующими сопряженными свойствами; требуется улучшить одно свойство, не ухудшая другого.

а. Задачи этого класса переводят в задачи классов 1 и 2 заменой исходного вещества В (или поля Π) на вещество B' (или поле Π'), которому заранее в полной мере придано одно из сопряженных свойств:



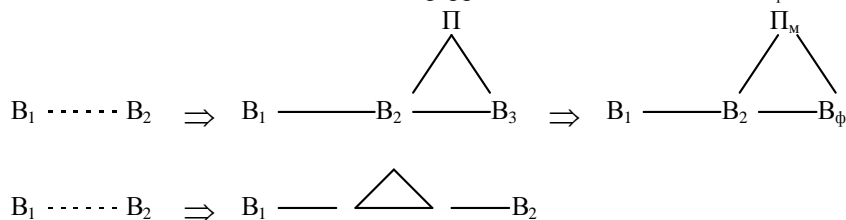
Например, задачу «Надо увеличить высоту антенны, не увеличивая ее веса» переводят в задачу «Высокая антенна должна быть такой же легкой, как и низкая». Из двух сопряженных качеств объекту заранее надо приписать то, которое обеспечивает максимальную эффективность основного действия. Поэтому взята высокая антенна, а не низкая.

- б. Если конфликтуют свойство и антисвойство (горячий - холодный, сильный -слабый, магнитный - немагнитный), то конфликт может быть устранен разделением в пространстве, во времени и в структуре (целое имеет одно свойство, а часть - другое). Если используют разделение вещества во времени, целесообразно, чтобы переход от одного состояния к другому осуществлялся самим веществом, поочередно принимающим разные формы (изменение агрегатного состояния, переход через точку Кюри, диссоциация - ассоциация и т. д.).

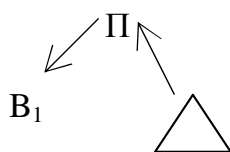
Тип 2. Даны два элемента

4. Два вещества не взаимодействуют (или очень плохо взаимодействуют); одно вещество (или оба) можно изменять: требуется обеспечить хорошее взаимодействие.

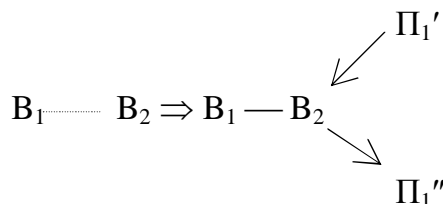
Вещество V_2 разворачивают в веполь, который образует цепь с V_1 и, таким образом, обеспечивает взаимодействие V_1 и V_2 ; затем, если есть возможность, развернутый из V_2 веполь переводится в феполь, т. е. веполь с магнитным полем Π_M и ферромагнитным веществом V_Φ (желательно в виде мелких частиц);



Если, несмотря на то, что V_2 развернуто в веполь, между V_2 и V_1 не устанавливается прямая связь, можно использовать связь через поле Π :



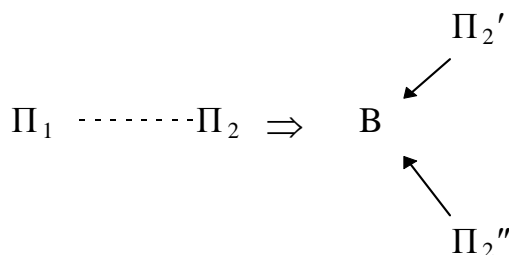
В задачах на измерение или обнаружение V_2 разворачивают в веполь с полем на выходе, например:



5. То же, что и в классе 4, но оба вещества нельзя изменять.

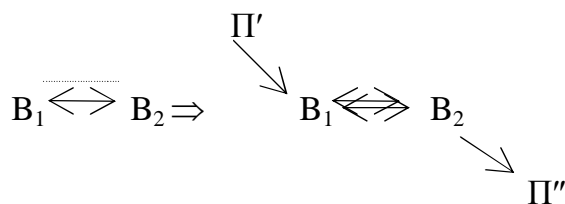
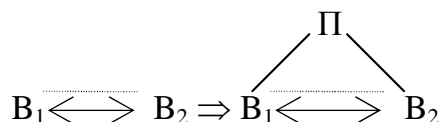
- а. Задачу переводят в класс 4, используя стандарт 10.
- б. Вместо веществ используют их оптические копии.
- в. Поле Π_1 не управляет полем Π_2 : требуется обеспечить эффективное управление.

Введение вещества (или двух взаимосвязанных веществ), способность которого взаимодействовать с Π_2 зависит от действия Π_1 :

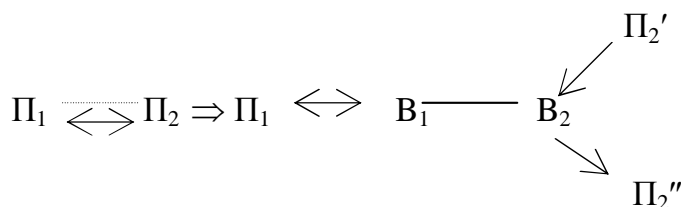
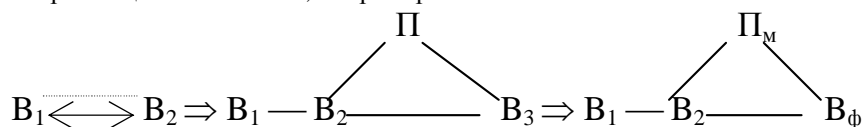


Степень управления в некоторых случаях может быть увеличена за счет использования такого вещества V , которое при действии Π_1 совершает фазовый переход (например, плавится, переходит через точку Кюри и т. д.).

7. Поле и вещество не взаимодействуют; требуется обеспечить их взаимодействие.
 Введение вещества-посредника V_2 или комплекса веществ (V_2V_3), через которые Π_1 действует на V_1 .
 Если второе вещество вводить нельзя, использовать стандарт 10.
8. Два вещества взаимодействуют, но одно из веществ или оба вещества, или их взаимодействие плохо поддается управлению (обнаружению, измерению, изменению); заменять эти вещества другими нельзя; требуется обеспечить эффективное управление.
- Введение поля (преимущественно электрического, магнитного или оптического), проходящего через систему и «выносящего» информацию о ее состоянии.
 - Введение поля Π , действующего по-разному на V_1 и V_2 или действующего только на одно из веществ.
 - Постройка веполя с комплексом (V_3V_3); поле Π действует на V_3 .
9. Поле и вещество взаимодействуют, но один из этих элементов или оба элемента, или их взаимодействие плохо поддается управлению (обнаружению, измерению, изменению); заменять элементы нельзя; требуется обеспечить эффективное управление.
- Введение V_2 , взаимодействующего с Π и V_1 .
 - V_2 переводит Π' в Π'' , возникает хорошо управляемый веполь из элементов V_1 , V_2 и Π'' .
10. Два вещества (или вещество и поле) взаимодействуют; одно вещество можно изменять; требуется установить (или улучшить) второе (дополнительное) взаимодействие (или действие), не ухудшая первого (имеющегося).
- Постройка веполя, обеспечивающего второе взаимодействие, причем вводимое поле не должно влиять на первое взаимодействие:

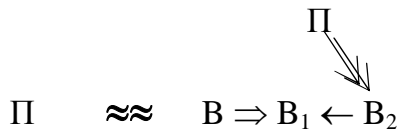


- б. Постройка цепных веполей, например:



11. Поле и вещество связаны двумя конфликтующими сопряженными взаимодействиями; требуется ликвидировать одно взаимодействие, сохранив другое.

Введение V_2 , через которое поле действует на V_1 , причем это второе вещество является частью V_1 или видоизменением V_1 :



V_1 «пропускает» одно действие и задерживает другое.

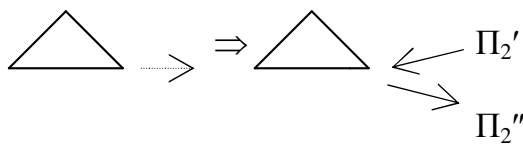
12. Два вещества взаимодействуют, требуется ликвидировать это взаимодействие.

Стандарт 3: ввести третье вещество, являющееся видоизменением одного из данных веществ.

Тип 3. Даны три элемента

13. Дан веполь, плохо поддающийся обнаружению или измерению; заменять и изменять данный веполь нельзя; требуется обеспечить эффективное обнаружение или измерение.

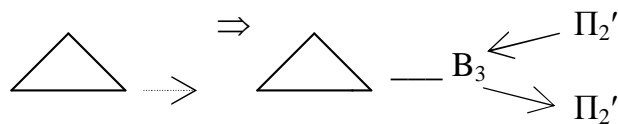
Веполь, данный по условиям задачи, рассматривают как комплексное вещество V_2 (задача фактически переводится в класс 1); вводится поле, например:



Если в веполе есть ферромагнитное вещество, выгодно вводить магнитное поле.

14. То же, что и в классе 13, но можно заменять или менять V_2 , входящее в данный веполь.

Вещество V_2 разворачивают в веполь введением V_3 и Π . Образуется цепной веполь:



15. Дан веполь, плохо поддающийся управлению; можно заменять V_2 и поле Π ; требуется обеспечить эффективное управление.

Веполь, данный по условиям задачи, перестраивают в феполь. Фактически задача переводится в класс 1: V_2 и Π отбрасывают, остается один элемент V_1 , который достраивают до полного веполя введением ферромагнитного вещества и магнитного поля.

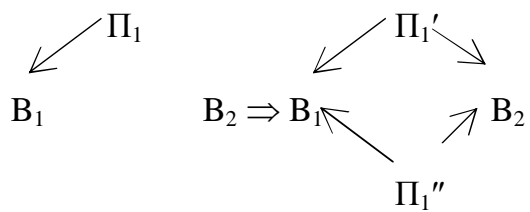
16. Вещество хорошо взаимодействует с полем Π_1 , но плохо взаимодействует с полем Π_2 ; вводить новые вещества и поля нельзя; требуется обеспечить хорошее взаимодействие V и Π_2 , сохранив взаимодействие V и Π_1 .

Вещество V_1 , раздваивают на V'_1 и V''_1 . Поле Π_1 действует на V'_1 , поле Π_2 - на V''_2 . Если эти действия несовместимы во времени, V_1 раздваивают таким образом, чтобы оно поочередно становилось то V'_1 , то V''_1 и одно действие совершалось в паузах другого (стандарт 7).

17. Поле Π_1 хорошо взаимодействует с веществом V_1 , но плохо взаимодействует с веществом V_2 ; вводить новые вещества и поля нельзя; требуется обеспечить эффективное взаимодействие Π_1 и V_2 , сохранив взаимодействие Π_1 и V_1 .

а. Поле Π_1 раздваивают на Π'_1 и Π''_1 . Поле Π'_1 , действует на V_1 , поле Π''_2 - на V_2 . Если эти действия несовместимы во времени, Π_1 раздваивают таким образом, чтобы оно поочередно становилось то Π'_1 , то Π''_1 и одно действие совершалось в паузах другого.

б. Вводят поле Π'' , которое одинаково по природе с полем Π'_1 , но противоположно ему по направлению («антиполе»):



18. Дан вектор, который надо ликвидировать.
Задачу переводят в класс 12 и решают по стандарту 3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

**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 веществ. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкинса, и Баркхаузена
2. Понижение температуры	Фазовые переходы. Эффект Джоуля - Томсона. Эффект Ранка. Магнитокалорический эффект. Термоэлектрические явления
3. Повышение температуры	Электромагнитная индукция. Вихревые токи. Поверхностный эффект. Диэлектрический нагрев. Электронный нагрев. Электрические разряды. Поглощение излучения веществом. Термоэлектрические явления
4. Стабилизация температуры	Фазовые переходы (в том числе переход через точку Кюри)
5. Индикация положения и перемещения объекта	Введение меток - веществ, преобразующих внешние поля (люминофоры) или создающих свои поля (ферромагнетики) и потому легко обнаруживаемых. Отражение и испускание света. Фотоэффект. Деформация. Рентгеновское и радиоактивное излучения. Люминесценция. Изменение электрических и магнитных полей. Электрические разряды. Эффект Доплера
6. Управление перемещением объектов	Действие магнитным полем на объект или на ферромагнетик, соединенный с объектом, Действие электрическим полем на заряженный объект. Передача давления жидкостями и газами. Механические колебания. Центробежные силы. Тепловое расширение. Световое давление
7. Управление движением жидкости и газа	Капиллярность. Осмос. 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. Перемешивание смесей. Образование растворов	Ультразвук. Кавитация. Диффузия. Электрические поля. Магнитное поле в сочетании с ферромагнитным веществом. Электрофорез. Солюбилизация
10. Разделение смесей	Электро- и магнитосепарация. Изменение кажущейся плотности жидкости - разделителя под действием электрических и магнитных полей. Центробежные силы Сорбция. Диффузия. Осмос
11. Стабилизация положения объекта	Электрические и магнитные поля. Фиксация в жидкостях, твердеющих в магнитном и электрическом полях. Гироскопический эффект. Реактивное движение

12. Силовое воздействие. Регулирование сил. Создание больших давлений	Действие магнитным полем через ферромагнитное вещество. Фазовые переходы. Тепловое расширение. Центробежные силы. Изменение гидростатических сил путем изменения кажущейся плотности магнитной или электропроводной жидкости в магнитном поле. Применение взрывчатых веществ. Электрогидравлический эффект. Оптико-гидравлический эффект. Осмос
13. Изменение трения	Эффект Джонсона - Рабека. Воздействие излучений. Явление Крагельского. Колебания
14. Разрушение объекта	Электрические разряды. Электрогидравлический эффект. Резонанс. Ультразвук. Кавитация. Индуцированное излучение
15. Аккумуляция механической и тепловой энергии	Упругие деформации. Гироскопический эффект. Фазовые переходы
16. Передача энергии: механической тепловой лучистой электрической	Деформации. Колебания. Эффект Александрова. Волновое движение, в том числе ударные волны. Излучения. Теплопроводность. Конвекция. Явление отражения света (световоды). Индуцированное излучение Электромагнитная индукция. Сверхпроводимость
17. Установление взаимодействия между подвижным (меняющимся) и неподвижным (неменяющимся) объектами	Использование электромагнитных полей (переход от «вещественных» связей к «полевым»)
18. Измерение размеров объекта	Измерение собственной частоты колебаний. Нанесение и считывание магнитных и электрических меток
19. Изменение размеров объектов	Тепловое расширение. Деформации. Магнито-, электрострикция. Пьезоэлектрический эффект
20. Контроль состояния и свойств поверхности	Электрические разряды. Отражение света. Электронная эмиссия. Муаровый эффект. Излучения
21. Изменение поверхностных свойств	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 колебаний объекта. Ультразвук, эффект Мёссбауэра. Эффект Холла
23. Изменение объемных свойств объекта	Изменение свойств жидкости (кажущейся плотности, вязкости) под действием электрических и магнитных полей. Введение ферромагнитного вещества и действие магнитным полем. Тепловое воздействие. Фазовые переходы. Ионизация под действием электрического поля. Ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивное излучения, Деформация. Диффузия. Электрические и магнитные поля. Эффект Баушингера. Термоэлектрические, термомагнитные и магнитооптические эффекты. Кавитация. Фотохромный эффект. Внутренний фотоэффект.

24. Создание заданной структуры. Стабилизация структуры объекта	Интерференция волн. Стоячие волны. Муаровый эффект. Магнитные поля. Фазовые переходы. Механические и акустические колебания. Кавитация
25. Индикация электрических и магнитных полей	Осмоз. Электризация тел. Электрические разряды. Пьезо- и сегнетоэлектрические эффекты. Электреты. Электронная эмиссия. Электрооптические явления. Эффекты Гопкинса и Баркхаузена. Эффект Холла. Ядерный магнитный резонанс. Гиромагнитные и магнитооптические явления.
26. Индикация излучения	Опико-акустический эффект. Тепловое расширение. Фотоэффект. Люминесценция. Фотопластический эффект
27. Генерация электромагнитного излучения	Эффект Джозефсона. Явление индуцированного излучения. Туннельный эффект. Люминесценция. Эффект Ганна. Эффект Черенкова
28. Управление электромагнитными полями	Экранирование. Изменение состояния среды, например увеличение или уменьшение ее электропроводности. 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, радиоактивные излучения. Электрические разряды. Ударные волны. Мицеллярный катализ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Пойа Д.** Как решать задачу: Пер. с англ./ Под ред. Ю. М. Гайдука.- М.: Учпедгиз, 1959.
2. **Пойа Д.** Математическое открытие: Пер. с англ./ Под ред. И. М. Яглома.. 2-е изд.-М.: Наука, 1976.
3. **Адамар Ж.** Исследование психологии процесса изобретения в области математики. - М.: Сов. радио, 1970.
4. **Энгельмейер П. К.** Теория творчества. - СПб, 1910.
5. **Психология мышления.** - Сб. переводов./ Под ред. А. М. Мэтьюшкина.-М.: Прогресс, 1965.
6. **Линькова Н. П.** Использование АРИЗ в качестве методики для изучения деятельности изобретателя. - В кн.: Problemy metodologii projektowania - Warszawa: PWN 1977.
7. **Лапшин И. И.** Философия изобретения и изобретение в философии - Петроград: Наука и школа, 1922.
8. **Рейнер М.** Реология: Пер. с англ./ Под ред. Э. И. Григолоюка. - М.: Наука, 1965.
9. **Диксон Дж.** Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений: Пер. с англ.- М.: Мир, 1969.
10. **Альтшуллер Г. С., Шапиро Р. Б.** О психологии изобретательского творчества. - Вопросы психологии, 1956, № 6, с. 37-49.
11. **Альтшуллер Г. С.** Как научиться изобретать. - Тамбовское книжное изд-во, 1961.
12. **Альтшуллер Г. С.** Основы изобретательства. - Воронеж: Центрально-черноземное книжное изд-во, 1964.
13. **Альтшуллер Г. С.** Алгоритм изобретения. М. : Московский рабочий, 2-е изд., 1973.
14. **Альтшуллер Г. С.** Сборник задач и упражнений по методике изобретательства. - Баку: Гянджлик, 1971.
15. **Альтшуллер Г. С.** Основные приемы устранения технических противоречий при решении изобретательских задач. - Баку: Гянджлик. 1971.
16. **Альтшуллер Г. С.** Разбор решений изобретательских задач. - В кн.: Материалы к семинару по методике изобретательства. Ин-т тепло- и массообмена АН БССР. Минск, 1971, с. 51-133.
17. **Altszuller G.S.** O uzdolnieniachwynalazczych. - Warszawa. Prakseologia, 1972, № 41, с. 121-144.
18. **Altszuller G.S.** O teorii rozwiazywania zadan wynalazczych. - Warszawa. Prakseologia, 1977, № 1-2, с. 485 - 495.
19. **Селюцкий А. Б., Слугин Г. И.** Вдохновение по заказу. - Петрозаводск: Карелия, 1977.
20. **Понев М. Г.** Типови методи за отстраняване на техническите противоречия при изобретателско-то творчество. - София: Централен совет по организация на техническото творчество, 1977.
21. **Воронков В. Д.** Справочник инженера-организатора. - М.: Московский рабочий, 1973.
22. **Гуткин Л. С.** Основные направления теории проектирования радиосистем.- В кн.: Радиотехника, 1976, т. 31, № 1, с. 2-6.
23. **Методы поиска новых технических решений./** Под ред. А. И. Половинкина. , Йошкар-Ола; Марийское книжное изд-во, 1976.
24. **Рубин И. Д.** Некоторые пути развития электромагнитных расходомеров. - Изв. вузов СССР. Нефть и газ, 1977, № 5, с. 83-86.
25. **«Внимание: алгоритм изобретения!»**.-Экономическая газета, 1965, 1 сент.
26. **Джоне Дж. К.** Инженерное и художественное конструирование: Пер. с англ./ Под ред. В. Ф. Венды и В. М. Мунипова.-М.: Мир, 1976.
27. **Буш Г.** Методические основы научного управления изобретательством. - Рига: Лиесма, 1974.
28. **Дерягин Р. И.** Алгоритм решения исследовательских проблем.-В кн.: Информатика и ее проблемы, вып. 5. Новосибирск: Наука, 1972.
29. **Основы теории и общие методы патентной экспертизы./** Г. Н. Анисов, И. И. Кичкин, Н. М. Мадатов, Э. П. Скорняков; Под ред. В. Н. Бакастова.-М.: ЦНИИПИ, 1973.
30. **Чиннов Ю. В.** Из опыта решения изобретательских задач. - В кн.: Материалы к семинару по методике изобретательства. Ин-т тепло- и массообмена АН БССР, Минск, 1971, с. 27-49.
31. **Богач В. А.** Готовим изобретателей.-Молодой коммунист, 1972, № 8, с. 85-88.
32. **Каленик В. И.** Дипломы --изобретателям.-Днепр вечерний, 1976, 1 июня.
33. **Шувалов В. Н., Наседкин А. И., Куликов А. Ю.** «Золотой ключик», для ищущих. - В кн.: Экономика и организация промышленного производства, 1977, №3,с.193-197.
34. **Чиннов Ю. В.** Логика удачи.-Социалистическая индустрия, 1972, 26 янв.
35. **Голобченко Г. Г.** О ветроэнергетике растений.-Физиология растений. 1974, т. 21, выл. 4, с. 861-863.
36. **Митрофанов В. В., Соколов В. И.** О природе эффекта Рассела. - Физика твердого тела, 1974, т. 16, № 8, с. 24-35.

СОДЕРЖАНИЕ

От автора

На пути к теории творчества

Метод проб и ошибок

Из истории изучения изобретательского творчества

Методы активизации поиска

Уровни задач.

Противоречия административные, технические, физические.

Ключ к проблеме: законы развития технических систем.

АРИЗ

От АРИЗ-к теории решения изобретательских задач

Задачи

Принципы вепольного анализа

Веполь - минимальная техническая система

Построение и преобразование веполей

Задачи

Тактика изобретательства: управление процессом решения задач

Ситуация - задача - модель задачи

Основные механизмы устранения противоречий

Программа + информация + управление психологическими факторами

Задачи

Талантливое мышление: что это такое?

Моделирование с помощью «маленьких человечков»

Структура талантливого мышления

Диалектика анализа

Эксперимент Дункера

Два интересных примера

Задачи

40 основных приемов

Если бы детективы знали

Инструменты творчества

Как использовать приемы

Задачи

От простых приемов к сложным

Слабость и сила приемов

Приемы образуют систему

Уровни приемов: “макро” и “микро”

Физика - ключ к сильным изобретениям

Задачи

Стратегия изобретательства: управление постановкой задач

“Линия жизни технических систем”

Путь в обход

Законы развития систем

Стандарты на решение изобретательских задач

За деревом - лес

Задачи

Наука изобретать

“Блуждая рассеянным взглядом ...”

Несколько замечаний о литературе по изобретательскому творчеству

Шедевры ... по формулам

Там, за горизонтом

Задачи

П р и л о ж е н и е 1. Алгоритм решения изобретательских задач АРИЗ-77

П р и л о ж е н и е 2. Типовые модели изобретательских задач и их вепольные преобразования

П р и л о ж е н и е 3. Применение некоторых физических эффектов и явлений при решении изобретательских задач

С п и с о к л и т е р а т у р ы