

**КАК  
СТАТЬ  
ИЗОБРЕТАТЕЛЕМ**



# КАК СТАТЬ ИЗОБРЕТАТЕЛЕМ



ЧЕЛЯБИНСК

---

ЮЖНО-УРАЛЬСКОЕ  
КНИЖНОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
1985



Scan AAW

Рецензент

Г. П. ВЯТКИН, доктор экономических наук

Авторский коллектив: ученые — доктор технических наук *Ю. Г. Гуревич*, кандидат педагогических наук *А. Я. Найн*, старшие преподаватели вузов *Б. В. Шмаков* и *Е. Г. Щепетов*; инженеры-практики *Е. И. Кожевин*, *А. Н. Орлов*, *А. И. Сенин*; работники системы профтехобразования — *И. Л. Касьянова* и *Г. Т. Богданов*.

Составитель

А. И. СЕНИН

К  $\frac{30102-057}{M162(03)-85}$  15-85

© Южно-Уральское книжное издательство, 1985

---

# I

## ОРГАНИЗОВАННОЕ ИНЖЕНЕРНОЕ МЫШЛЕНИЕ

Исследование точности знания привлекает ученых сегодня больше, чем когда-либо. И это не случайно. Дело в том, что именно в современный период развития научно-технической революции мы сталкиваемся с коренным изменением характера труда. Глубокое проникновение в производственную сферу механизации, автоматизации, кибернетики, в свою очередь, вызывает глубокие изменения не только технического и социально-экономического, но и психологического плана, так как наряду с заменой машинами (полностью или частично) двух производственных функций человека — исполнительской и двигательной — начал развиваться процесс широкого использования человеком различных средств, усиливающих его третью функцию управления. С другой стороны, современному рабочему все больше переходят функции инженерного труда, и потому его труд во многом подчиняется законам инженерной психологии. Наука развивалась с развитием кибернетики, и в ее положениях пока много кибернетических терминов, понятий, смешивающих машинные и человеческие функции, субъективистское познание, опосредование законов природы человеком и алгоритмизированное для машин. Последние исследования психологов, базирующиеся на строгом учете экспериментов, позволяющих выявлять законы творческого мышления, отраженные в алгоритмических программах, касаются не столько результатов творчества, сколько внутренних психологических механизмов, имеющих общечеловеческий характер. Отдельные методи-

ки эвристического программирования, учитывающие в большей мере человеческий фактор, приближают моделируемое творческое мышление к искомой модели, основанной на истинных законах эвристического решения актуальных технических и других задач. Одним из условий подлинно творческого труда является качество знаний. Его главное звено — точность, — наиболее общее и существенное.

Однако мы познаем действительность и воздействуем на нее через конкретные факты, явления, конкретные решения, через них же и уточняем уже приобретенное знание, осуществляя конкретные действия профессионального характера, используя при этом интеллектуальные умения и навыки репродуктивного и продуктивного творческого труда, осмысливаем, осознаем правильность и полноту приобретенных знаний, умений, навыков, проверяем их действенность в практической работе.

## 1. ЭВРИКА

Каждый нормальный человек одарен от природы каким-либо талантом. Для того чтобы талант обнаружился, необходимо не только видеть окружающий мир — надо в него пристально всматриваться.

Е. А. Александров

Все хорошо помнят бессмертную притчу об Архимеде. Сидящему в ванне ученому внезапно пришел в голову знаменитый закон: «Тело, погруженное в воду, теряет в своем весе столько, сколько весит вытесненная им вода». Архимед так поразился такой оглушительной неожиданности, что, как был голый, выскочил на улицу, громко крича: «Эврика!» («Я нашел!»). Так, якобы случайно, был открыт основной закон гидравлики.

А случайно ли? Чтобы это решить, давайте сделаем небольшую экскурсию в лабораторию познавательной деятельности и познакомимся с некоторыми закономерностями нашего мышления.

Прежде всего, что такое думать, мыслить?

Восприятие, запоминание и воспроизведение дают человеку сведения о конкретных объектах и их непосредственно познаваемых свойствах. Но такие, хотя и закрепленные в памяти, знания совершенно недостаточны для активной деятельности — человеку надо уметь

давать ответ на постоянно возникающий вопрос: «Что и как делать и что должно получиться?» Между тем знание лишь внешних сторон единичных явлений не дает основания это предвидеть. Чтобы предвидеть, надо знать внутренние стороны объектов и процессов, надо уметь их обобщать.

Отражение объективной деятельности органами наших чувств еще не означает познания внутренних свойств предмета. Сколько бы мы, например, ни смотрели на сталь, мы не могли бы определить ее химический состав и механические свойства. Только исследуя образцы стали на специальном приборе (спектрографе) и подвергнув их растяжению на разрыв на специальной машине, можно определить химический состав стали, ее сопротивление разрыву, текучесть, пластичность и т. д. Таким образом, не непосредственным восприятием, а через что-то, в данном случае через спектрограф и разрывную машину, мы узнали внутренние свойства стали — ее состав и прочность. Такое познание действительности называют опосредованным.

Мышление — своеобразное обобщение и опосредованное (через что-то) познание действительности. Проследим его особенности на конкретном примере. Допустим, нам предъявили какой-то металлический сплав. Взглянув на него, мы тотчас пытаемся определить его свойства: «Серый, пористый». Следовательно, это чугун, заключаем мы.

Какие же мыслительные операции нами были проделаны?

Прежде всего, абстрагирование — отрыв свойств от предмета (серый, пористый) и сопоставление понятия о нем по свойствам с той информацией о металлах и сплавах, которая уже была в нашей памяти. Был тут анализ, поскольку мы выделили признаки предъявленного нам предмета и опознали их. Был и синтез, поскольку по объединению признаков «серый и пористый» мы составили общее представление о предмете. Но этого мало: после того как мы составили мнение о признаках, мы перешли от абстрактного мышления к конкретному, — «это чугун». Последняя мыслительная операция — это конкретизация.

Определив, что сплав — чугун, можно составить представление о его других свойствах: хрупкий, не пластичный, — установлена связь свойств сплава с его составом. Такую мыслительную операцию называют обобщением.

Каждая из перечисленных мыслительных операций в отдельности закономерна для процесса мышления в целом. Однако порядок мыслительных операций не может быть предreshен. Более того, как мы видели, они неотделимы друг от друга и совершаются часто одновременно. Таким образом, думать — значит абстрагировать, сравнивать, анализировать, синтезировать, конкретизировать и обобщать.

Интересно, что продолжительность мыслительных операций — всего 1—3 секунды. Натренированные люди способны принимать решение еще быстрее, в зависимости от предъявляемой информации. Так, пилот самолета, летящего со сверхзвуковой скоростью, часто вынужден принимать решение в десятые доли секунды, в зависимости от показаний приборов.

Рассуждая, человек может не только анализировать и упорядочивать получаемую информацию, но и выходить за ее пределы, делать выводы из воспринимаемых фактов и приходить к известным заключениям. Зная, например, что «драгоценные металлы не ржавеют» (первое суждение) а «золото — драгоценный металл» (второе суждение), мы, не прибегая к специальным исследованиям, уверенно заключаем, что «золото не ржавеет» (третье суждение — вывод). Такое рассуждение называют умозаключением.

Логические выводы в умозаключениях очень важны, поскольку помогают, не прибегая к практике, к опыту, приобретать новые знания.

В приведенном рассуждении возможен один вывод. Но жизнь ставит перед человеком значительно более сложные задачи, путь решения которых он сам должен найти. Поскольку именно таковы задачи производственного характера, рассмотрим процесс их возможного решения.

Прежде всего, сложная задача всегда ставит перед нами цель, сформулированную в вопросе, которым она кончается. Сам по себе вопрос не содержит ответа — цель задана в определенных условиях, и решающий задачу должен в них ориентироваться, то есть выделить из содержания самое важное, сопоставить входящие в задачу данные — известные и искомые.

Так, в задаче на продление ряда 1, 2, 4, 7, 11, 16, 22... чтобы установить последующие числа, важно осознать логическую основу ряда, а для этого сопоставить элемен-

ты задачи, их отношения. Это и есть ориентировка в условиях задачи.

Правила решения задач создавались опытом многих поколений и зафиксированы, например, в ряде широко известных поговорок и пословиц. Их приводит известный английский математик Д. Пойа в книге «Как решать задачу»: обдумать цель раньше, чем начать решать; с началом считается глупец, о конце думает мудрец; мудрый меняет свои решения, глупый — никогда; мудрый превратит случай в удачу; желаемое мы охотно принимаем за действительность и др.

Любое мыслительное действие начинается с сознательного принятия задачи. Сознание необходимости решить ее активизирует мыслительные операции. Различают два подхода к решению новых задач: репродуктивный и продуктивный.

Репродуктивный (не творческий, не новаторский) подход сводится к воспроизведению ранее усвоенных знаний, применению ранее известных алгоритмов. Пример такого подхода — поиск решения широко известной задачи о волке, овце и капусте, которых человеку надо доставить в сохранности с одного берега реки на другой в лодке, вмещающей только человека и один из трех перечисленных объектов. Для решения этой задачи применяется хорошо известный метод «проб и ошибок»: Посадим в лодку волка, — рассуждаем мы, — тогда овца съест капусту; возьмем капусту, тогда волк съест овцу» и т. д.

Следует помнить, что развить мыслительные способности можно только в творческой деятельности, в процессе поиска нового способа действия. Творческое мышление предусматривает, что в процессе решения таких задач приобретаются знания, которые нельзя получить на основе готовых рецептов, готового алгоритма. Вот пример такой задачи. Замок окружен квадратным рвом с водой, ширина 2,5 м. Есть две доски длиной 2,5 м. Необходимо, не соединяя доски в длину, положить их так, чтобы можно было перейти ров.

Прежде всего мы стараемся положить эти доски в различные части рва, и убеждаемся, что таким образом задачу решить невозможно. Тогда начинаем искать новый способ. Большинство решающих при этом вспоминает устройство мостов (аналогия из техники) и приходит к выводу, что мост имеет опоры, и доску в 2,5 м можно использовать в этом качестве, положив ее на угол квадратного рва. Теперь ширина водной преграды умень-



шилась, на доску-опору можно положить вторую доску и перейти через ров. Так в результате решения этой задачи возник новый, ранее не известный способ действий.

Что же привело к нему? Прежде всего, воображение и подсказка из технической аналогии. Решающий вообразил мост, обычные опоры, и именно они стали ориентиром в решении данной задачи, вызвав к «жизни» новый тип опоры, соответствующий принятому условию. Таким образом, с помощью воображения мы можем представить в своем сознании образы, которых фактически нет и не было.

Воображение как форма мышления бывает также двух типов: репродуктивное и эвристическое (творческое). При репродуктивном воображении образ повторяет известное из предыдущего опыта. Таким было воображение в приведенном выше примере. При творческом же воображении создаются новые образы, которые хоть и тесно связаны с опытом личности, но не являются его опосредованным продуктом. Из этого следует, что если главной чертой памяти является воспроизведение, то главная черта воображения — это превращения.

Сегодня понятие «атмосферное давление воздуха» — неопровержимая истина, а между тем, когда воображение знаменитого физика Торричелли позволило ему обнаружить это явление, то даже известные физики (Декарт, например) не все с ним согласились. И только благодаря постановке широко известного теперь эксперимента с двумя тарелками, которые после выкачивания из них воздуха не смогла разорвать пара лошадей, закон давления воздуха был окончательно доказан.

Как видим, творчество немислимо без воображения. По свидетельству современников, И. Ньютон всегда воображал любые явления, как бы непрерывно протекающие в чем-то другом. Поэтому не случайно именно он открыл независимо от Лейбница дифференциальное исчисление, основанное на принципах непрерывности. В то же время М. Планк воображал себе все явления в виде прерывистых порций и, конечно, не случайно, что именно ему принадлежит разработка квантовой теории излучения. Совершенно очевидно, что человеку с воображением И. Ньютона открыть квантовую теорию было бы невозможно... Таким образом, воображение и творческое мышление тесно связаны между собой. Развиваются они только при решении проблем и задач, в том числе и

творческих. Что же мешает человеку творчески мыслить?

Оказывается, в ряде случаев ему мешают как раз те знания, которые он приобрел. Они, эти знания, формируют установки, часто действующие вне нашего сознания. Другими словами, установка — это несознательное побуждение к действию. При решении совершенно новой проблемы оно может оказаться труднопреодолимым психологическим барьером.

Задайте товарищам такую задачу. В хозяйственный магазин зашел глухонемой. Ему нужен молоток. Он подошел к прилавку и несколько раз постучал кулаком о прилавок. Продавец понял, что ему нужно, и подал молоток. За ним подошел к прилавку слепой. Ему нужны были ножницы. Что он сделает? Вы можете убедиться, что большинство ваших товарищей с помощью двух пальцев начнут воспроизводить режущие ножницы. Между тем слепой умеет говорить, и ему объясняться знаками, конечно, не надо... Таким образом, многие, отвечая на вопрос, не сумели преодолеть психологический барьер, который требовал быстрого перехода от одних условий ситуации (показ) к другим (речь).

При восприятии новой информации и решении проблем люди сталкиваются и с другими типами психологических барьеров: барьером трафаретного пути мышления, барьером узкой специализации, авторитетных заявлений, барьером предвзятого отрицания возможности решения задачи и другими. Примером преодоления первого из них может служить известная задача Д. Ландау. Впишите букву: О, Д, Т... П. В отличие от простой задачи «впишите цифру: 1, 2, 3, ...5», в задаче Ландау необходимо преодолеть психологический барьер трафаретного пути мышления, после этого легко заметить, что пропущенная буква — Ч.

Аристотель, великий авторитет естествоиспытателей древности, написал в одном из своих сочинений, что у мухи восемь ног. Этому свято верили почти две тысячи лет, пока кто-то из естествоиспытателей не удосужился пересчитать ноги назойливого насекомого. Их оказалось... шесть.

Когда же серьезные психологические барьеры почему-либо отсутствуют, творческая личность достаточно быстро находит ориентиры для решения задачи. Яркий пример — открытие дешевого способа получения кислорода выдающимся ученым нашего времени академиком П. Л. Капицей.

В начале 40-х годов в промышленности накопился большой опыт по интенсификации металлургических процессов с помощью кислорода. Например, академик И. П. Бардин показал, что если добавлять в достаточном количестве этот газ в доменное дутье, производительность домны увеличится в несколько раз. Применение кислорода в сталеплавильных процессах позволяет намного увеличить производство стали в тех же агрегатах и притом сократить рабочую силу, автоматизировав металлургические процессы. Еще большее значение приобрел кислород для сварки металлов и сплавов.

В свое время решение проблемы получения кислорода было поручено академику П. Л. Капице, который прежде практически не занимался этим вопросом. Кислород для промышленных целей получали в холодильной поршневой машине — детандере. Сжатый воздух поступает в ее цилиндр, расширяясь, производит работу и охлаждается. Из жидкого воздуха легко получить кислород, поскольку температура его испарения выше, чем у жидкого азота. Коэффициент полезного действия поршневого детандера довольно низкий, что ограничивало получение кислорода в больших объемах и, кроме того, делало этот процесс довольно дорогим.

Между тем ученые давно доказали, что для получения жидкого воздуха в больших масштабах следует использовать турбину вместо поршневого компрессора. Еще в начале XX века английский физик Рэлей предложил применить ее, и с тех пор ученые в Англии и других странах упорно работали над созданием турбинного детандера, но значительных успехов не добились.

Западные ученые рассуждали примерно так: чтобы получить холод, надо строить поршневые детандеры, а чтобы поднять их КПД,— использовать высокое давление. По аналогии с энергетикой, где для получения больших мощностей паровую машину заменили паровой турбиной, стали применять для холодильных установок в качестве детандеров общепринятые типы паровых турбин. Но КПД турбинных детандеров такого типа был низким.

В чем же дело? А в том, что конструкторы турбинных детандеров были специалистами по тепловым машинам и не сумели преодолеть элементарного психологического барьера: не учли того, что воздух, благодаря большой сжижаемости при низких температурах, становится настолько плотным, что по своим физическим свойствам

приближается к жидкости. А раз так, то детандер для сжижения воздуха надо строить по образцу не паровых, а водяных турбин...

П. Л. Капица, никогда не занимавшийся прежде тепловыми турбинами, тотчас же это понял. Уже первый построенный им детандер на основе гидротурбины показал очень высокий КПД и доказал, что этот метод вполне обеспечит нашу промышленность большим количеством дешевого кислорода. Гидротурбина П. Л. Капицы для сжижения кислорода быстро получила признание не только у нас в стране, но и за рубежом. В то же время большая группа ученых и инженеров, «загипнотизированная» аналогией тепловых процессов в холодильных и паровых машинах, не смогла преодолеть элементарного психологического барьера.

Но чаще именно аналогия помогает найти нужный ориентир.

Его роль ориентиров в творческой деятельности человека при решении эвристических задач хорошо показана в книге А. Я. Пономарева «Психология творческого мышления». Автор рассказывает о следующем эксперименте. Даны четыре точки, расположенные в вершинах квадрата. Требуется провести через них три прямые не пересекающиеся линии, не отрывая карандаша от бумаги, так, чтобы карандаш вернулся в исходную точку.

На решение давалось десять минут. Каждому из участников эксперимента вначале казалось, что задача очень проста. К своему удивлению, даже хорошо логически мыслящие люди не могли ее решить. Они рассуждали примерно так:

— Четыре точки — это вершины квадрата. Чтобы вернуться карандашом в исходную точку, необходимо описать замкнутую фигуру... Замкнутая фигура из трех прямых может быть только треугольником... Решение, стало быть, заключается в том, чтобы вписать в квадрат треугольник... А как это сделать?! И более чем 600 испытуемых, потолкавшись вокруг этой мысли, с досадой бросали карандаш.

А как вы думаете, дорогой читатель? Попробуйте решить эту задачу прежде, чем читать дальше.

Пономарев дает «подсказку» в виде следующего ориентира. Испытуемым объясняли игру в хальму, согласно которой фишки перескакивают друг через друга по клеткам шахматной доски в любом направлении: и прямо, и по диагонали. На четырех близлежащих

клетках стоят рядом одна белая фишка и три черных. Белая в один ход перескакивает через три черных и оказывается на своем прежнем месте. Попробуйте проделать это вдумчиво несколько раз, и вы сможете решить задачу Пономарева «четыре точки». А если постоянно думать о решении этой задачи и часто играть в хальму, тогда однажды, играя, вы обязательно воскликнете «Эврика! Я случайно нашел решение!» Думается, теперь ясно, что такие случайности вовсе не случайны, а закономерны при решении эвристических задач! Только следует подчеркнуть, что мышление и творчество не исчерпываются описанными закономерностями,— конечно же, они имеют и ряд других особенностей, которые пока еще психологам не известны. Большинство людей, сделавших великие открытия или маленькие изобретения, даже не могут объяснить, как они до этого дошли. А иные объясняют это довольно странно: «Решение задачи я увидел во сне», «Решение проблемы вдруг явилось мне на прогулке» и т. д. Таким образом, творчество часто связано с подсознательной деятельностью человека, законы действия которой психологами еще не установлены.

Итак, установка часто создает труднопреодолимые психологические барьеры. А когда ее нет, можно быстро найти нужное решение. Гениальный физик Эйнштейн говорил: «Если бы я знал некоторые факты, то не открыл бы теории относительности».

Есть еще одна закономерность в творческой деятельности. Она заключается в том, что изобретатели, как правило, не придумывают несуществующих проблем, а находят и решают те, которые выдвигает общество и производство. Таким образом, настоящие творцы науки и изобретатели почти всегда работают «на заказ».

Многие выдающиеся изобретения были сделаны именно по этому принципу. Например, первая французская буржуазная революция вызвала огромную нужду в бумаге — только в одном Париже после революции было открыто около 300 газет. И тогда Николай Луи Робер изобретает высокопроизводительную бумагоделательную машину. Принципы ее работы до сих пор используются и в современных бумагоделательных машинах.

Тот, кто бывал на трубопрокатном заводе, наблюдал, вероятно, что горячие трубы длиной в несколько метров движутся по рольгангу с довольно большой скоростью, одна за другой, на расстоянии менее полуметра. В нужном месте труба накатывается на флажок, который

подает команду сбрасывателю, и сталкивается на шлеппер поперечного перемещения под душ холодной воды.

Условия, в которых работает датчик флажка, очень тяжелые: пар, вода, высокая температура, металлическая пыль, окалина. Поэтому при соударении конца трубы с флажком контактные датчики часто деформируются. Много лет конструкторы пытались разработать надежный быстродействующий датчик для определения наличия горячей трубы на рольганге. Пробовали фото- и термодатчики, индукционные, емкостные. Ни один из них не работал устойчиво: мешали пар и вода.

И вот однажды, когда очередной датчик быстро вышел из строя, инженер задумался: если вода не дает контролировать положение трубы на рольганге, то нельзя ли ее самое заставить делать это? Оказывается, можно, да еще довольно легко.

Если струю воды направить в зону движения трубы на рольганге и измерить ее сопротивление электрическому току, то в момент входа трубы в эту зону оно резко упадет, поскольку электросопротивление стали гораздо меньше, чем воды. На этом принципе и сконструирован новый датчик, который подолгу работает без ремонта и позволяет трубопрокатчикам значительно увеличить производительность станов.

Почему же никто раньше не подумал, что воду можно использовать в качестве датчика движения стальных труб? Да потому, что все конструкторы датчиков думали об одном: как защитить их от действия воды, и эта установка не позволяла им перешагнуть в общем-то несложный психологический барьер.

Интересен опыт преодоления психологических барьеров изобретателем А. Г. Юшковским, доцентом кафедры «Технология металлов» Курганского машиностроительного института.

На одном металлургическом заводе необходимо было вырезать плиты из многотонной стальной болванки длиной 1,5 и диаметром 0,5 метра. Всегда делали это так. Болванку закрепляли на токарном станке и к ней подводили несколько больших резцов. Расстояние между резцами соответствовало необходимой толщине плиты. Болванка вращалась в токарном станке, и все резцы одновременно производили постепенную резку. Но полностью нарезать болванку на плиты было невозможно: в этом случае тяжелые плиты рухнули бы на станок и поломали его. Поэтому оставляли шейку толщиной в несколько сантиметров, и

она позволяла удерживать разрезанную болванку в станке. Затем ее снимали и подвергали резким ударам, отчего она и лопалась на отдельные плиты. Однако во время удара у 10—15% плит происходил вырыв — разрушение не шло по центру шейки. Плиты с вырывом отбраковывались. Как ликвидировать брак по вырыву тела плиты?

Первый психологический барьер изобретатель преодолел быстро: надо на шейке делать неглубокую канавку, и тогда при ударах разрыв будет идти по этому месту. Но как делать канавку? И на этот вопрос нашелся ответ: надо иметь «надрезные» резцы длиннее разрезных, чтобы после резки ими можно было выточить канавку на шейке. Но где их поставить и когда они должны вступать в действие? Казалось бы, просто: резец должен работать тогда, когда основные резцы сделали свое дело. Следовательно, надо делать приспособление, чтобы основные резцы отводить, а «надрезные» подводить. Но конструктивно это осуществить трудно, такой метод не годится, — опять барьер. Как его преодолеть? А что если «надрезные» резцы поставить с другой стороны заготовки и подводить их, когда основные уже сделали надрез и образовали шейку? Это проще. Но оказалось, что станок надо значительно реконструировать, — ведь он не приспособлен для «двусторонней» обработки стали. И снова поиски, размышления, догадки. И вдруг, — «Эврика!» Как это, оказывается, просто! Надо изменить геометрию основного режущего резца, сделать его в виде остроугольного треугольника. Тогда он будет и резать, и канавку делать! Так возникло это замечательное и простое изобретение, которое позволило сэкономить многие тонны дорогой стали.

Сварные трубы большого диаметра металлургии делают примерно так. Из листа сваривается труба необходимой длины. Но в процессе сварки трудно обеспечить ей строго круглое сечение, — обычно оно получается эллипсовидным. Поэтому после сварки трубу помещают в специальную камеру и нагнетают в нее под большим давлением воду.

Как известно, давление жидкости по всем направлениям одинаково, и такая операция обеспечивает трубам строго круглое сечение. Кроме того, под давлением металл деформируется («течет»), диаметр трубы увеличивается. Давление «снимается» в тот момент, когда он достигает нужного размера. Но точно измерить диаметр трубы во время «правки и доводки» достаточно трудное дело. Поэтому осуществляли это опытным путем: фиксировали

такое давление воды в трубе, которое, по опытным данным, обеспечивало необходимый размер ее диаметра. Способ давал значительную отбраковку, так как механические свойства каждой трубы, пусть изготовленной из одной и той же стали, хоть чуть-чуть да отличаются друг от друга. И это «чуть-чуть» часто не позволяло добиться необходимых размеров диаметра — трубы шли в брак.

Многие специалисты и у нас, и за рубежом пытались решить проблему точного измерения диаметра трубы в период «доводки», но не решились, не смогли преодолеть простого психологического барьера, простой установки мысли. А Юшковский его преодолел и необыкновенно простым способом решил эту проблему. Дело в том, что он нашел совершенно другие ориентиры. Он поставил перед собой задачу: «Непосредственно измерить диаметр трубы в этом процессе практически невозможно, следовательно, надо искать пути косвенного замера». Он нашел их, и в результате металлургии смогли увеличить выход годной стали, а экономический эффект составил несколько миллионов рублей в год. Вот сколько иногда стоит «Эврика!» изобретателя.

Но дело даже не в этом.

Постоянный поиск новых решений — это доминирующее, главенствующее свойство, жизненная позиция современного инженера, рабочего, ученого. Но традиционные методы (на основе проб и ошибок), тривиальные решения приводят к потере времени, — уход же от так называемых установок дает возможность использовать сильные эвристические приемы («наоборот», «обратить вред в пользу» и пр.), речь о которых пойдет дальше.

## 2. ИСТОКИ ДВУХ МЕТОДОВ

От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике.

В. И. Ленин

За миллиарды лет своего развития природа, создав крошечные капельки белка, научилась строить из него и кости скелета, и кровеносные сосуды, и саму кровь, и мозг, и волосы, и, наконец, построила такие сложные самоуправляемые системы, какими являются, например, все представители генотипов животного мира, куда входит и человек разумный. Все это вызывает восхищение природой-творцом. Как она всего этого достигла?



Кратко механизм развития природных систем выглядит примерно следующим образом. Имеется какой-то определенный генотип, относящийся к какому-то самовоспроизводящемуся виду, например, животных. Часть жизнеспособного потомства этого генотипа допускает некоторые отклонения, ошибки в передаче кода, что приводит к генетическому засорению популяции и развитию так называемых мутантов. Окружающая природная среда исправляет допущенные ошибки. Поэтому наибольшая часть мутантов рождается менее приспособленной и вырождается, гибнет. Но иногда бывает и так, что часть их оказывается более жизнестойкой, чем родители, и развивается успешнее, дает более крепкое потомство. Со временем измененный генотип этого вида животных становится доминирующим и, в конце концов, вытесняет всех особей-носителей неизмененного генотипа. В свою очередь, и этот измененный генотип вытесняется новыми мутантами, еще более приспособленными к тем условиям окружающей среды, в которых находится взятый вид животных. Такова упрощенная схема непрерывного процесса эволюции в природных системах.

Время от времени в природе происходят и «революции», когда рождаются новые генотипы и даже новые виды растений и животных. Наиболее вероятно, что это бывает тогда, когда на непрерывный эволюционный процесс случайных мутаций вдруг на обширные территории обрушивается катастрофа или стихийное бедствие. В такой ситуации смерть настигает всех или почти всех живых обитателей этого района. Только исключительные способности отдельных мутантов позволяют им выжить. Затем эти способности закрепляются и развиваются в последующих потомствах. Но следует предположить, что как не каждый мутант несет в себе эволюционный сдвиг генотипа — чаще засорение его, — так и далеко не каждая катастрофа обязательно вызывает рождение нового генотипа или вида. Видимо, значительно чаще случалось так, что на момент катастрофы способности генотипов и их мутантов не отличались особой исключительностью (наводнение — плавание; землетрясение, извержение вулкана, цунами — предчувствие, большая скорость передвижения и т. д.) Они совсем не ослабляли или недостаточно ослабляли губительное действие стихийных сил. Тогда все живое погибало, а этот безжизненный район постепенно обживался генотипами из приграничных зон, даже, возможно, менее приспособленными,

чем те, которые жили до катастрофы. И в этом случае, если во вновь расселенных видах животных и растений не окажется никаких качеств, более совершенных, чем у прежних видов, то природа в своем развитии, разрешении биологических противоречий произвела не только холостой выстрел, а скорее совершила скачок назад.

Теперь можно привести некоторые недостатки метода природы. Как конструктор она хаотична и нелогична. Она не накапливает опыта, «забывая» о прошлых достижениях и неудачах. Она отмечает любые изменения мутантов, даже самые наиболее полезные, если они не оказываются полезными немедленно, в данном поколении. С каждым поколением ей приходится осуществлять поиск заново, с нуля. К тому же, когда вид, который сформировал многие совершенные органы, гибнет (катастрофа), вместе с ним пропадают и таким трудом добытые «изобретения» природы. Не существует никаких возможностей заимствовать их другими видами. Следовательно, метод конструирования природы — самый расточительный из всех возможных методов.

Тем не менее он позволяет самовоспроизводящимся системам диалектически развиваться и разрешать возникающие при развитии внутренние противоречия. Правда, этот процесс сопровождается колоссальными материальными, энергетическими и временными затратами, чаще всего напрасными. Таким вот сложным, запутанным и длительным путем природа создавала вершины своих творений. И как бы физиологически несовершенен ни был человек, она наделила его одним неоспоримым достоинством — сознанием, благодаря чему он единственный из всех биологических систем может осмыслить весь процесс развития природы, понять его механизм и активно направлять этот процесс.

Теперь представим себе, что некий идеальный гуманный разум полностью осознал механизм развития природы и природа подчиняется его контролю. Как бы тогда развивались биологические системы? Для концентрации внимания на том, что должен делать идеальный конструктор для идеального развития природы, отвлечемся от вопроса, как он будет действовать в каждом конкретном случае.

Вероятно, что первоочередной задачей идеального конструктора будет задача ускорения темпов развития с резким уменьшением затрат на «реконструкцию» природных систем. Тогда ему необходимо предусмотреть:

— строгое стремление систем к идеалу, не допуская их тупиковых ответвлений и необоснованного усложнения, так как сложность системы не есть ее совершенство;

— единый фронт пропорционального развития буквально всех природных систем, сохраняя при этом биологическое равновесие;

— способ избирательной коррекции передающегося из поколения в поколение кода природных систем, что практически должно разрешить существование только тех мутантов, которые вносят значительный вклад в развитие генотипа,— тогда и материальные затраты сократятся до необходимого минимума.

Конечно, приведенный перечень далеко не исчерпывает всех мероприятий идеального конструктора, но и его вполне достаточно, чтобы попытаться ответить на вопрос, готово ли общественное сознание к тому, чтобы уже сейчас взять на себя роль такого конструктора. Обратимся к фактам.

В настоящее время нет ни одной природной системы, развитие которой в естественных условиях полностью контролировалось бы общественным сознанием. Казалось, что к этому порогу приблизился способ тепличного выращивания некоторых овощей. Но он требует колоссальных затрат. К тому же, не создан источник света, аналогичный солнечному. В результате тепличные овощи уступают по своим качествам овощам, выращенным в открытом грунте.

Нет научно обоснованного общего метода, пригодного для познания любой отдельно взятой биологической системы. Следовательно, и нет общей теории выявления и разрешения внутренних противоречий природных систем. Генетики пока еще не раскрыли всех тайн записи кода носителей генотипов и не научились ею управлять. Многие биологические системы настолько сложны, что полностью контролировать их развитие на современном уровне познания практически невозможно. Правда, сегодня мы являемся свидетелями того, как увеличивается число природных систем, развивающихся под частичным контролем общественного сознания, но все же оно не достигло такого уровня, чтобы полностью контролировать развитие всех природных систем — схема существующих на земле биологических видов и типов имеет еще очень много белых пятен.

Итак, общественному сознанию необходимо создать общий метод познания биологических систем, который включал бы не только непосредственное их изучение, но и выявление, и рациональное разрешение биологических противоречий, а также многократно подтвержденную практику включения новых видов в единую природную надсистему, без нарушения биологического равновесия.

Этот метод, естественно, надо испытать на каком-либо упрощенном макете совокупности систем, развитие которых подчинялось бы аналогичным законам, было бы полностью под контролем сознания и не очень сильно

влияло на естественные биологические системы. Такая упрощенная совокупность систем уже создана обществом — это широко распространенные технические системы. Необходимость в их ускоренном развитии тоже диктуется все возрастающими общественными потребностями. Следовательно, из глобальной проблемы создания общего метода познания природных систем можно выделить более узкую, первоочередную задачу — создание общего метода познания технических систем.

Технические системы зародились всего лишь несколько тысячелетий назад, но уже к настоящему моменту некоторые из них достигали такого совершенства, что по ряду параметров значительно превосходят природные. Этот факт говорит об активном участии разума в их развитии. Но отсутствие общего метода познания приводит к неравномерности их развития (не изжит еще тяжелый ручной труд), а также к появлению негативных фактов, во многом сходных с негативными фактами развития природных систем.

На заре развития техники природный метод проб и ошибок доминировал почти в чистом виде. Поэтому сроки ее развития были аналогичны природным. Например, каменный топор совершенствовался сорок тысяч лет. Теперь можно лишь предположить, сколько его изобретателей, использовавших неудачные варианты, погибло в неравной борьбе с крупными хищниками. К сожалению, этот же метод проб и ошибок, несколько подкрашенный техническим опытом, доминирует и среди современных изобретателей и разработчиков новой техники, в результате чего рождение новых, более совершенных систем отстает от общественных потребностей на годы и даже десятилетия.

Что заставляет сознание поступать неразумно?

Вероятная причина заключается в том, что основная часть общественного сознания контролирует процесс не столько развития технических систем, сколько их эксплуатации. Эти два процесса, являясь противоположностями, часто вступают между собой в обостренные противоречия. Действительно, с одной стороны, технические системы должны все время соответствовать возрастающим общественным потребностям, то есть совершенствоваться, эволюционировать. А со временем, когда та или иная техническая система исчерпывает возможности своего развития, должна произойти «революция», в результате которой родится новая, более совершенная техническая систе-

ма. То есть с «рождения» до самой «смерти» технические системы должны непрерывно видоизменяться. С другой стороны, они же как можно дольше должны сохраняться неизменными, иначе они не могут делать то, ради чего созданы (например, непрерывно выпускать продукцию).

Эта противоположность обязывает сознание находить такие технические решения, которые были бы «самовнедряемые». Тогда техническая система изменялась бы, не переставая функционировать (эволюционные изменения — «технические мутанты»). Можно также совместить эти изменения с «рождения» новых поколений систем. Останавливать процесс эксплуатации пришлось бы только в случае «революционного» технического решения при замене системы на новый «технический генотип». Все эти рассуждения относятся к содержанию систем,— форма их предполагается такой, которая выдерживает все эволюционные изменения, почти не изменяясь.

Современные технические системы состоят из множества подсистем, которые, в свою очередь, иногда сами дробятся на подподсистемы и т. д. Например автомобиль как система состоит из подсистем: двигателя, ходовой части, энергоснабжения и т. д. В свою очередь, двигатель подразделяется на подсистемы разового распределения, зажигания, питания, управления скоростью вращения, кривошипно-шатунной передачи рабочего давления на коленчатый вал и т. д. Да и сами автомобили — это подсистемы одной системы автомобильного транспорта.

Термин «технический мутант» относителен,— все зависит от того, по отношению к какой системе рассматривается новое техническое решение. В принципе, это та же техническая система, в которой использовано новое «революционное» техническое решение на уровне одной из ее подсистем, приближающее ее к своему идеалу. В качестве примера можно рассмотреть автомобиль с двигателем Ванкеля, где идеальным образом разрешено техническое противоречие между поршнем и шатуном путем исключения всего громоздкого кривошипно-шатунного механизма. Такой двигатель, например, по отношению к дизельному будет «техническим мутантом»: в принципе, он остался двигателем внутреннего сгорания, но в нем использовано новое, «революционное» техническое решение на уровне его подсистемы, которое позволяет получать ту же мощность при значительно меньших габаритах и расходах топлива. Иначе

говоря, двигатель приблизился к своему идеалу.

Конечно, не следует думать, что если в какой-то системе произойдут «революции» всех подсистем, то автоматически революционизируется и вся система: «технические мутанты» лишь подготавливают ее «революцию», при этом чаще всего обостряя противоречия системы и даже надсистемы. Двигатель Ванкеля, например, требует более точного изготовления многих деталей и узлов, что обостряет противоречия в надсистеме (автотранспорт).

Далеко не каждое изменение системы приводит к рождению «технического мутанта», например, изменение формы, при котором не получено нового качества. Нужны ли такие «псевдомутанты»? С точки зрения экономической их производство нецелесообразно. Они отдалают время появления настоящих «технических мутантов» и «революций» технических систем. Только, пожалуй, в одном случае изменение формы допустимо — когда внутреннее противоречие системы трансформируется в противоречие между содержанием и формой и разрешается за счет изменения последней. Но это бывает лишь когда в конструкции системы необоснованно заложено несоответствие формы с развивающимся содержанием.

Итак, общественное сознание, развивая технические системы, должно принимать и использовать новые технические решения, основным содержанием которых являются разрешенные технические противоречия, выявленные на всех уровнях, начиная от элементарной подсистемы («технические мутанты») и кончая надсистемами («революции», «технические генотипы»). Это стратегия развития техники.

Почти любая техническая система, по ряду причин, более жизнестойка, чем природная. Она долгое время может выдерживать даже ошибочные видоизменения и далеко не сразу начинает отказывать в работе, заставляя тем самым снова вернуться к решению прежних вопросов. Но даже и тогда они могут быть решены не технически, а организационно. Изыскиваются средства, производственные площади, и вместо, например, двух систем, которые бы справлялись с планом, предприятие обзаводится четырьмя и, сформировав ремонтную бригаду, страхует себя не только от невыполнения плана, но и от решения назревшей технической задачи.

Идеальным выходом из такой ситуации было бы

перераспределение обязанностей инженеров-эксплуатационников и разработчиков. На уровне подсистем, под-подсистем и т. д. технические противоречия должны устранять инженеры-эксплуатационники, насыщая системы «техническими мутантами», что, в свою очередь, будет обострять противоречия системы в целом, а их-то и должны разрешать инженеры-разработчики, производя новые «технические генотипы». Обе группы инженеров свободно владеют (пока гипотетически) методом диалектического познания технических систем: от живого созерцания (первой рассудочной ступени мышления, где с помощью диалектического закона перехода количества в качество познается недостаток системы) к абстрактному мышлению (осознанию противоположностей систем в их единстве, взаимопроникновении, взаимоотрицании) и от него — к практике (синтезированию нового схемного технического решения, которое и станет основой решения проектного).

Для развития такого метода в нашей стране имеются условия и предпосылки. Вот некоторые из них:

- организующей и направляющей силой развития нашего общества является КПСС, в деятельности которой материалистическая диалектика является основной для разрешения внешних и внутренних социальных противоречий;

- родилась и развивается общегосударственная система социалистического хозяйствования, основной экономический закон которой — планомерное и пропорциональное развитие;

- технические системы широко распространились по всем отраслям народного хозяйства;

- подготовлено более 4 миллионов инженеров, много ученых и специалистов различных отраслей народного хозяйства.

Видимо, по этой причине именно в нашей стране появилась и стала бурно развиваться теория решения изобретательских задач (ТРИЗ). Предложенная Г. С. Альтшуллером, она быстро завоевала признание и привлекла к себе многих изобретателей и ученых. В основу теории были положены аксиомы о закономерности развития технических систем, о познаваемости законов творческого мышления и наличии творческих способностей у всех умственно здоровых людей. Основное отличие ТРИЗ от других методов в том, что она принципиально меняет технологию осуществления технических решений.

Вместо перебора вариантов предлагается планомерное мыслительное действие, опирающееся на знание законов развития технических систем. Классики марксизма называли технику «второй природой». Ф. Энгельс в своих работах показал, что «вторая природа» развивается на основании тех же законов, что и «первая». В ТРИЗ показано, что законы диалектики действуют не всегда прямолинейно, непосредственно, а преломляясь. Поэтому и невозможно проследить их действие, если принимать исходную формулировку законов. Кроме основных, в технике действуют и специфические законы диалектики, частные и общие, присущие только техническим системам. Этот тезис дает возможность сознательно развивать, прогнозировать пути появления новых задач в различных областях науки и техники.

Попробуем ответить на вопрос о том, какова последовательность участия ступеней сознания в развитии конкретных технических систем. Рассмотрим примеры решения практических задач, доступных для широкого круга читателей.

Пример. 1. На часовом заводе в качестве задатчиков частоты в электрочасах было решено использовать камертоны с собственной частотой колебаний 300 Гц. Ранее они применялись, в основном, для настройки музыкальных инструментов и потребность в них была невелика. Теперь же только одному заводу понадобились сотни тысяч камертонов в год. Была смонтирована и пущена в эксплуатацию новая автоматическая линия по их производству.

Пример 2. Начальнику ремонтно-механического цеха, в котором реконструировали гальваническое отделение (40...50 ванн), понравился увиденный во время экскурсии интерьер аналогичного участка. С технической стороны отличие ванн заключалось лишь в том, что они имели кроме бортовых отсосов еще и плотно закрываемые крышки. Начальник цеха добился соответствующего изменения проекта реконструкции, и в его цехе все ванны были оснащены крышками.

Примеров, когда система развивается с использованием очевидного решения, можно приводить сколько угодно. В них отражается ступень познания, на которой осознанно воспроизводятся хорошо известные и зарекомендовавшие себя технические решения, без принципиальных изменений. Такой процесс познания можно условно назвать копированием. Технические системы при этом, как правило, развиваются экстенсивно.



В процессе воспроизведения большого количества различных технических систем появляется некоторый опыт, применение которого приводит к использованию рассудочной ступени мышления.

В примере 1 автоматическая линия работала исправно, производила необходимое количество камертонов, но разброс их собственных частот превышал допуск и доходил до  $\pm 5$  Гц. Подумали и оснастили каждые выпускаемые часы синхронизирующим устройством, которое позволяло точно настраивать частоту камертона, если ее допуск не превышал  $\pm 0,1$  Гц. И, хотя процент камертонов, подлежащих подстройке, значительно снизился, все же вопрос этот стоял достаточно остро. Опыт подсказал, что подпиливание активных поверхностей камертона — чуть ли не единственный способ настройки. Вот так и появилась на часовом заводе бригада лекальщиков, которая способствовала снижению брака изделий автоматической линии.

В примере 2 вес крышек для ванн (прямоугольных коробок) был в пределах 15...20 кг. Ручное управление ими оказалось достаточно затруднительным и небезопасным. Поэтому одному из конструкторов было предложено задание — «облегчить операцию подъема-опускания крышек гальванических ванн».

В этом примере количество вариантов открывания-закрывания крышки достаточно велико, то есть имеются возможности для проявления накопленного опыта. Ориентировочно рассуждения конструктора выглядели следующим образом.

Облегчить — применить ручной или дистанционный (электрический, пневматический и т. д.) привод. Ручной, потому что ванны открывают-закрывают не более чем 1...2 раза в сутки; перспектив автоматизации в обозримом будущем нет. Был выбран и наиболее компактный способ — подъем-опускание одной стороны крышки на оси. Теперь необходимо позаботиться о технике безопасности, исключить возможность непредвиденного захлопывания крышки.

Защелка? Больше усугубит дело, чем поможет. Система тросиков и блоков? Полиспасты? Редукторы? Сложно, дорого и ненадежно.

Перебор вариантов привел, наконец, к единственному — самотормозящейся червячной паре: редуктор и тормоз для любого угла подъема крышки. Так появился «механизм подъемный, ручной», очередное дополнение к

проекту реконструкции гальванического участка. Механизм состоял из штурвала и соосного с ним червяка, связанного с зубчатым сектором (угол 110...120°), который, в свою очередь, жестко насажен на подвижную ось крышки.

Степень познания, при которой осознанно применяется опыт для выбора одного решения из некоего очевидного их множества, с помощью рассудочной ступени мышления, условно можно назвать *рассудочным копированием*. Мышление в таком виде примерно соответствует так называемому здравому смыслу. Но технические системы и в этих случаях развиваются так же экстенсивно.

Одна из неприятных сторон экстенсивного развития технических систем состоит в том, что с каждым новым воспроизводством все большая часть их составляющих, изготовленных традиционными способами, не совсем та, которая необходима для каждого конкретного случая. И прорастают в технических системах усложненные формы, утяжеленные, ненужные детали и даже узлы.

Косвенным подтверждением такого положения дел служит широкое распространение в электротехнической и других отраслях промышленности функционально-стоимостного анализа (ФСА). При его использовании все технические решения той или иной системы, которая развивалась, как правило, с помощью рассудочного копирования, подвергают пристрастному досмотру особым образом сформированной, дополнительной рассудочной ступени познания. Тщательнейшим образом исследуются не только изделие в целом, но и каждая деталь, с точки зрения выполняемых функций и технологичности изготовления. И, как правило, обнаруживается, что те же функции могут выполняться со значительно меньшими затратами труда, материалов, энергии и т. д. С помощью ФСА можно снижать затраты на изготовление, в принципе, любого изделия, но такой анализ достаточно трудоемок и экономически оправдан лишь для изделий массового и крупносерийного производства.

Итак, мы оказались свидетелями действительного пути развития реально существующих технических систем. Случайные «озарения» зачастую еще более запутывают ситуации, чем помогают успешному развитию. Где же выход?

Обратимся к признанным авторитетам.

«Но здравый человеческий рассудок, весьма почтенный спутник в четырех стенах своего домашнего обихода... рано или поздно достигает каждый раз того предела, за которым он становится односторонним, ограниченным, абстрактным и запутывается в неразрешимых противоречиях, потому что за отдельными вещами он не видит их взаимной связи, за их бытием — их возникновение и исчезновение, из-за их покоя забывает их движение, за деревьями не видит леса». (Ф. Энгельс, Анти-Дюринг. М., 1973, с. 17). Такой способ мышления Энгельс называет метафизическим. Хотя он и помог усвоению многогранных систематических знаний, но и

выработал привычку рассматривать вещи и процессы в их обособленности, вне великой общей связи, и потому не в движении, а в неподвижном состоянии, как вечно неизменные, — не живыми, а мертвыми.

Из слов Энгельса ясно, что в ряде случаев просто необходимо пользоваться таким методом мышления, по которому вещи и их умственные отражения рассматриваются во взаимной связи, сцеплении, движении, возникновении и исчезновении. Такое определение характерно для диалектической отрицательно-разумной ступени мышления. В настоящее время общественные потребности задали такое ускорение научно-техническому прогрессу, что разумные сроки использования многих технических систем, непрестанно сокращаясь, значительно меньше, например, сроков жизнедеятельности поколений инженеров. В этих условиях практически каждая воспроизводимая техническая система требует интенсивного развития, а соответствующие технические задачи — революционных решений.

В примере 1 (с. 23) показаны этапы рождения технической системы, автоматической линии по производству камертонов и ее экстенсивного развития. Тем не менее система работает на пределе (скорее за пределом) своих возможностей. Интенсивное развитие ее явно задержалось, в основном, из-за отсутствия приемлемого технического решения. Рассудочная ступень познания слепила техническую систему из не гармонирующих между собой элементов (автоматическая линия и прапрадедовский способ настройки камертонов), поэтому очередного увеличения производительности такая система просто не выдержит.

В примере 2 (с. 23) отражены этапы экстенсивного развития гальванических ванн: первый — копирование, а затем очередной этап экстенсивного развития ванн, который для крышек — подсистемы ванн — будет только первым. В этом случае рассудочная ступень познания, казалось бы, подобрала техническое решение более или менее удачно. Но эта неопределенность («более или менее»), как правило, ставит под сомнение необходимость использования разумного мышления для дальнейшего развития системы. Поэтому придется глубже вникнуть в процесс развития исходных противоположностей.

Развитие «крышек вообще» для «сосудов вообще» всегда шло в направлении увеличения закрываемой площади, что, конечно же, требовало увеличения габари-

тов и веса, а это заставляло применять различные приспособления и механизмы, содержащие блоки, полиспасты, редукторы, иногда с тем или иным видом привода. Следовательно, основные противоположности (площадь и вес крышки) в нашей ситуации остановились на полпути и не обострились в противоречие. Оно выросло из других противоположностей — крышки и управляющего механизма, хотя и не обострилось настолько, чтобы стать непримиримым (поэтому и существует пока достаточное число очевидных решений, подходящих для данного случая). Но отдельные симптомы «непримиримости» уже налицо: механизм, служащий всего лишь для разового открывания-закрывания крышки, значительно сложнее и дороже ее самой.

Выяснение технической ситуации — начальный этап и необходимое условие участия диалектической разумно-отрицательной ступени мышления в развитии технических систем.

Рассмотрим, как действует закон двойного диалектического отрицания, например, для развития семени однолетнего растения. Первое отрицание — семя по весне попало в благодатную среду, и внутренние силы, пробудившись для развития ростка, отрицают его; росток развивается в растение, затем цветет. Потом (второе отрицание) появляется завязь плодов, развитие которых отрицает увядающее растение.

Конечно, его развитие может оборваться на любой стадии, исключив тем самым возможность второго диалектического отрицания. Но если растение это культурное, то человек, посеявший семя, старается свести к минимуму все случайности: тщательно обрабатывает почву, удобряет ее, поливает и т. д.

В примере с камертоном нетрудно решиться на отрицание части технологического процесса (подстройку камертона), — она так и просится, чтобы ее отвергли. В примере же с крышкой отрицать «почти что хорошее» приспособление трудно. И все же мысленно такую операцию следует проделать, объявив, например, механизм материалоемким и трудоемким, — в противном случае нет основания для дальнейшего развития разумного мышления, так как его «зерно» — внутреннее противоречие системы.

Операция по выявлению «зерна» заключается в последовательном превращении технической ситуации в техническую задачу и затем в ее модель. Здесь, как в

известной сказке, сначала отыскивается сундук, в котором находится утка, в утке — яйцо, а в яйце — игла, кончик которой бережет жизнь Кашея, и, чтобы восстановить справедливость, Иван-Царевич должен проявить разносторонние способности на каждом этапе.

Вернемся к переходу «ситуация — задача». Если ситуация копирует процесс развития системы от ее зарождения до настоящего момента, то инженерная задача стремится продолжить этот процесс в будущее, например, простой экстраполяцией, причем только отрицательной части ситуации, с минимумом «обстановки», необходимой для понимания сути задачи (все термины в ней представлены не специальными, а функциональными названиями с использованием обиходных слов и шуточных названий, чтобы расковать мышление).

*Задача 1.* Имеется поток металлических разноголосых дрожалок, который со временем может удвоиться. Приводить дрожалки к единому голосу с помощью строгалки долго, дорого и часто не приводит к желаемому результату. Как помочь делу?

*Задача 2.* Металлическую плоскость весом 15...20 кг. необходимо время от времени поднимать-опускать. Вручную тяжело, неудобно, да и можно руку прищемить; механизмы сложны и дороги. Необходимо облегчить операцию подъема-опускания.

Переход «задача — модель задачи» выявляет первопричину — техническое противоречие и те противоположности, которые это противоречие породили.

*Модель задачи 1.* Даны металлическая дрожалка и строгалка. Строгалка плохо «повышает голос» дрожалки, а снижать его совсем не умеет.

*Модель задачи 2.* Даны металлическая плоскость и поднималка; поднималка хорошо поднимает плоскость, но применение ее очень дорого.

Вот и проявилась суть — те «зерна», которые можно отрицать свободным развитием разума, не привязанным ни к какой отрасли техники.

В отличие от рассудочного мышления, что, вороша память, сравнивает варианты, разумное мышление способно с помощью воображения сотворить новый образ такой системы, который соответствует всем настоящим (и будущим) потребностям. Воображение позволяет заглянуть в одном случае за барьер отсутствия очевидных решений, а в другом — за частокол очевидных, но далеко не лучших решений. Все системы в своем развитии

стремятся к идеалу, как к некоему пределу. Даже не очень богатое воображение способно справиться с образами таких пределов — технических сказок для приведенных примеров. Проследим, как «зерно» превращается в образ идеальной технической системы.

В примере 1 (с. 23) самая отрицательная часть отрицаемого «зерна», строгалка, заменяется универсальным «сказочным» инструментом, которого и нет вовсе, а есть только лишь результат его действия на дрожалку. Условно — это внешняя среда. Действие должно заключаться в настройке голоса, то есть перемещения массы в объеме дрожалки из того места, где она лишняя, в то место, где ее не хватает. Оно должно происходить без расхода энергии, материалов, труда и т. д., бесплатно вообще, само собой и закончиться к тому моменту, когда дрожалка обретет нужную высоту тона — ни молекулой больше, ни молекулой меньше. К тому же должна сохраниться способность дрожания.

Внешняя среда сама перемещает молекулы дрожалки, сохраняя свойства дрожания.

В примере 2 — идеал поднималки и крышки. Внешняя среда сама помогает открывать плоскость, сохраняя способность закрывать ее.

Здесь потребуется больше творческого воображения для создания образа идеала, так как действие «помогает» не очень конкретно (сравните с более конкретным действием идеала дрожалки — «перемещает молекулы»). Итак, нужен образ идеального действия — «помогает открывать».

Сразу же обратимся к испытанному средству: представим внешнюю среду в виде всемогущих «человечков». Что они должны делать? Во-первых, обеспечить крышке подъемную силу, причем эта сила должна действовать не всегда, а, скажем, после того как человек прикоснется к крышке, чтобы ее открыть. «Человечки» должны достаточно крепко держать открытую крышку, чтобы она самостоятельно не захлопнулась. Закраться ей следует плавно и только тогда, когда человек прикоснется к ней, чтобы ее закрыть. После этого «человечки» свободны до следующего открывания-закрывания, если мы их не нагрузим дополнительной функцией — крепче прижимать крышку в закрытом положении.

Итак, необходимо нечто подъемно-прижимающее, то есть внешняя среда должна обладать подъемной силой и силой прижимающей. Хорошо еще, что противоречивые

свойства самим процессом «открывания-закрывания» разделены во времени. Оба образа могут быть дополнены рисунками, отражающими суть действия идеальной технической сказки.

Итак, необходим некий твердо-жидкий материал для дрожалки и нечто подъемно-прижимающее для крышки.

Читатель, возможно, уже не раз подумал: «Но как все-таки дрожалку настроить?» или «Как все же крышку поднять?» Вот это и есть собственный голос здравого рассудка, который настолько привык доминировать, что никак не может смириться со своей вспомогательной ролью, особенно когда закончилась самая творческая часть разумного мышления, с привлечением воображения. Казалось бы, теперь достаточно лишь воспользоваться известными науке сведениями, чтобы разрешить противоречия, а те эффекты и явления, которые для этого будут использованы, составят основу технического решения. Но не надо спешить. Дело вот в чем.

До сих пор было изложено возможное содержание развития мышления некоего «абстрактного усредненного инженера», которому, действительно, ничего не стоит подобрать те или иные явления для разрешения того или иного противоречия. Но на практике этому действию мешает ряд обстоятельств:

— противоречие мышления, которое заключено «между внутренне неограниченной человеческой способностью познания и ее действительным существованием только в отдельных, внешне ограниченных и ограниченно познающих людях» (Энгельс Ф. Анти-Дюринг.— М., 1973, с. 120);

— противоречия познания: углубленная подготовка узких специалистов и необходимость всестороннего гармоничного развития личности, «взрыв» научно-технической информации и острый ее дефицит. На практике выбор эффектов и явлений выглядит примерно так, как если бы узкому специалисту (инженер, как правило, таковой и есть) пришлось разбираться в потоке научно-технической информации из незнакомой ему области знаний и осознанно выбрать самые подходящие сведения, а затем сознательно применить их в своем новом техническом решении. К тому же опыт решения инженерных задач показывает, что наиболее удачные из них содержат не одно, а некий комплекс эффектов и явлений.

Поэтому снова нагрузим рассудок формой, только теперь уже 4-й части АРИЗ-82, которая как раз и содер-

жит ряд рекомендаций по тематическому отбору научно-технической информации из особым образом подготовленного информационного фонда. В отличие от предыдущих размышлений с использованием воображения, когда из реальных «зерен», внутренних противоречий, созданы сказочные проекты, с выделением реальных «ростков», физических сущностей этих же противоречий, 4-я часть АРИЗ напоминает реальную стадию «кущения» этих «ростков». Разум на этом этапе должен отмечать такую информацию, сочетание которой и поможет «сказку сделать былью». Эта форма выглядит следующим образом:

1. Сначала выявляют возможности разъединения противоречивых свойств.

«Росток» —

Твердо-жидкая дрожалка «Кусток».

1.1. Во времени — молекулы подвижны только на момент подстройки, в остальное время жестко связаны между собой.

1.2. Фазовый переход — плавление-затвердевание.

«Росток» —

Подъемно-прижимающая крышка «Кусток».

1.1. Во времени они уже разъединены условием.

1.2. В пространстве — одна часть крышки наделяется подъемными свойствами, другая — прижимающими.

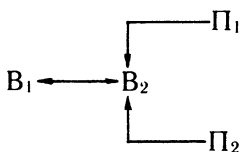
2. Затем определяют внутреннюю форму будущего технического решения — типовую структурную модель в вепольной форме (для обоих случаев она внешне выглядит одинаково). Это

означает, что к веществу дрожалки (крышки) следуют добавить такое вещество  $B_2$ , которое бы при воздействии на него

некоего поля  $\Pi_1$  способствовало перемещению молекул  $B_2$ , что вызывало бы изменение собственной частоты  $\Pi_2$  дрожалки ( $B_1 + B_2$ ).

Следующие два пункта рекомендуют научную и техническую информацию для неконфликтного соединения разъединенных свойств. Причем, как для дрожалки, так и для крышки, научная информация одинакова, так как в том и другом случае необходимо управлять перемещением объектов.

3. Действие магнитным полем на объект или ферромагнетик, соединенный с объектом. Действие электрическим полем на заряженный объект. Передача давления





жидкостями и газами. Механические колебания. Центробежные силы. Тепловое расширение. Световое давление.

4. Используем таблицу основных технических приемов для разрешения типовых противоречий (см. прил. 2):  
Типовое противоречие: из-за «вредных факторов, генерируемых самим объектом», приходится терять «производительность». Основные технические приемы: 22, 35, 18, 39.

22. Принцип «обратить вред в пользу»:

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

35. Изменение физико-химических параметров объекта:  
а) изменить агрегатное состояние объекта;

б) изменить концентрацию или консистенцию.

18. Использование механических колебаний:

а) привести объект в колебательное движение;

б) если такое движение уже совершается, увеличить его частоту (до ультразвуковой);

в) использовать резонансную частоту,

г) применить вместо механических вибраторов пьезовибраторы;

д) использовать ультразвуковые колебания в сочетании с электромагнитными полями.

39. Применение инертной среды:

а) заменить обычную среду инертной;

б) вести процесс в вакууме.

Типовое противоречие: из-за «сложности» механизма подъема приходится терять ту же «производительность». Основные технические приемы: 12, 17, 28.  
12. Принцип эквипотенциальности. Изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать и опускать объект.

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 (на плоскости). Соответственно задачи, связанные с движением (или размещением) объектов в одной плоскости, устраняются при переходе к пространству трех измерений;

б) многоэтажная компоновка объектов, вместо одноэтажной;

г) использовать обратную сторону данной площади.

28. Замена механической схемы:

б) использовать электрические, магнитные и электромагнитные поля;

в) перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных — к меняющимся во времени, от

неструктурных — к имеющим некую структуру; г) использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами.

Как ни удивительно, но, с точки зрения разумно-отрицательной ступени мышления, технические решения обеих задач могут оказаться очень похожими, так как имеют совершенно одинаковые составляющие. На первый взгляд покажется, что в полученном таким образом «информационном кусте» содержится много ненужных, избыточных сведений, и кто-то в этом усмотрит недостаток метода. Но прежде чем судить о его достоинствах и недостатках, вспомним, что у растения на стадии кущения росток интенсивно выбрасывает, казалось бы, лишние листья, не участвующие в дальнейшем при образовании стебля. Они, очевидно, биологически необходимы для усиления фотосинтеза на этом этапе, чтобы растение смогло выдержать все остальные этапы своего развития. Возможно, что и для познания (на данном этапе) просто необходима «избыточность».

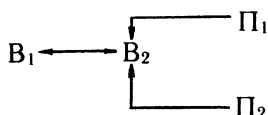
С точки зрения психологии, в этот момент рассудок должен позволить разуму спокойно «возвратиться» из ступени творческого фантазирования и утвердиться на реальной, но «интерспециальной» объективной почве, внимательно присмотревшись к предполагаемым составляющим нового технического решения.

Вот и наступила пора некоего выбора, то есть предпочтения одному варианту другого, в принципе тоже возможного. Трудность в том, что при синтезе решения необходимо сформулировать некие объективные «правила» использования «информационного куста», без изложения самого решения, поскольку оно, как правило, содержит в себе элемент субъективной оценки автора. Получается противоречие: «объективные правила» надо изложить с помощью «субъективной точки зрения». Но такое противоречие кажущееся, поскольку на этом этапе познания доминанту требует разум на рассудочно-копировальной ступени мышления; использование информации — тоже компетенция разума; готовить же решение — участь рассудка. Поэтому при передаче эстафеты необходимы два условия: максимум объективности и минимум (а лучше, полное отсутствие) субъективизма. Вот разум и формирует не готовое решение, а всего лишь промежуточный его вариант — схемное, в самом общем виде, где если и

возможен субъективизм, то в самых минимальных дозах. Тем не менее, если читатель почувствует, что он не согласен с субъективной частью решения, то он может сам, используя, например, другие сочетания того же «информационного куста», синтезировать другое, с его точки зрения, наиболее приемлемое техническое решение, соответствующее интенсивному развитию системы. При этом надо помнить одно: любая достройка ИКР реальными элементами есть не что иное как его ухудшение, удаление от «идеальности» (ИКР необходимо испортить, чтобы он стал реальностью, и его нельзя портить, чтобы сохранить «идеальность» реального решения). Отсюда вывод, что если сохранить всю «идеальность» нереально, то следует постараться сохранить хотя бы большую ее часть.

Иначе говоря, в ИКР следует вводить только самое необходимое, простое, не материалоемкое и энергоемкое, «бесплатное» и т. д. и т. п.

Вспомним: идеальная крышка должна соседствовать с такой «внешней средой», которая сама помогает легко открывать и плотно закрывать крышку. Чтобы этой «внешней среды» было как можно меньше, применим для крышки принцип эквипотенциальности, который подсказывает, как открывать крышку, не поднимая ее. Для этого, как минимум, нужна ось, проходящая через центр тяжести (в середине крышки), тогда легкость подъема будет обеспечена, но появятся неудобства загрузки-разгрузки ванны: крышка будет погружаться в нее наполовину и торчать посередине. Сместим ось крышки (вместе с центром тяжести) ближе к одному краю (по принципу колодезного журавля). Теперь открытая крышка не будет мешать загрузке-выгрузке, но сразу же заметно увеличилась «внешняя среда» (к оси добавился еще и «груз», расположенный на коротком плече крышки). Плохо и то, что такую крышку очень неудобно фиксировать в открытом и закрытом состояниях. Это с одной стороны. С другой, мы вынуждены применить «груз», роль которого весьма пассивна. Так пусть он и «отвечает» за надежность открытого и закрытого положений крышки. Вспомним структурную модель решения:



где  $V_1$  — крышка;  $V_2$  — теперь это уже наш «груз»;  $P_1$  — поле давления руки на крышку;  $P_2$  — поле давления на крышку  $V_2$ . Итак, поле давления ( $V_2$ ) на крышку должно действовать то с одной стороны ее оси, то с другой. Этого можно достичь, если обеспечить подвижность «груза». Идеальной подвижностью обладает газ, но он плохой «груз». Менее идеальна в этом смысле жидкость, но зато как «груз» она хороша:  $V_2$  — жидкость, способная перемещаться, например, по герметичной полости с обратной стороны крышки, которая составляет два сообщающихся сосуда, расположенных по разным сторонам оси. Схематически процесс ручного управления крышкой будет выглядеть следующим образом.

Крышка закрыта. Положение ее горизонтально. Большая часть жидкости находится с длинной стороны относительно оси крышки, что обеспечивает фиксацию закрытия, с необходимым усилием. После того как усилие руки превысит силу удерживания, крышка начнет поворачиваться вокруг оси и наклонное положение ее заставит жидкость перетекать к оси вращения и за нее, на короткую сторону крышки. Дальше крышка будет сама открываться и сама фиксироваться в открытом положении все той же жидкостью. Чтобы закрыть и открыть ее, потребуются примерно одинаковые усилия.

Вот теперь можно поручить здравому человеческому рассудку завершить процесс познания. Именно он должен схемное решение превратить в техническое, а затем в действительность. Для этого необходимо определить усилия, потребные для фиксации крышки в открытом и закрытом положениях, выбрать конкретную жидкость (ртуть... вода; возможно, что часть объема вместе с жидкостью будет занимать газ, обладающий подъемной силой), рассчитать нужное количество жидкости, сечения и объемы герметичной полости, выполнить чертежи, изготовить по ним крышки и установить их на ванны.

Очевидно, что полученное решение имеет массу преимуществ перед первоначальным (проще, дешевле, технологичнее, удобнее в обслуживании, надежнее — идеальнее). Для того, чтобы его получить, была использована далеко не вся информация: одна ее часть, вероятно, пригодилась бы для «механизированного» или «автоматизированного» технического решения, а другая просто оказалась не пригодной для данного конкретного случая, но, вероятно, пригодилась бы для других конкретных систем, с похожими внутренними противоречиями.

Интересно отметить, что приобретенный опыт использования разумно-отрицательного мышления позволяет значительно сократить анализ технических ситуаций. Это обстоятельство позволило основать специальный перспективный раздел ТРИЗ — «Стандарты на решения изобретательских задач». Он пока ждет своих разработчиков, но вполне вероятно, что его внедрение значительно ускорится, если инженеры и специалисты научатся применять разумно-отрицательную ступень мышления для познания технических систем.

### **3. ХОЧЕШЬ ТВОРИТЬ? МЫСЛИ И ФАНТАЗИРУЙ!**

Фантазия есть качество величайшей  
ценности.

**В. И. Ленин**

Наблюдение над природными явлениями, фактами, осмысление увиденного или узнанного — неперенное условие получения новых знаний. Каждый шаг к осмыслению их требует осознанного, направленного мышления. Его цель — разрешение возникающих вопросов и препятствий.

Простых операций мышления немного. Основные из них — сравнение, анализ и синтез, абстрагирование (отвлечение), конкретизация, обобщение, классификация, систематизация. Коротко, но внимательно рассмотрим эти составляющие.

Все познается в сравнении. Эта древняя мудрость не утрачивает своего значения. О чем бы мы ни говорили, хотим мы этого или нет, мы сравниваем. Говорим: «Сегодня холодно» и, конечно же, сравниваем это ощущение, это понятие с другим состоянием окружающей среды, так как знаем, что бывает теплее. Говоря о человеке: «Он мне симпатичен», сравниваем его с другими менее или более привлекательными для нас людьми. Анализируя предмет, явление, раскладываем его по каким-то признакам, частям. Операция анализа не имеет предела, она неисчерпаема, как неисчерпаема сама природа.

Синтезируя, мы объединяем отдельные части, характеристики в нечто целое, часто уже известное. А когда сумеем их объединить в нечто новое, но гармоничное, полезное, говорим: «Эврика!» Подобное может произойти и на уровне анализа. Анализ и синтез — операции, во многом взаимосвязанные и часто неотделимые.

Абстрагирование сопровождается отделением какого-либо признака, свойства от самого предмета. В технических инженерных задачах встречаются повторяющиеся приемы, и заметив это, забыв о конкретной задаче, мы говорим о приеме как элементе закономерности в развитии технических систем. Охватывая общие признаки, казалось бы, различных предметов или явлений, мы делаем обобщение. Так, связывая в разнообразных явлениях взаимодействие вещества с магнитом, мы говорим о существовании во всех подобных явлениях магнитного поля и магнитного вещества (железа-ферромагнетика).

Конкретизация противоположна и абстрагированию, и обобщению. Если вернуться к предыдущему примеру, то, зная необходимость (из теории изобретательства) использования магнитного поля и намагничивающегося вещества для решения конкретной задачи, мы выбираем в качестве источника поля постоянный магнит, а в качестве вещества — магнитный (ферромагнитный) порошок.

Классификацией нам приходится заниматься на каждом шагу, но, к сожалению, не всегда, хотя в этом имеется настоятельная необходимость. В посудный шкаф мы, конечно, не поставим молоко, а в холодильник не будем укладывать посуду — всему свое место. А вот составить картотеку специальной библиотечки или сделать тематическую подборку вырезок из газет и журналов не часто решаемся. Это же относится и к систематизации, когда классифицируется та или иная информация в определенном порядке, по определенной системе. Два этих понятия редко используются отдельно.

Инженеру очень нужна картотека решений технических задач по профилю его специальности. Составляется она из списанных бюллетеней, выписок из реферативных журналов, из фондов патентного отдела и т. д.

Для развития мышления публикуется достаточно материалов: текстов, задач, тренирующих сообразительность. Но и в жизни таких задач встречается не меньше: ежедневно приходится совершать разнообразные мыслительные операции, остается только не уходить от них.

Психологи различают три основных вида мышления: предметно-действенное, то есть мышление при непосредственном наблюдении предмета и действия с ним, оно свойственно практикам, «мыслящим руками»; наглядно-образное — мышление по представлению (абстрагировать и обобщать такие люди, как правило, не любят,

предпочитают синтез): к ним часто причисляют тех, кто склонен к творческой работе — это изобретатели, художники, артисты; абстрактно-логическое мышление свойственно тем, кто опирается на общие и отвлеченные понятия, больше анализирует, обобщает (обычно таковы ученые). Конечно, это разделение условно, — масса людей не укладывается в эти характеристики и, как правило, обладает разнообразными типами мышления. Развитый ум сочетает все названные типы мышления. Тем не менее каждый человек, определив преобладающий у него тип мышления, может развить его и выбрать специальность соответственно своим склонностям.

Наряду с этим, в ходе целенаправленного поиска обычно возникает ситуация, когда мышление необходимо перестроить и, подчиняясь такой осознанной необходимости, которая предполагает значимость результатов поиска, человек начинает развивать в себе другие способности, ранее мало проявлявшиеся. Наиболее универсальным для многих желающих заниматься творческой работой является развитие творческого воображения.

Проверьте свою фантазию: попробуйте представить себе невиданное ранее животное — комбинация уже известных признаков не дает фантазии высокого уровня. Один из советских фантастов, Север Гансовский, очень удачно придумал в своем рассказе «Хозяин бухты» такой новый вид животного, пользуясь переходом на микроуровень. Животное, по фантазии автора, способно было распадаться на одноклеточные организмы и «складываться» в целое, когда надо было охотиться. Одно из последних направлений в научной фантастике — это развитие цивилизации на трудноосваиваемой планете с неустойчивым климатом, где необходимость заставляет человека принимать облик то черепахи, то акулы, то птицы, чтобы изучить новые условия, оставаясь при этом существом с высокоразвитым мышлением, сохраняющим все качества человека, его знания, интеллект.

Способности, как и мускулы, крепнут благодаря тренировке. Необходимо тренировать свое мышление, не оставляя его без увлекательной работы — фантазии и воображения. Приведенный выше прием творческого воображения — переход из жесткого состояния (животное не умеет скрываться) в гибкое (животное приспосабливается к условиям) — используется в развитии технических систем и часто дает значительные и сильные решения. Человек с тренированным воображением способен зримо представлять себе последствия, результаты модификаций какого-то предмета. Он может задуматься над тем, о чем не думают «обыкновенные» люди. Воображение помогает освободиться от инерции мышления, раздвигает горизонты видения, усиливает интеллект, умножает творческие возможности человека.

## II

### ПРЫГНУТЬ ВЫШЕ СЕБЯ

Творчество — синоним оригинального склада мышления, то есть способность постоянно ломать привычные рамки накопленного опыта. Одним из приемов воспитания этой способности является развитие творческого воображения. Наиболее массовое и действенное средство его достижения — регулярное чтение научно-фантастической литературы, которая иной раз подсказывает новые научно-технические идеи, часто помогает преодолевать инерцию мышления при решении технических задач. Но одного чтения недостаточно — необходима система специализированных упражнений по развитию воображения. Такая система создается в настоящее время и проходит испытания при обучении теории решения изобретательских задач (ТРИЗ).

Давно замечено, что решение многих задач облегчается их моделированием. В ТРИЗ для этого используется метод маленьких человечков (ММЧ), которые по нашему желанию могут осуществлять любые действия, то есть моделировать любой процесс.

Например, жидкость поступает в ковш дозатора (рис. 1). Когда наберется нужное количество ее, дозатор наклонится влево и жидкость выльется. Левая часть дозатора станет легче — дозатор вернется в исходное положение. Но, к сожалению, дозатор работает неточно: имеется «недолив». Он зависит от мно-



Рис. 1



гих факторов, и поэтому нельзя взять ковш побольше. Как устранить указанный недостаток? Поступает предложение — изменить конструкцию дозатора. Но суть задачи в усовершенствовании имеющейся конструкции. При чем надо сохранить присущую ей простоту. Тогда предлагается представить дозатор в виде модели. Какой? Качели. С грузом. При чем груз только на одной половине. А что собой представляет груз? Много маленьких человечков на одной стороне качелей. Тогда на другой ее стороне человечки будут изображать воду (рис. 2). Получается, что слева они не все успевают спрыгнуть с качелей, когда начинается перевес. Значит, чтобы

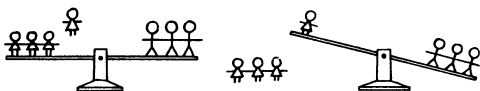


Рис. 2

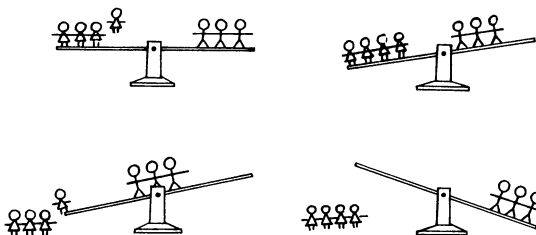


Рис. 3

помочь спрыгнуть им всем, человечки справа должны быть подвижными и перемещаться на своей стороне качелей ближе к середине. Всем, наверное, не обязательно это делать. Могут перебегать один или два (рис. 3).

От занятия к занятию упражнения усложняются. Учащиеся приступают к «проекту». Предлагается, например, планета, диаметр которой увеличивается с 5000 км в 5 раз, а потом восстанавливается. Цикл изменения составляет 100 часов. У планеты раздувающееся ядро, покрытое слоем плодородного песка в тысячи километров. При раздувании слой утончается, но плотность песка неизменна. Атмосфера и масса планеты такая же, как Земли. На поверхности плавают острова твердого грунта, на островах есть озера. Имеются разумные существа типа людей. Каким может быть растительный и животный мир этой планеты? Какие особенности цивилизации? Что характерно для средств сообщения? И т. п.

Придется преодолеть немало психологических барье-

ров, чтобы выполнить такое упражнение...

Фантазия — величина векторная, она характеризуется численным значением и направлением. Управлять фантазией — значит уметь «включить» и «выключить» ее, менять ее направление и, главное, направлять так, чтобы получить максимальную творческую отдачу. Этому учит курс «Решение творческих задач» (РТВ). Нужно отметить и то, что в занятиях по РТВ роль преподавателя не сводится лишь к передаче знаний в «расфасованном» виде, по определенной «порции» в день. Он прежде всего стимулирует творчество, воодушевляет своих слушателей. Пройдет какое-то время, и они научатся планомерно развивать свое воображение и на этой основе более успешно формировать творческие способности.

## **1. ОСНОВНЫЕ ИДЕИ ТРИЗ В ИЗОБРЕТЕНИЯХ ЮЖНОУРАЛЬЦЕВ**

Промышленность движется вперед только благодаря изобретателям.

**О. Антонов**

Кроме законов развития технических систем, в основе ТРИЗ и ее прикладной части — АРИЗ (алгоритм решения изобретательских задач) лежат и другие фундаментальные понятия, имеющие большую эвристическую силу и играющие роль при решении технических задач.

Любую практическую деятельность человек начинает, имея представление о конечном результате. А как быть с творческими задачами? Ведь ответ заранее нам не известен — его необходимо найти; этот поиск и есть творческая работа. Однако в практике случается, что даже когда результат не известен, мы все же твердо знаем, каким он должен быть в идеале. Так, идеальный образ человека будущего позволяет построить систему правил его поведения и методику его воспитания.

Идеал постоянно присутствует в любой практической деятельности человека. Это может быть и реально существующая вещь — механизм либо представленный в сознании его образ. Что же может явиться идеальным конечным результатом технической системы, в которой возникла задача? И как его получить, не зная решения этой задачи?

Что такое идеальная машина? Ответ может быть один — это машина, которой нет, а ее работа выполняется. То есть действие и требуемый результат получаются

сами без усилий, затрачиваемых на приведение машины, ее частей и механизмов в рабочее состояние. Один из основных механизмов ТРИЗ — идеальный конечный результат (ИКР). Он, как маяк, освещает путь изобретателя от условия задачи к ее решению. При достижении ИКР задача решается полностью и больше не возникает.

Диалектика утверждает, что внутренний источник любого развития — в единстве и борьбе противоположностей (противоречий). Поскольку технические системы подчиняются законам диалектики, то и их развитие должно осуществляться посредством преодоления возникающих в них противоречий. В ТРИЗ различают три противоречия, составляющие иерархическую цепочку: административное противоречие (АП); техническое противоречие (ТП); физическое противоречие (ФП).

*Административное противоречие (АП)* — известно, что необходимо сделать, а как — неясно. Эта неясность маскируется перечислением возможных вариантов, что само по себе намного усложняет процесс решения задачи.

*Техническое противоречие (ТП)* отражает конфликт между двумя частями (свойствами) системы. Стандартная формулировка ТП составляется следующим образом: для того, чтобы (указать полезное свойство — или нужное, или вводимое), необходимо, чтобы (указать элемент системы) был (указать техническое свойство), а для того, чтобы (указать вводимое свойство — или вредное, или то, которое нужно устранить), элемент (указать второй элемент системы или тот, который необходимо ввести) должен быть (указать техническое свойство, при котором получим требуемый результат).

*Физическое противоречие (ФП)* отражает конфликт между противоречивыми физическими состояниями (свойствами) или взаимоисключающими физическими требованиями, предъявляемыми к одному элементу (или выделенной части этого элемента) системы.

С этими понятиями тесно связаны изобретательская ситуация (ИС), изобретательская задача (ИЗ), модель задачи (МЗ).

*Изобретательская ситуация (ИС)* — это, как правило, первичная формулировка технической задачи. В ней четко выражено АП, и оно содержит много лишней (а иногда и вредной для изобретателя) информации. В неявной форме содержится здесь множество ТП, и выбор одного из имеющейся группы равносильен переходу от ИС к ИЗ.

*Изобретательская задача (ИЗ)* содержит одно и более ТП. Ее формулировка перегружена специальными требованиями, терминами.

*Модель задачи (МЗ)* — четко сформулированное одно ТП, содержащее два (или один) элемента системы; специальные термины отсутствуют (рис. 4).

Выделение модели задачи в ТРИЗ, а также анализ патентного фонда привели к появлению одного из главных ее разделов — вепольного анализа. Общеизвестно, что взаимодействие между веществами, в том числе и элементами системы, происходит с помощью полей. Это механические, электрические, магнитные, тепловые, пнев-

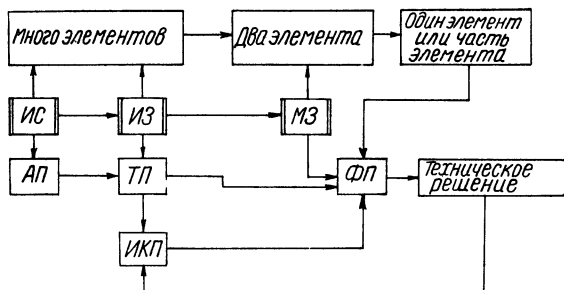


Рис. 4

матические и другие поля, с помощью которых возможно взаимодействие между элементами системы. Таким образом, минимально работоспособная техническая система содержит два вещества и одно поле, осуществляющее взаимодействие между ними. Модель такой системы назвали веполем, а систему правил для выявления исходной МЗ и ее преобразования — вепольным анализом (ВА). Веполь должен иметь, как минимум, две связи, объединяющие три элемента. Графическое изображение веполей получило название вепольных формул.

Решение задачи в вепольной форме выглядит следующим образом. В исходной системе имеется одно вещество, которое необходимо обнаруживать или на которое надо воздействовать —  $B_1$ . Для решения задачи необходимо перейти к системе (эта фраза обозначается двойной стрелкой) из двух веществ, добавив вещество  $B_2$  и поле ( $P_1'$ ), воздействующее на вещество  $B_2$ , которое и осуществит взаимодействие управления с веществом  $B_1$ , либо преобразует его в поле  $P_1''$ .

Рассмотрим работу основных идей ТРИЗ на примере

изобретений южноуральцев. Для анализа нами выбраны изобретения, сделанные с применением и без применения ТРИЗ. Первые принадлежат заслуженному изобретателю РСФСР инженеру-конструктору М. И. Шарапову (большая их часть внедрена на Магнитогорском металлургическом комбинате), а другие выполнены людьми, не знакомыми с теорией решения изобретательских задач.

Пример 1. Расплавленный доменный шлак сливают из домен в металлические ковши, установленные на железнодорожных платформах, и везут на шлакоперерабатывающие установки. По дороге шлак остывает (температура расплава 1000 °C), и на поверхности расплава образуется толстый слой твердой корки. Из-за этого существенно затрудняется слив жидкого шлака: приходится специальными устройствами пробивать отверстия в корке. Значительная его часть все равно не сливается, а затвердевает и идет в отходы; осложняется и очистка ковшей. Что делать? Прикрыть ковш крышкой? Потребуется механизм для того, чтобы открывать и закрывать ее,— это слишком сложно. Подогревать шлак? Опять-таки сложно. Изменить конструкцию ковша? Тогда придется менять весь ковшовый парк. Изменить устройство домны, приблизив шлакоперерабатывающие установки? Очень сложно. Как же рационально выйти из положения?

Если решать эту задачу методом проб и ошибок, то число возможных вариантов чрезвычайно велико. С позиции же ТРИЗ она решается легко и красиво.

Прежде всего, уточним саму задачу. Что именно менять: домну, шлакоперевозочное устройство, ковш, крышку ковша?.. Другими словами, требуется перейти от административного противоречия (АП) к одному конкретному техническому (ТП). Согласно ТРИЗ, прежде всего должна быть решена задача, отвечающая формуле: «то, что есть, минус недостатки». Решение ее гарантирует максимальную легкость внедрения и высокую эффективность: ничего не надо менять, все остается по-прежнему, и только недостатки исчезают. В дальнейшем можно будет рассмотреть решение задачи на изменение ковшей, и даже домен (внедрение потребует многих лет), а пока пусть работает «то, что есть, минус недостатки».

Итак, система — «платформа — ковш — шлак — внешняя среда (воздух над поверхностью шлака)», конфликтующая пара — «горячий шлак — холодная внешняя

среда». Модель задачи (МЗ), таким образом, не похожа на реальную техническую систему: нет платформы, нет даже ковша,— в пространстве висит расплавленный шлак и над ним — холодный воздух (потерями тепла через боковые стенки пренебрегаем). Используя это абстрагирование, модель можно применить к другой задаче.

Суть конфликта: холодный воздух «хочет», чтобы пара «горячий шлак — воздух» была холодной; горячий шлак «хочет», чтобы пара была горячей. По правилу 6 (см. прил. 1) АРИЗ, надо менять тот элемент системы, который является инструментом. В данном случае инструмент — воздух. Идеальный конечный результат (ИКР): воздух сам обеспечивает сохранение тепла в шлаке, не мешая свободному сливу шлака. Пропуская ряд шагов, которые рекомендуем проделать читателям самостоятельно, сформулируем физическое противоречие (ФП): зона внешней среды (воздуха), прилегающая к верхней поверхности шлака, должна состоять из вещества, чтобы не пропускать тепло, и одновременно не должна состоять из вещества, чтобы не мешать сливу шлака.

Ниже читатель узнает, как получить ответ по таблицам АРИЗ, но после определения ФП можно прийти к ответу и чисто логически. Итак, воздух хочет навязать выделенной зоне свои свойства, шлак — свои. Пусть зона состоит отчасти из воздуха, отчасти из шлака (пусть будут и те, и другие свойства). Смесь воздуха и шлака — пена. Застывшая пена — отличный теплоизолятор. Вместе с тем, пена — не помеха для слива шлака: жидкий шлак разрушит пену и выльется.

На такой анализ нужно не более 15—20 минут: выделить минимальную задачу («то, что есть, минус недостатки»), построить МЗ, сформулировать ИКР и ФП. Чтобы без помощи АРИЗ так четко сформулировать нужное решение, требуется затратить очень много усилий, так как здесь вступают в силу разного рода случайности, в том числе и личного характера (приходилось когда-то слышать или читать о подобной задаче). Они мешают, сбивают с четкого логического ритма. Успех в таком случае зависит от того, «осенило» ли изобретателя. А ведь АРИЗ годен для любых задач!

Решение, предложенное М. И. Шаратовым (авт. св. № 400621), полностью соответствует найденному нами решению. На поверхность налитого в ковш расплава подают воду — образуется пар, и поверхность покрывается пеной, обладающей низкой теплопроводностью. За-

трат практически никаких, а эффект высокий: прежде до 30% шлака оставалось в ковшах — теперь он сливается полностью.

АРИЗ включает и фонд основных приемов: имеется таблица, указывающая их в зависимости от типа технического противоречия (прил. 3).

В задаче о шлаке нужно предотвратить охлаждение. Для поиска решения подходит № 22 в Перечне параметров, которые надо улучшить («Уменьшение потерь энергии»). Известный путь — поставить крышку. При этом мы проиграем в удобстве эксплуатации (№ 33) и производительности (№ 39), поскольку появляется проблема, как открывать и закрывать крышку. Итак, два варианта ТП. В клетке 22—33 цифровой таблицы (прил. 3) имеем приемы: 35, 32, 1; в клетке 22—39 имеем приемы: 28, 10, 29, 35. Итого 7 приемов, но рассматривать все нет необходимости. Прием 35 повторяется дважды — с него и следует начать. Суть приема: «Изменение физико-химических параметров». В том числе изменение агрегатного состояния объекта (включая использование пены). Это дает основную идею ответа: шлак должен быть покрыт пористым веществом. Прием 29 (использование пневмоконструкции) на микроуровне тоже означает применение пены.

Особенно важен последний шаг шестой части АРИЗ: обобщение ответа с целью получения общей формулы для решения аналогичных задач в других областях техники.

В обобщенном виде ответ на задачу о шлаке звучит примерно так: «Если при контакте жидкости и газа возникает вредное явление, следует ввести прослойку из пены».

**Пример 2.** При рециркуляционной системе грануляции шлака образуется очень тонкая гидрошлаковая взвесь, обладающая сильными цементирующими свойствами. Оседая на стенки труб, арматуры, агрегатов и сооружений, она образует твердые цементные наслоения и выводит из строя всю систему грануляции шлака. Чтобы очистить воду, для одной грануляционной установки строят по несколько отстойников. Но мелкий шлак довольно быстро их забивает так сильно, что очистку приходится вести отбойными молотками.

Идеальный конечный результат (ИКР) задачи: рециркуляционная система **сама** устраняет цементацию, не препятствуя грануляции шлака. Изменяемым элемен-

том системы должен быть отстойник, поскольку он и предназначен для очистки системы от мелких частиц шлака. Таким образом, уточненная формулировка ИКР: отстойник **сам** устраняет цементацию, не препятствуя грануляции шлака и не цементируясь.

Однако в целом отстойник не может этого выполнить. Необходимо выделить его элемент. В исходной системе имеем три элемента: стенки отстойника, частицы шлака и поле сил трения, создающее цементирующий слой. Задача относится к типу 3, 18-му классу (см.: Альтшуллер Г. С. Изобретательство как точная наука.— Советское радио, 1979, с. 127). Как и в предыдущем случае, необходимо ввести третье вещество, являющееся видоизменением данных. Введем видоизмененный шлак. Мелкие частицы его имеются — введем крупные, гранулированный шлак, и заполним им весь отстойник. Мелкие частицы будут оседать на гранулированном шлаке, то есть последний **сам** очистит воду, устраняя цементацию и не препятствуя грануляции. М. И. Шаратов решил эту задачу по ТРИЗ и получил авторское свидетельство № 529899 «Рециркуляционная система для грануляции шлака». В нем предложено отстойник для воды заполнить гранулированным шлаком выше уровня воды. В результате отстойник стал работать как фильтр.

Через определенные промежутки времени фильтрующий слой шлака из отстойника удаляют, отгружая потребителю, а отстойник заполняют новым шлаком.

В решении задачи применен прием 33 — однородности (объекты, взаимодействующие с данным объектом, должны быть сделаны из того же материала или близкого ему по свойствам), а также прием 24 — принцип посредника (использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие). Применение двух приемов дает решение, помогает получить ответ более высокого уровня.

**Пример 3.** Подаваемый в доменную печь воздух нагревается в воздухонагревателях до 1200 °С и более, что снижает расход кокса на производство тонны чугуна. Но, проходя через водоохлаждаемые фурмы, воздух теряет долю тепла на нагрев воды в фурмах, что крайне нежелательно, так как теряется тепло и увеличивается расход топлива. Как быть?

Имеем систему из водоохлаждаемой фурмы и нагретого воздуха. Если не охлаждать фурму, не будет терять-



ся тепло, но фурма сгорит. Воздух — «деталь», его обрабатывает фурма — инструмент. Значит, надо менять фурму.

ИКР: фурма сама устраняет потери тепла, не разрушаясь от высокой температуры в печи.

Согласно правилам вепольного анализа, задача относится к 1-му типу (дан один элемент). Необходимо достроить ее модель (МЗ) до полного веполя. Задача представлена в виде одного элемента (фурмы) потому, что, согласно правилу 3 АРИЗ, необходимо удовлетворить главное требование в системе (устранить потери тепла на нагрев воды), то есть мы заранее берем фурму без воды. Теперь ее необходимо защитить от сгорания. (Следует заметить, что фурму можно и оставить с водой, потребовав, однако, условия — не нагреваться). Нам необходимо устранить вредные факторы, генерируемые самим объектом — № 31 таблицы (прил. 2), — либо уменьшить потери энергии — № 22. Если использовать обычные средства (увеличить изоляцию фурмы), то недопустимо ухудшаются вес, объем, площадь объекта — столбцы 2, 6, 7, 8. Пересечение в таблице строк и столбцов 31 — 2; 31 — 6; 31 — 7; 22 — 2; 22 — 6; 22 — 7; 22 — 8 дают соответственно приемы: 1, 22, 35, 39; 1, 22, 40; 2, 17, 40; 4, 18, 30, 35; 6, 9, 18, 19; 17, 18, 30, 7; 7, 18, 23, 7. Наиболее часто встречаются 22, 6, 7.

Прием 22 — «обратить вред в пользу» (использовать вредные факторы для получения положительного эффекта, устранить вредный фактор за счет сложения с другими вредными факторами), 6 — принцип универсальности (объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах, 7 — принцип «матрешки» (один объект размещен внутри другого, который, в свою очередь, находится внутри следующего и т. д.)). Каждый прием в отдельности применить не удастся, попытаемся использовать их сочетание, которое, как отмечалось в примере 2, дает ответ более высокого уровня. Вред от охлаждаемой фурмы не удастся обратить в пользу, — попытаемся обнаружить в доменной печи другой объект, также имеющий вредный фактор: может быть, объединение его с первым даст положительный эффект.

В доменную печь кроме воздуха подается природный газ с температурой минус 20 °С, что снижает температуру дутья. Если объединить два дутья в одну фурму, получим значительный выигрыш. В авторском свидетельстве

М. И. Шарапова № 142315 «Экранированная фурма доменной печи» предлагается перехватить тепло, передаваемое от дутья воде, и направить его в печь, а газом дополнительно охлаждать фурмы и воду в них. Конструктивно это выполнено следующим образом. Во внутренний канал фурмы вставлен жаропрочный экран, под который подается природный газ. Потери тепла с охлаждаемой водой полностью устранены. Повышена фактическая температура дутья в доменную печь, снижен расход кокса на производство тонны чугуна. Как видим, в изобретении использованы все три найденные нами приема.

При решении приведенных задач намеренно использовались ТРИЗ,— возможно, поэтому так ярко просматриваются в них элементы теории.

Рассмотрим несколько примеров, когда авторы не обращались к теории решения изобретательских задач, а пользовались традиционным методом «проб и ошибок», и проверим их с помощью ТРИЗ.

**Пример 1.** При очистке топлива от посторонних примесей (металлических включений) на тепловых электростанциях применяются магнитные железоотделители двух видов: рольганговые площадки, ролики которых выполнены из постоянных магнитов, и барабанные грохота с продольными колосниками, выполненными в виде роликов, образующих триерные ячейки. Первые установки не сортируют сыпучие материалы и имеют быстрый износ магнитных роликов, вторые не отделяют ферромагнитные предметы. Как быть?

**ИКР:** Устройство сортировки сыпучего материала **само** отделяет ферромагнитные включения, не препятствуя сепарации и не изнашивая магнитных отделителей.

Первый недостаток рольганговых отделителей (отсутствие сортировки сыпучих материалов) устраняется простым преобразованием рольганга в барабанный грохот. Но при этом остается основной его недостаток — быстрый износ магнитных отделителей.

Рассмотрим полученную после преобразования систему. Конфликт возникает между магнитными отделителями и ферромагнитными предметами.

**ТП:** Магнитные отделители способны сортировать сыпучий материал и способны удерживать ферромагнитные предметы, однако не способны отпускать их, выводя из потока материала.

Следует отметить, что удерживание извлеченных

предметов не только повышает износ, но и препятствует дальнейшей сепарации материала. Магнитный ролик является инструментом ( $B_1$ ), так как обрабатывает ферромагнитные предметы — деталь ( $B_2$ ). Инструмент ( $B_1$ ) создает магнитное поле ( $\Pi_{\text{маг.}}$ ), извлекающее, но и удерживающее  $B_2$  при дальнейшей сепарации. Таким образом, рабочий веполь в дальнейшем начинает мешать процессу, и к нему должно быть применено соответствующее правило ВА о разрушении мешающего веполя.

Сформулируем физическое противоречие (ФП): магнитный ролик (прут) должен быть магнитом, чтобы извлекать металлические предметы, и не должен быть магнитом, чтобы не удерживать их.

Такое ФП хорошо разрешается разделением противоречивых физических свойств (см. прил. 1, шаг. 4.1, примеры) во времени (прут то магнитный, то немагнитный), а также в пространстве (в зоне извлечения прут магнитный, а в зоне очистки — немагнитный). Решение можно получить, перейдя к электромагнитам. Однако это существенно усложнит установку. Воспользуемся таблицей приемов устранения ТП (прил. 3). Нам необходимо устранить вредные факторы, генерируемые самим объектом — № 31. Если применять известные способы (электромагниты), недопустимо увеличивается сложность устройства — столбец 36. На пересечении 31—36 имеем приемы 1, 19, 31. Согласно прил. 2, здесь нужно использовать принципы дробления, периодического действия и применение пористых материалов. Последний не дает очевидного решения, а первые предлагают выполнить прутья (систему прутьев) разборными. Если изготовить их из ферромагнитного материала и соединить между собой не магнитными кольцами, а расположить в торце полюса постоянного неподвижного магнита, то, попадая в зоны различных полюсов, прутья будут переманичиваться.

На аналогичное решение группе авторов из УралВТИ выдано авторское свидетельство № 689743.

**Пример 2.** Для очистки наружных поверхностей нагрева от зольных отложений при работе котельных агрегатов на высокосернистых мазутах применяется химическое рыхление (например, раствором хлористого магния). Однако эффективность этого метода низка из-за длительности обработки и большого расхода при-садки. Как быть?

ИКР: Отложения сами разрушаются при незначитель-

ных воздействиях. В исходной системе имеется мешающий веполь, и решение подобно предыдущему. Необходимо увеличить производительность — строка 39 таблицы устранения ТП. При этом недопустимо увеличивается потеря вещества — столбец 23, потеря энергии — 22, мощность — 21. Во всех случаях предложен прием 10 (принцип предварительного исполнения). Предлагается заранее нанести присадку. На это решение группой авторов из УралВТИ также получено авторское свидетельство (№ 705243).

**Пример 3.** Необходимо очищать поверхность нагрева от наружных отложений. Известны импульсные камеры — емкости с топливовоздушной смесью, которая периодически взрывается. Продукты взрыва и генерируемые при этом волны очищают поверхность. Мощность импульсов регулируется частотой взрывов при постоянном расходе смеси. При изменении же расхода необходимо либо перестраивать частоту импульсов, либо получать взрывы, отличающиеся от заданных по мощности. Известны также устройства импульсной очистки с воспламенением смеси при помощи искровых промежутков, заэкранированных сеткой Деви. Это обеспечивает автоколебательную организацию процесса. Положение искровых промежутков определяет объем смеси, а значит, и мощность импульса. Однако из-за технологических соображений оно фиксируется в установке, поэтому мощность импульсов не регулируется. Регулирование частоты импульсов возможно только за счет изменения скорости подачи смеси, а это связано с большими трудностями. Необходимо увеличить возможности устройства за счет расширения области регулирования частоты и мощности импульсов. Наиболее подходит для этих целей установка с искровым промежутком, который не отвечает дополнительным требованиям. Его и следует выбрать в качестве изменяемого элемента (инструмента).

**ИКР:** Ключ **сам** изменяет частоту подачи импульсов и их мощность. Чтобы замыкать цепь, ключ должен быть подвижным, а чтобы не замыкать — неподвижным. Однако его функция — не просто замыкать цепь, а только в нужный момент, когда будет необходимое количество смеси. Другими словами, ключ должен быть чувствительным к характеристикам смеси, основной из которых является температура. Ключ должен изменять время между соседними импульсами в зависимости от температуры смеси.

Сформулируем физическое противоречие (ФП): Ключ должен быть замкнут, чтобы подать импульс в момент, когда температура смеси достигла заданного уровня, и должен быть разомкнут, чтобы соблюдать интервал между импульсами, согласно температуре смеси.

В исходной системе имеем неполный веполю — два элемента: ключ ( $V_1$ ) и тепловое поле ( $P_{\text{теп}}$ ), причем поле переменное. Требуется достроить систему до полного веполя. Для этого необходимо добавить вещество  $V_2$  — такое, чтобы оно меняло свои характеристики в зависимости от температуры смеси, то есть под действием имеющегося теплового поля. Причем вещество  $V_2$  должно трансформировать тепловое поле в механическое, чтобы осуществить связь с  $V_1$ . Таким веществом, способным перемещаться под действием теплового поля, является биметалл. Если подвижной контакт ключа соединить с биметаллической пластинкой, помещенной в поток смеси, то момент замыкания будет зависеть от температуры подаваемой смеси. В момент замыкания ключа пластинка нагреется сгорающей смесью прогрева пластинки и температуры подаваемой смеси.

Предложенное устройство очень близко к ИКР: ключ сам изменяет частоту импульсов и их мощность в зависимости от температуры подаваемой смеси. Однако выявлено, что и другие характеристики топлива существенно влияют на оптимальную мощность взрыва и не могут быть учтены предлагаемым устройством. Связь между температурой подаваемой смеси и временем замыкания ключа оказалась достаточно жесткой и может быть нарушена лишь скоростью подачи смеси, а значит, и нарушением ее взрываемого объема. Таким образом, полученный веполю имеет две связи с  $V_2$  — хорошую и мешающую, которую необходимо устранить. Согласно правилу разрушения веполя, между тепловым полем и  $V_2$  необходимо ввести  $V_3$ , видоизмененный биметалл. Это и есть металлический экран, введенный между тепловым полем и биметаллической пластинкой. А чтобы иметь возможность регулировать нарушение связи между полем и пластинкой, экран должен быть подвижным. На это решение авторам из УралВТИ выдано авторское свидетельство № 754196.

Рассмотрим третью область, в которой действуют законы ТРИЗ, — сельскохозяйственное производство. Доктор технических наук Феликс Яковлевич Изаков (Челябинский институт механизации и электрификации

сельского хозяйства) имеет много изобретений в области обработки сельхозпродуктов с применением электрических полей. Сам переход от механических полей, применяемых при обработке продуктов, к полям электрическим в полной мере отвечает основному закону развития технических систем — переходу их с макро- на микроуровень, утверждающему, что система первоначально развивается на макроуровне, то есть работают «железки», а затем переходит на микроуровень, когда в качестве рабочих органов в системе используются микрочастицы, атомы, ионы и т. п. Эта закономерность хорошо прослеживается на примере технической системы для выемки грунта из траншей и котлованов. Первоначально ею была лопата, которая постепенно преобразовалась из штыковой в совковую. Затем появились различные приспособления в виде горизонтальной ручки и т. д. Потом стали применяться ковшовые экскаваторы, роторные земляные фрезы. И, наконец, за рытье траншей и котлованов принялся направленный взрыв, и рабочими органами системы стали уже не «железки», а молекулы и атомы газа. Подобный же переход осуществляется и в сельском хозяйстве при переработке продуктов растениеводства, да и во всех областях человеческой деятельности.

Пример 1. Очистка семян от сорняков, отличающихся свойствами поверхности и формой, производится на фрикционных семяочистительных машинах типа «горка», состоящих из бесконечного наклонного полотна, на которое подается смесь семян. Основной недостаток этих машин — низкая производительность, так как при высокой образуется семенной валик. Повысить производительность можно за счет увеличения угла наклона полотна. Однако при этом ухудшается качество разделения.

Согласно правилу 3 АРИЗ, если элемент системы может находиться в двух или более состояниях, необходимо принять то, при котором выполняется главное требование изобретательской задачи (ИЗ). В нашем случае необходимо увеличить производительность, значит угол наклона горки должен быть большим, но при этом ухудшается качество разделения. В этом и заключено техническое противоречие. По условию задачи, изменяемого элемента нет. Семена — природный элемент, а полотно, хотя и служит инструментом, но, как показали исследования, замена его не дает желаемых результатов. Таким образом, необходимо применить правило 7 АРИЗ и выбрать внешнюю среду (ВС).

ИКР: ВС сама прижимает семена, не позволяя им скатиться в один бункер, и не препятствует их разделению.

Рассмотрим исходную систему. Имеется культурный знак —  $V_1$  и сорняк —  $V_2$ , а также полотно —  $V_3$ . Между  $V_1$  и  $V_3$  или между  $V_2$  и  $V_3$  существует плохая связь. В исходной системе полный, но слабый веполь. Требуется усилить связь между одним из веществ и полотном, не изменяя ее в другой паре. Это (по Г. С. Альтшуллеру) третий тип задачи, класс 17-й. Предлагается ввести такое поле, которое по-разному бы действовало на вещества  $V_1$  и  $V_2$ .

Можно допустить, что у нас нет взаимодействия между  $V_3$  и одним из веществ. Предлагается использовать стандарт на решение изобретательских задач (если есть плохо управляемый веполь и нужно повысить его эффективность, причем замена элементов этого веполя не допустима, задача решается построением двойного веполя путем введения второго поля, хорошо поддающегося управлению). Таким полем является электрическое, создающее силы притяжения между семенами и заземленным полотном, причем различные для разных семян и сорняков. На это решение получено авторское свидетельство (№ 205417).

Пример 2. Зерно, попадая в поле коронного разряда в камерном промежутке между электродами, получает заряд и взаимодействует с внешним полем, вследствие чего при падении отклоняется от вертикали. Угол отклонения зависит от свойств зерна, напряжения на электродах и от других параметров машины; в частности, заряд, получаемый зерном, и силы, действующие на него, зависят от ориентировки зерен в межэлектродном промежутке. Чтобы увеличить качество разделения смеси, эти машины выполнены с большими межэлектродными промежутками, чтобы семена, получив заряд, успели сориентироваться и отклониться на максимально возможный угол. Но и в этом случае ориентировка зерен случайна, и в машине не используются электромагнитные силы, возникающие в системе и зависящие от ориентации семян. Как быть?

Как видно из условия задачи, в системе нет легко изменяемых элементов, поскольку изменение межэлектродного промежутка не дает желаемого результата. В качестве изменяемого элемента надо взять внешнюю среду, причем она должна быть внешней по отношению

к промежутку. В системе имеются силы, способные ориентировать семена, но для этого они должны получить заряд.

ИКР: ВС сама заряжает семена до их поступления в промежутки, не препятствуя разделению.

ФП: ВС должна быть, чтобы семена получили заряд, и не должна быть, чтобы не усложнять систему промежутка.

Такое противоречие легко разрешается путем разделения противоречивых свойств в пространстве. Пространство до промежутка заряжает семена, а в самом промежутке происходят их ориентирование и разделение. Выполним часть промежутка горизонтальным с той же системой коронирующих проводников. Тогда семена получат предварительный заряд, даже сориентируясь длинной осью вдоль поля. На это решение выдано авторское свидетельство № 411906. Идея предварительной зарядки семян и других частиц легла в основу многих устройств, улучшающих качество разделения смесей.

Во всех рассмотренных примерах возникновение изобретательской задачи (ИЗ) связано с появлением в системе технического противоречия (ТП). Однотипные ТП содержат одинаковые физические противоречия (ФП), которые разрешаются одними и теми же средствами. Таким образом, идеи ТРИЗ применимы в любых сферах деятельности человека и действуют независимо от того, знает их изобретатель или нет. Но знание ТРИЗ упрощает путь к решению задач, сокращает время и, как результат, ускоряет научно-технический прогресс общества.

Освоить ТРИЗ можно лишь практически применяя ее, решая большое количество учебных задач с помощью руководителя, хорошо знающего теорию их решения, либо самостоятельно, пользуясь соответствующей справочной литературой.

## 2. ИГРАЯ, ВХОДИМ В ПРОФЕССИЮ

Изобретать? Это так просто!  
Это так сложно!

Г. Альтов

С ранних лет проявляются способности детей к творческому труду. Это выявляется, главным образом, в играх. Взрослые не перестают удивляться детской фантазии, множеству маленьких и больших открытий,



сделанных детьми. Непосредственное, непредвзятое отношение к окружающему их яркому удивительному миру, раскованность, свобода выбора объекта внимания создают условия для творчества,— для действительных изобретений им пока еще не хватает знаний, опыта, умений и навыков умственного и предметного труда. Взрослые же, овладев этим, во многом теряют благодатную непосредственность восприятия мира и образность мышления; им часто мешают устоявшиеся представления, знания, опирающиеся на значительные авторитеты и ставшие догматическими. Посмотреть на мир глазами ребенка, лишенного предвзятости, иметь нетривиальный подход к решению, на первый взгляд, сложных технических трудностей им мешают многочисленные барьеры, взять которые дано не каждому даже очень настойчивому и терпеливому специалисту.

Поиску путей разрешения этого основного противоречия: с одной стороны, основы знаний, привычек, общепринятых концепций, подходов, инертности человеческой природы и т. д., и с другой, непосредственного, нетривиального, непредвзятого мышления — посвящено много исследований, специальных и общих методик. В сфере современного производства, технического творчества, где противоречия во многом сводятся к взаимодействию человека и техники, человека и машины, этим занимается новая и перспективная научная дисциплина — инженерная психология. Изучая объективные закономерности процессов информационного взаимодействия человека и техники, она имеет целью использовать знания об этапах, уровнях этого процесса в практике проектирования, создания и эксплуатации систем взаимодействия человека (с его многогранными и сложными психологическими особенностями и со все усложняющимися функциями, в том числе и интеллектуальными) и современных автоматических устройств управления и обработки информации.

Для инженерной психологии особо важно оперативное мышление: выявление проблемной ситуации и системы ее мысленных и практических преобразований. И все же всерьез о способности детей и подростков изобретать впервые заговорили лишь не более полутора десятков лет назад. Пробовать учить детей (в основном, подростков и юношей) приемам изобретательского творчества начали совсем недавно, с появлением достаточно цельной теории решения изобретательских задач и основанных на ней алгоритмов их решения (ТРИЗ и АРИЗ). Первые пробы, сделанные в Баку, Ленинграде, Москве, Челябинске и других крупных промышленных центрах страны, показали состоятельность такого подхода, хотя и изобиловали многочисленными трудностями технического и методического характера. Отмечалось, что учащиеся ПТУ показали больше склонностей к творчеству и способностей в обучении, чем взрослые и школьники старших классов средней школы (опыт обучения учащихся ПТУ-29 г. Баку). В Ленинграде был проведен в 1982 году большой эксперимент — обучение изобретательству по расширенной программе разного контингента: от учащихся школ, училищ, молодых рабочих до инженеров-изобретателей и ученых. Количество таких научно-технических центров растет, повышается методический уровень их работ.

Итак, идея обучения подростков изобретательству плодотворна. Но подростки — уже не дети, и у них в некоторой мере развились те самые психологические барьеры, которые мешают свободному творческому труду. Учет их, как и возрастных особенностей, всегда приносит удачу при обучении техническому творчеству.

В школе учителя не разрешают подсказывать на уроках. А в изобретательском деле подсказка — великая вещь: явившаяся вовремя, она помогает решить труднейшую задачу и даже техническое противоречие.

Момент, когда изобретатель как бы вдруг находит решение, принято называть интуицией. Это тот миг, к которому долгое время стремится изобретатель по пути творческого поиска, открытия нового знания; его наступление обусловлено тем, насколько кропотлив, настойчив, а сегодня, при наличии хороших методик изобретательства, и осознан этот поиск.

Как видим, для решения технических задач нужен кропотливый труд и хорошо организованные, подготовленные «случайности». Задача состоит в сокращении сроков и устранении ряда трудностей при поиске путей разрешения технических противоречий. А для этого надо организовать процесс творчества, опираясь на знание психологии, логики, диалектики развития технических систем. И здесь одной из самых главных трудностей является преодоление психологического барьера. Разработанная в нашей стране методика, включающая, в основном, алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) и опирающаяся на теорию их решения (ТРИЗ), во многом может быть использована не только инженерами, специалистами высокой профессиональной квалификации, но людьми юношеского возраста, имеющими общеобразовательную подготовку и, конечно же, учащимися ПТУ, которые, в отличие от школьников, с первого года обучения, в 15—16 лет, непосредственно связаны с новой техникой: знакомятся с ней на уроках спецтехнологии, осваивают ее на производственной практике, вначале в мастерских училища, а затем и в цехах предприятий; иногда они участвуют и в ее модернизации и «доводке». У опытных преподавателей методов изобретательства, обладающих высокой эрудицией, эмоциональностью, складываются, иной раз намеренно, игровые ситуации на занятиях: сущность методики ТРИЗ сама способствует этому, благодаря заложенным в ее шагах приемам, сбивающим инертность мышления, расторма-

живающим фантазию. Это позволяет бесконечно разнообразить направления поиска, и в то же время сужает его подсказками, продуманностью всей своей структуры.

Игра начинается сразу. Требуется назвать, например, противоречивые взаимодействующие предметы (ими могут быть и пустота, и воздух, и поле) неспециальными терминами: тянулка, рвалка, держалка, цеплялка и т. д. Манипулирование этими, малообязывающими названиями придает своеобразный «ребяческий», наигранный характер всем дальнейшим рассуждениям и формулировкам. Модель задачи, например, о необходимости прохождения минного трала через удерживающий мину трос, выглядит так: «тянулка» проходит через «цеплялку», не разрушая ее. Суть задачи отражена, но воображение не сковано излишними подробностями.

Вопросы специальных шагов, предназначенных для творческого фантазирования, находятся в таких местах алгоритма (АРИЗ), где как раз чаще всего возникает тупиковая ситуация; или мысль не может за что-то «зацепиться», или решения, напрашивающиеся от предыдущих шагов, крутятся возле чего-то одного, узкого, ограничивающего дальнейший поиск. Вопросы, предусматривающие уменьшение объекта до нуля, увеличение до бесконечности, растяжение или сжатие процессов, действие во времени, изменение их в пространстве, в стоимостном выражении, сформулированы так: «ничего не стоит», «стоит бесконечно дорого» и т. д. Они предоставляют педагогу широкое поле деятельности для создания с помощью игровых ситуаций творческой атмосферы, эмоционального подъема, а также способствуют возникновению идей, самых невероятных, самых неожиданных, даже кажущихся сумасбродными. И тогда преподаватель вправе ожидать от своих учеников решений, конкурирующих с изобретательством. Чередование инженерных задач с индивидуальными, контрольными (на занятиях) и домашними заданиями (с последующим их обсуждением, взаимным рецензированием), с «переменками», на которых решаются житейские, часто юмористические ситуации,— все это создает самую благоприятную обстановку, чтобы стимулировать творчество.

Интересные ходы к решению проблемы подсказывает алгоритм изобретения, хотя и не дает гарантии (ключа) его решения. О том, как используются системы ТРИЗ и АРИЗ на занятиях кружков и школ технического твор-

чества, об интересных и полезных изобретениях юных техников, учащихся средних школ и ПТУ Южного Урала, узнает читатель из дальнейших глав этой книги.

### Удивительные герконы

В последнее время все чаще стали появляться различные миниатюрные электронные устройства и приборы автоматики (электронно-вычислительные машины, различные радио-, телепередающие и приемные устройства и т. д.), снабженные герконами. Это мудреное, на первый взгляд, слово — всего лишь аббревиатура, составленная из первых слогов двух слов — *герметизированные контакты*. Они упрятаны в миниатюрную стеклянную герметичную ампулу, и каждый представляет собой плоский лепесток из магнитомягкого сплава. Свободные концы контактов внутри ампулы отстают друг от друга на расстояние 30—150 мкм.

Если к геркону приблизить магнит, контакты намагнитятся и притянутся друг к другу. Электрическая цепь, в которую включен геркон, будет замкнута. Когда управляющее магнитное поле уменьшится, контакты под действием сил упругости разомкнутся. Чтобы снизить их переходное сопротивление и предотвратить залипание, соприкасающиеся поверхности контактов покрывают благородными металлами или их сплавами. А чтобы при размыкании контактов уменьшить образующуюся между ними искру, стеклянную колбу заполняют чистым азотом или водородом.

Каковы преимущества герконов по сравнению с обычными механическими контактами, например, контактами электромагнитных реле? Прежде всего, большое сопротивление изоляции (не менее  $10^9$  Ом) и большой срок службы (до  $10^8$  срабатываний), а также малое электрическое сопротивление (0,05—0,2 Ом), широкий диапазон рабочих температур (от  $-6$  до  $+150$  °C), возможность коммутаций цепей с малыми токами и частотой до 100 Гц, малая величина потребляемой мощности и, конечно, миниатюрные размеры. Герконами можно управлять с помощью не только постоянного магнита, но и электромагнита.

Промышленность выпускает герконы с контактами замыкающими (КЭМ-2, КЭМ-1 и др.), размыкающими (МКВ-1) и переключающими (КЭМ-3).

Достоинства герконов позволяют использовать их в самых различных устройствах: триггерах, генераторах импульсов, вычислительных машинах и т. д. Они открывают широкие возможности для технического творчества и рационализаторства. Вот некоторые примеры их применения.

**Велоспидометр (рис. 5).** В качестве датчика скорости

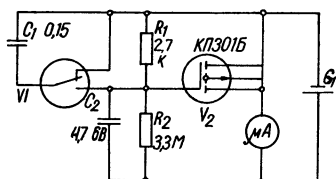


Рис. 5. Принципиальная схема велосипеда

используется геркон, который коммутируется укрепленным на колесе велосипеда небольшим постоянным магнитом от магнитной защелки. При вращении колеса конденсатор  $C_1$  периодически подключается к цепи затвора транзистора  $V_1$ , и на короткие промежутки времени резистор  $R_1$  оказывается замкнутым накоротко. Напряжение на конденсаторе  $C_2$  увеличивается — транзистор открывается, причем тем больше, чем чаще переключения геркона.

Таким образом, показание прибора  $МКА$  будет пропорциональным скорости велосипеда, ток покоя — менее  $1$  мкА, поэтому в выключателе питания нет никакой надобности. В спидометре использован прибор  $M476$  от бытовых магнитофонов.

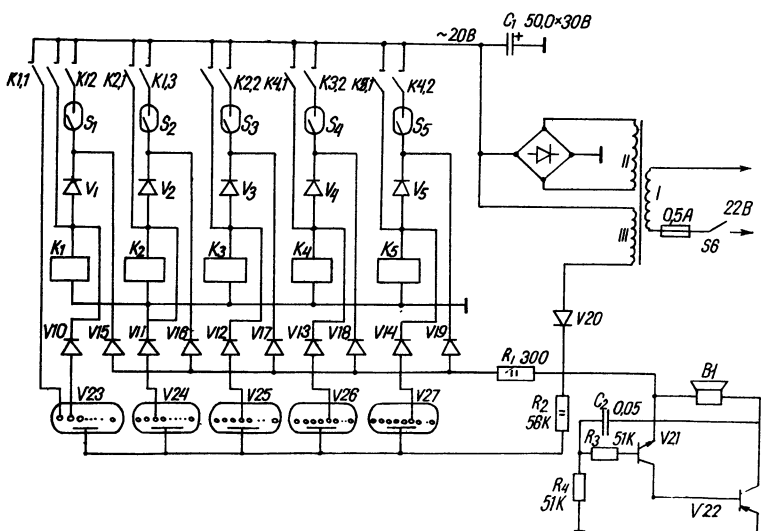


Рис. 6. Принципиальная схема тренажера-игры «Найди лису»

**Тренажер-игра «Найди лису»** (рис. 6). Научиться работать с картой, предугадать возможные варианты размещения «лис» поможет тренажер «Найди лису». Внутри его корпуса на подставках расположены 16 (можно и больше) герконов — по восемь на каждого играющего (спортсмена).

На верхней крышке лежат две карты, для каждого — по одной. На герконы воздействует поле постоянного магнита, укрепленного в основании фигурок «охотника» и «лис». Герконы расставляет тренер. Спортсмены же, передвигая фигурки «охотников», должны отыскать свои

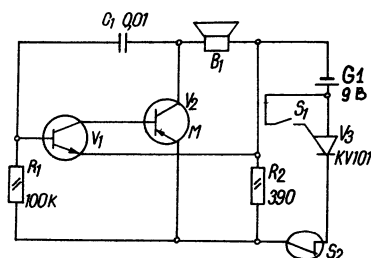


Рис. 7. Принципиальная схема «волшебной шкатулки»

герконы — «лисы». В момент обнаружения «лисы» включается тональный генератор, а световой индикатор (светодиод) показывает ее номер. Искать «лис» надо обязательно в порядке возрастания их номеров, в противном случае устройство не работает и сигнал об обнаружении «лисы» не будет дан.

Основу тренажера составляют RS-триггеры, соединенные между собой так, чтобы каждый последующий мог включиться только после предыдущего. Состояние триггеров индицируют светодиоды и тональный генератор.

При достижении одним из спортсменов финиша, схема его противника блокируется и у проигравшего нет возможности продолжать поиск «лис». Кнопка «сброс» служит для возврата триггеров в исходное состояние.

**Волшебная шкатулка** (рис. 7). Это небольшая коробка с тремя выключателями на верхней панели. Собравшись в кругу друзей, объясните, что шкатулка может «запеть», если разгадать ее «секрет» и установить ручки переключателей в определенное положение.

В подтверждение берете шкатулку и, манипулируя ручками, добиваетесь появления звука, а затем, вновь

манипулируя ручками, выключаете звук. После этого передайте шкатулку одному из зрителей и попросите его проделать то же самое. Переставляя ручки выключателей, он легко добивается звучания шкатулки, но выключить не удастся ни ему, ни любому другому. «Секрет» в том, что внутри шкатулки находится геркон, а на вашей руке спрятан (например, под ремешком часов) небольшой магнит. Теперь обратимся к принципиальной схеме шкатулки. На транзисторах V1 и V2 собран генератор. Его нагрузкой является динамическая головка В1, а питание он получает от батарейки С1 через тринистор УЗ, размыкающие контакты геркона S2 и контакты выключателя S1, расположенного вместе с двумя вспомогательными выключателями.

Как только при переключении ручек выключателей замкнутся контакты S1, тринистор УЗ откроется, и в головке В1 раздастся звук. Чтобы выключить генератор, нужно поднести магнит к геркону, и его контакты разомкнутся. Шкатулка перестанет звучать.

**Дискретный сигнализатор уровня** (рис. 8). Предлагается принципиально новое решение: датчик сигнализатора выполнен на герконах и представляет собой трубку из

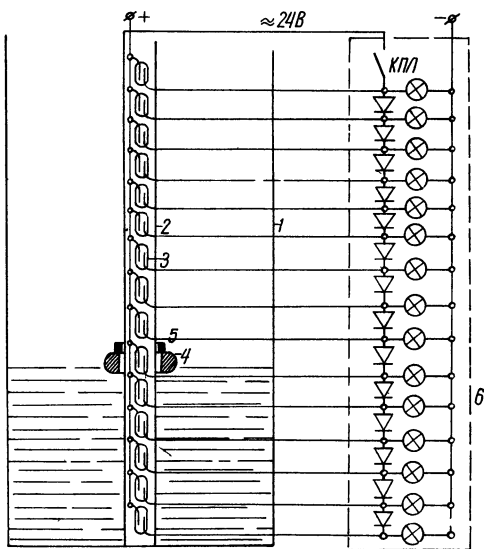


Рис. 8. Принципиальная схема дискретного сигнализатора уровня:

1 — аппарат; 2 — труба, 3 — герконы, 4 — поплавок;  
5 — магнит, 6 — штык сигнализации

магнитопроницаемого материала, в которую по всей ее длине (а она зависит от высоты аппарата) вставляются герконы, соединенные между собой по схеме.

К каждому из них присоединяется сигнализирующая лампочка накаливания.

На трубку снаружи помещаем кольцообразный поплавок, на котором находится постоянный магнит. Поднимаясь (или опускаясь) вместе с жидкостью в аппарате, магнит замыкает геркон, и загорается соответствующая лампочка, указывающая уровень жидкости в аппарате. Чтобы при его повышении загорались только те лампочки, которые расположены ниже уровня жидкости, применяются диоды.

При нажатии на кнопку КПЛ (кнопка проверки ламп) исправные лампы будут гореть.

**Уровнемер** (рис. 9). Датчик, как и у сигнализатора, выполнен на герконах. Но здесь к каждому из них присоединен резистор, сопротивление которого выбирается таким, чтобы оно соответствовало градуировке вторичного прибора. В качестве вторичного прибора могут служить логометр или автоматический электронный мост, шкала которого отградуирована в единицах уровня.

Номиналы сопротивления резисторов, кроме  $R_1$ .

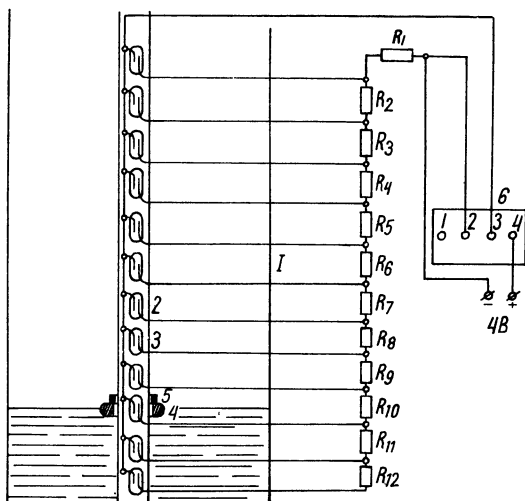


Рис. 9. Принципиальная схема уровнемера:  
1 — аппарат; 2 — труба; 3 — герконы; 4 — поплавок; 5 — магнит; 6 — вторичный прибор (логометр или мост)



подбираются такими, чтобы сумма их сопротивления соответствовала начальной отметке шкалы вторичного прибора (соответствует минимальному уровню).

Поднимаясь (или опускаясь) с жидкостью в аппарате, магнит на поплавке замыкает один из герконов и соответственно подключает или отключает сопротивления резисторов.

Этими примерами, конечно, не исчерпывается применение герконов. Попробуйте сами придумать конструкции, где быгодились столь интересные их свойства.

### 3. УЧАТСЯ ИЗОБРЕТАТЬ ШКОЛЬНИКИ

... Твори, выдумывай, пробуй!

В. Маяковский

Февральским воскресным днем 1982 г. у подъезда Челябинского политехнического института было особенно оживленно. Со всех концов большого города туда спешили школьники. Многие несли какие-то таинственные свертки, топорщившиеся в разные стороны. Встречал ребят старший инженер кафедры экономики машиностроения ЧПИ Е. Г. Щепетов, он же ведущий клуба «Рацио».

В большой аудитории на пятом этаже собрались на первый городской конкурс юных техников представители средних школ, клубов (КЮТ) и станций (СЮТ). Разбились на команды по районам города.

Первый тур — решение технических задач повышенной сложности. Команды, как на экзамене, получают набор из четырех задач: две конструкторских и две, требующие для решения необычного подхода, смекалки и знания основ естественных наук (конечно, в объеме школьной программы).

Командам предложено занять по одной свободной аудитории (в воскресенье их много). Творческие бригады вначале с трудом, а затем смелее и даже горячо, обсуждают с мелом в руках у доски, чертят на бумаге каждая свое решение. Присутствующие на конкурсе преподаватели, время от времени заглянув в эти своеобразные лаборатории, озадаченно переговариваются между собой: «Такую бы активность, да на уроках!...»

Пока участники предоставлены сами себе, их творческий потенциал — на высшем пределе. А в кулуарах

взрослые, приглашенные в качестве арбитров, и организаторы конкурса бурно обсуждают проблемы детского технического творчества. Здесь инженеры-разработчики новой техники и технологии современного производства с предприятий и из проектно-конструкторских бюро и организаций, методисты изобретательского труда, в том числе и те, кто ведет занятия с молодежью по методике решения инженерных задач, руководители технических кружков, секций, клубов, мастера и преподаватели из ПТУ. Тема разговора в перерыве, пока участники конкурса готовятся к «сражению», — судьба новой рубрики, открытой в областной молодежной газете «Комсомолец», — «Лаборатория «Патент». Ее материалы дают в доступной форме уроки изобретательского творчества. Последний выпуск посвящен знакомству с азами алгоритма решения изобретательских задач (АРИЗ). Сотрудник кафедры автоматики Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства Б. В. Шмаков, один из авторов, недоволен последней статьей. Не удалось учесть все решения, присланные юными читателями, и внести их в статью. Это всегда сложно: изменять текст под влиянием интересных вариантов, которые присылают ребята в редакцию, приходится вплоть до сдачи очередной статьи в набор. При этом нужно сохранить еще стиль рубрики — диалог лиц «компетентных» и «некомпетентных» («сотрудников Лаборатории») и в такой форме представить оригинальные и ошибочные решения, разнообразные инженерные ситуации, предложенные читателями. Непросто и автору рисунков Е. Киричкову, который считает необходимым оперативно использовать письма и ответы читателей, чтобы иллюстрации были выразительными и «стреляли».

...Истекло полчаса, сданы в арбитраж решения. Теперь уже началась напряженная работа для взрослых. Чтобы подвести итоги первого тура, необходимо по черновикам тщательно изучить ход мыслей юных изобретателей, представленные ими чертежи и рисунки, разглядеть в каждом решении рациональное зерно. А задачи нелегкие. Достаточно сказать, что все их контрольные решения подтверждены свидетельствами или патентами на изобретение.

На подведение итогов отпущено десять минут. Председательствующий комментирует особо интересные ответы, останавливается на отдельных неудачах. В общем, арбитры довольны: большинство команд вышло

на контрольное решение. Два решения получили повышенный балл: кроме выхода на контрольный ответ, их авторы нашли еще несколько своих, вполне приемлемых и оригинальных.

И в перерывах, при подведении итогов идет постоянный обмен информацией, мыслями, мнениями... Здесь нет равнодушных. Немаловажно, что взрослые не отгораживают себя от детей, а говорят с ними на равных, и школьники с благодарностью принимают это доверительно-серьезное, заинтересованное внимание умудренных опытом и знаниями специалистов разных отраслей наук и производства.

После небольшого перерыва — защита разработанных школьниками конструкций. Учащиеся Ленинского района защищают представленный на конкурс кондуктор для сверления корпусов плашек. Он и в самом деле выглядит солидно и привлекательно. Тем не менее оппоненты из Металлургического района засыпали конструкторов вопросами: «Почему корпус восьмигранный?», «Как добились параллельности граней многоугольника?», «Каким образом происходит смена деталей?», «Как они фиксируются?», «Почему корпус такой массивный?» Вопросы следовали один за другим и не все могли быть отпарированы, несмотря на старания слушателей и оппонентов.

Очень оригинально защищали кружковцы Дома пионеров свое решение подвески колес переднего моста багги. Они демонстрировали плакаты-схемы, раздали участникам конкурса фотографии для просмотра. Особенно отличились шестиклассники.

На конкурсе учащиеся продемонстрировали и эрудицию, и умение владеть общей и специальной терминологией, и способность отстаивать собственные решения, доказывать правильность выбора приемов конструирования. Многие показали и высокую графическую грамотность, пользуясь схемами, плакатами собственного изготовления, а также представив на конкурс описание технических характеристик своих моделей.

Надо сказать, что немало работ было выполнено по заказу производственных предприятий, и это придало конкурсу особую значимость, а в его участников вселило уверенность и сделало их причастными к заботам взрослых людей труда. Так, активисты технического творчества школы № 70 не только разработали несколько вариантов экономичных водопроводных кранов, но и сумели на-

ладить их небольшое производство с собственной технологией, которая требует таких операций, как литье, токарная обработка, сборка, отладка.

Но самое ценное в творчестве юных — умение мыслить не предвзято, использовать полученные в школе и на занятиях кружков знания физики, химии, математики, биологии. Это еще раз доказывает, что творческие начала в человеке требуют своего развития, начиная с самого раннего возраста будущего рабочего, инженера, ученого.

В этой связи представляет интерес опыт обучения техническому творчеству школьников в учебном цехе производственного объединения «Челябинский тракторный завод им. В. И. Ленина». Учащиеся 9-х классов осваивают приемы решения технических задач, учатся творчески мыслить, проявлять смекалку и сообразительность. Причем программа предусматривает возможность практического использования предложенных школьниками решений. В процессе обучения используют современные методики и разработки, достоинство которых в том, что они помогают развивать и активизировать целенаправленное мышление.

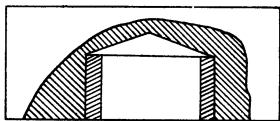


Рис. 10

Рассмотрим некоторые из учебных задач программы.

**Задача № 1.** Детали (заготовки) подаются к токарному станку в контейнере. Для того чтобы обработать деталь, рабочий должен наклониться, взять ее из контейнера, обработать на станке и, снова наклонившись, положить в другой контейнер. В течение смены обрабатываются сотни деталей, следовательно, рабочий наклоняется сотни раз, что снижает производительность. Как улучшить условия труда рабочего?

**Задача № 2.** При ремонте техники приходится изготавливать различные картонные прокладки и пробивать в них отверстия разных диаметров. Для этой цели обычно пользуются набором пробойников. Предлагается сконструировать универсальный пробойник, которым можно заменить сразу несколько обычных.

**Задача № 3.** На конце круглой стальной заготовки необходимо ставить метку. Прежде эту операцию выполняли керном и молотком, что было утомительно. Как можно выполнять эту операцию по-другому?

**Задача № 4.** Как выпрессовать втулку, запрессованную в деталь (рис. 10)?

**Задача № 5.** Имеется три металлических баллона для хранения кислорода. Первый (транспортный) заполнен газом под давлением 200 атм. Два других (рабочие) пусты. Емкость каждого равна половине емкости транспортного баллона. Найти простой и эффективный способ перевода кислорода из транспортного баллона в два других.

**Задача № 6.** Для поштучной выдачи заготовок из вертикаль-

ного питателя необходимо сконструировать устройство, используя возвратно-поступательное движение штока (рис. 11).

Задача № 7. Сконструировать самозакрывающуюся дверь, не используя при этом ни пружин, ни противовесов.

Задача № 8. Как закрепить концы троса при помощи одного болта и гайки?

Задача № 9. Предложить конструкцию машинных тисов для закрепления деталей различной конфигурации. Существующие машинные тисы с прямыми губками не обеспечивают надежного закрепления таких деталей.

Мы привели только 9 задач из 30, предусмотренных программой. Все они решены девятиклассниками с помощью типовых приемов: аналогии, объединения, деления и др. На занятиях используются плакаты, книги, методические наглядные пособия и образцы деталей, относящиеся непосредственно к задачам.

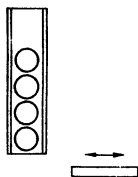


Рис. 11

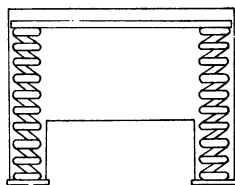


Рис. 12

В процессе обучения обсуждаются результаты экскурсий на завод, во время которых руководитель специально обращает внимание учащихся на тот объект, который в дальнейшем будет участвовать в задаче (задача базируется на конкретном объекте). Так, например, во время одной экскурсии было предложено переложить детали из одного контейнера в другой, копируя действия рабочего,— с той целью, чтобы при решении задачи точнее представлять себе ситуацию, в которой находится рабочий, и легче ориентироваться в решении.

Вот как выглядит запись хода занятия, на котором решалась задача о контейнере (П — преподаватель, У — учащиеся):

П.: Вначале формулируем вопрос задачи. Что мешает рабочему работать производительно?

У.: Условия труда.

П.: Имеется плакат, на котором хорошо видно рабочее место, станок, контейнеры.

У.: Надо поставить контейнер на подставку: его края должны быть на таком уровне, чтобы рабочий не наклонялся. Тогда условия труда улучшатся.

П.: Но тогда контейнер будет поднят над уровнем пола на 20 сантиметров. А как брать из него детали, когда их останется мало? А если рабочий (работница) невысокого роста?

У: Если увеличить высоту подставки, то рабочему придется вставать на носки, чтобы дотянуться до деталей,— он еще больше устанет. Надо сделать так, чтобы рабочий не наклонялся. Для этого необходимо, чтобы детали постоянно были на уровне бортов контейнера. По мере уменьшения их количества нижние детали должны перемещаться вверх. Детали сами не поднимутся — их нужно поднять вместе с дном. Но тогда дно придется отделить от контейнера и сделать подвижным, как весы, только вместо уравнивающего груза поставить под дно контейнера пружины (рис. 12).

Задача решена. Учащиеся самостоятельно вышли на контрольный ответ, решив ее методом «проб и ошибок», перебирая варианты. Рассмотрим решение этой же задачи при помощи специальной таблицы типовых приемов решения творческих задач (или приемов устранения технических противоречий в технических задачах). Эта таблица — составная часть алгоритма решения инженерных изобретательских задач (АРИЗ).

Запись занятия:

П.: Вами найдена взаимосвязь между двумя факторами: «удобство работы» и «производительность». Исходя из них, решите задачу по таблице (прил. 2, 3).

Дальше учащиеся работают самостоятельно. Находят в горизонтальном ряду таблицы запись: «удобство эксплуатации», графа 33 (графы «удобство работы» в таблице нет, потому ее заменили на имеющуюся).

Находят «производительность», — это соответствует вертикальной колонке 39. На пересечении ряда 33 и колонки 39 находят приемы 15, 1, 28. Обсудив их, выбрали прием 15б, как наиболее отвечающий контрольному решению: «разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга».

Так при помощи таблицы типовых приемов был найден ответ на задачу. Нетрудно убедиться, что оба ответа совпадают.

Задачу о трех баллонах учащиеся решали по АРИЗ. Один — у доски, остальные ему помогали. Вот что получилось в результате обсуждения. Задачу записали в виде своеобразной таблицы по шагам АРИЗ.

Логические операции	Ход размышлений	Дополнение преподавателя
<b>Первый шаг</b>		
Поставить задачу в общем виде	Найти простой и эффективный способ для перевода газа из одного баллона в два других	
<b>Второй шаг</b>		
Представить себе идеальный конечный результат (ИКР)	Газ полностью без применения компрессора (так сказать, самостоятельно) перешел из одного баллона в другие	Нужно представить именно идеальный результат. Благодаря этому, из всех мысленных направлений выясняется одно лучшее

Логические операции	Ход размышлений	Дополнение преподавателя
---------------------	-----------------	--------------------------

### Третий шаг

Определить, что мешает достижению этого результата

Газ не может сам по себе полностью перейти из одного баллона в другой.  
Основное свойство газа — занимать весь предоставленный ему объем. Поэтому при подсоединении рабочих баллонов газ расширяется, занимая все три баллона

Найденная формулировка — техническое противоречие: для перевода газа нужно транспортный баллон соединить с рабочим.  
Но при подсоединении баллонов общий объем увеличивается и, следовательно, давление снижается

### Четвертый шаг

Определить, почему мешает (почему газ расширяется)

Газ расширяется потому, что подсоединили пустые баллоны — дополнительный свободный объем

Найдена и причина противоречия: подсоединения пустых баллонов

### Пятый шаг

Определить, при каких условиях газ не расширялся бы (противоречие не мешало бы)

Только в том случае, если бы подсоединяемые баллоны не были пустыми

П.: Разберем, что получилось. От общей формулировки на первом шаге («Найти простой и эффективный способ перевода газа из одного баллона в два других») вы логически перешли к более конкретной формулировке и более конкретным условиям, которые следует изменить. На пятом шаге записали: «Газ не расширялся бы в том случае, если бы подсоединяемые баллоны не были пустыми». Какое решение напрашивается?

У.: Рабочие баллоны надо чем-то заполнить.

Наверное, другим газом. Нет, газом нельзя, он испортит кислород.

П.: Итак, газом заполнить нельзя, тогда чем?

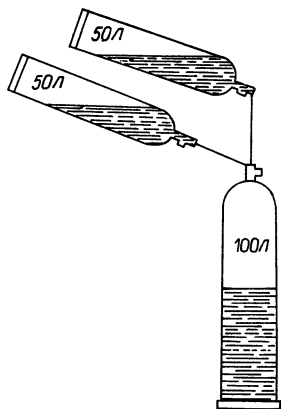
У.: Жидкостью, наверное, можно: она не сжимается и хорошо заполняет объем. На пятом шаге было определено, что надо заполнить подсоединяемые баллоны — значит, заполним их жидкостью. После этого, если подсоединить транспортный баллон, то находящийся в нем кислород вытеснит жидкость из обоих подсоединенных баллонов.

Далее учащиеся предложили поднять рабочие баллоны выше транспортного и наклонить, чтобы жидкость из рабочих баллонов начала перетекать в транспортный и вытеснила из него кислород. Это будет продолжаться, пока транспортный баллон полностью не заполнится жидкостью и весь кислород из него перейдет в рабочие баллоны (рис. 13).

Задачу о том, как наносить метки на торец стальной заготовки, учащиеся решали самостоятельно. Преподаватель только дополнил ее двумя замечаниями:

1. Если убрать молоток, как тогда можно нанести метку? (Несколько заготовок, керны, молотки розданы учащимся). Учащиеся пробуют наносить метку только керном, но выясняют, что ударять им неудобно, да и метки почти не видно.

2. Учащимся предложено применить какой-либо типовой прием из АРИЗ. Они нашли формулировку идеального конечного результата (ИКР): «Ударного инструмента (молотка) нет, а метка наносится». В результате поиска ИКР предлагается еще одна формулировка: «Объект (заготовка) сам (сама) себя клеймит».



Определяют, что можно применить типовой прием — «наоборот», т. е. заготовка сама себя ударяет по керну.

(Пробуют, получают хорошую метку). Закрепляют керн, поднимают заготовку на 25—30 см и опускают.

Идея решения задачи найдена.

Рис. 13

После этого сконструировали и изготовили простейшее учебное пособие (приспособление), которым наносили метку на торце заготовки, не используя молотка (рис. 14). Позже были внесены предложения о нанесении метки на прессе. Один учащийся предложил приспособление, аналогичное аппарату для пробивки даты на железнодорожных билетах (он видел этот аппарат в железнодорожной кассе). Отметим, кстати, что когда эту же задачу предложили группе молодых специалистов, ответы были почти однозначны: «Использовать для нанесения метки пневматический, механический или гидравлический пресс и другие механизированные способы». Это, конечно, верно. Однако учащиеся нашли простейшее решение, осуществление которого заняло не более одного часа и почти не требовало материальных затрат для внедрения (ответы на приведенные выше задачи № 2, 6, 7, 8, 9 даны в рисунках 15, 16, 17, 18, 19).

Обучение школьников современным методам решения



технических задач способствует развитию не только направленного мышления, но и практического творчества. Например: челябинцы Слава Семенов и Игорь Комаров (школы № 106 и 107) самостоятельно изготовили действующую развернутую схему телевизора, Игорь

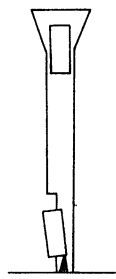


Рис. 14



Рис. 15

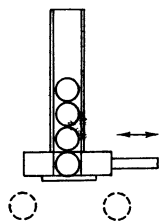


Рис. 16

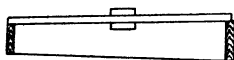


Рис. 17

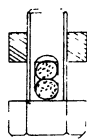


Рис. 18

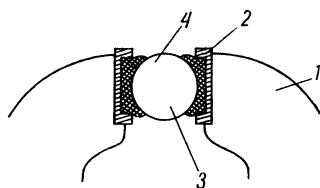


Рис. 19. Ответ к задаче № 9:  
1 — тисы, 2 — губки; 3 — деталь, 4 —  
эластичный материал

Давыдов и Витя Нестеров (школа № 112) — специальное приспособление для закрывания штор, и др. Обучение творчеству, готовящее с юных лет к будущей плодотворной трудовой деятельности, в настоящее время, когда все более широко осуществляется школьная реформа, приобретает особую актуальность и важное государственное значение.

---

### III

## ПАРОЛЬ В ЗАВТРА

В этом разделе пойдет речь об обучении изобретательскому делу. Постоянно обращаться к практике, к лабораторным работам, эксперименту просто необходимо, чтобы сформировать техническое мышление. Но успех решения технических задач во многом зависит от того, как сочетаются в деятельности человека теория и практика, точность приобретенных знаний, определяющая их качество, и конкретность, действенность этих знаний, иначе говоря, технический интеллект, «сплав» мысли и действия (в широком смысле слова) в их взаимной зависимости и взаимных переходах. До последнего времени интеллектуальное мышление связывалось только с понятием интеллигенции как социальной группы, состоящей из людей, профессионально занятых умственным трудом. Сегодня уже речь идет и об интеллектуализации труда рабочего, в связи с интенсивным развитием производства и переходом промышленности на автоматизированные и автоматические рельсы. Такое направление продиктовано экономической политикой партии и правительства на ближайшие годы и на перспективу.

Воспитание профессионального мышления через организацию практической деятельности способствует формированию и развитию таких качеств, как умение оперативно решать возникающие задачи, рационально планировать и организовывать свой труд, быть наблюдательным, бдительным, внимательным, готовым своевременно воспринять поступающую информацию, находить из всех возможных наиболее оптимальное решение и своевременно его реализовать. В то же время применение знания

не означает только его использование,— это и обогащение, уточнение его, проверка действенности, полноты, истинности, конкретности. Как видим, интеллектуализация труда неизбежно требует высокого качества знаний, и с помощью прогрессивных педагогических приемов эта цель достигается: у будущих изобретателей формируются интеллектуальные умения профессиональной деятельности, часть которых присуща многим перспективным рабочим профессиям. Это планирование, наблюдение и контроль не только за результатом, но и за процессом работы, умение оперировать технической наглядностью, создавая на ее основе аналогичные образы и используя в процессе решения производственно-технических задач, умение самостоятельно «добывать» знания, обновлять и пополнять их в случае необходимости, применять в конкретных производственных условиях, организовывать свой труд. В любом виде деятельности (игра, учение, труд) они обязательно присутствуют, но их общепсихологическая природа в рамках каждой профессии выступает в своих специфических чертах. Попробуем проследить этот процесс на примере таких перспективных профессий, как *слесарь-наладчик контрольно-измерительных приборов и автоматики и наладчик электронной техники и ЭВМ*. В условиях высокой автоматизации производства наладка и ремонт контролирующей и регулирующей техники, а также многообразной вспомогательной аппаратуры возникают тогда, когда по тем или иным причинам нарушается работа автоматической системы контроля и управления, регулирования — при нормальной ее работе вмешательство рабочего сводится лишь к смене диаграмм, наладке регистрации и выполнению планово-предупредительных работ. Они-то и являются определяющими: ведь важно не только своевременно заметить неполадки, но и предупредить их.

Современный высококвалифицированный рабочий, обслуживающий контрольно-измерительные приборы, наряду со сложными действиями, требующими предельной концентрации умственных усилий, производит множество простых: перенос, монтаж и демонтаж приборов, их установку и подключение, протяжку контрольных электрических цепей, продувку, опрессовку и монтаж импульсных линий и, наконец, обслуживание многообразного (до 300—400 на каждого рабочего) парка приборных средств.

Даже неполный перечень работ «киповца» свидетель-

ствуется о том, что ему необходимо владеть многими именно интеллектуальными умениями.

Каковы же они?

Первым можно назвать умение планировать, то есть предвидеть результаты своего труда и в соответствии с этим строить программу конкретных действий. Она сложна, эта программа, так как рабочему приходится выбирать из многочисленных задач по контролю, проверке, испытанию приборов наиболее важные, актуальные («сиюминутные» и на перспективу), уметь дифференцировать их. Даже профилактический ремонт приборов требует строгой последовательности действий, то есть предполагает планирование. Эта задача усложняется, когда приходится осваивать новую технику и, тем более, модернизировать ее на основе новаторских разработок. В этом случае умения, которые стали навыками, уже нельзя применить. Создается новое умение, опирающееся на прежнее и дополнительные знания о новом приборе (оборудовании).

Второе профессионально значимое умение,— это умение наблюдать. Оно нужно специалистам различных профессий, а тем, кто имеет дело с автоматикой, просто необходимо: ведь особенностью автоматизации является ввод в управление производством большого числа знаковых аналогов. Нагляднее всего это проявляется в металлургии, где высокая температура в печах и пары подогретого газа не позволяют контролировать процессы непосредственно, чтобы не повредить здоровью человека, работающего на агрегатах. Кроме того, в подобных условиях невозможно точно определять постоянно изменяющиеся технологические параметры, такие, как температура, давление, расход сырья и материалов, и т. д.

Рабочий, настраивающий автоматику управления реальным агрегатом, пользуется знаковой информацией и оперирует модельными представлениями о его работе.

Операции, связанные с электрическим током, также предполагают использование образов-схем и контроль собственных действий с помощью специальных приборов. При чтении схем знаковая информация приобретает особое значение. Немаловажно и умение считывать показания со шкал и измерителей разных конструкций. Чтобы ими овладеть, нужны прочные знания о погрешностях приборов, классах их точности. Много значит также умение точно определить положение указателя,

«чувствовать» цену деления шкалы измерительного прибора.

Умение наблюдать включает и способность анализировать техническую документацию, читать сложные электрические, пневматические, кинематические схемы, соотносить полученную информацию с данными работающего оборудования, обнаруживать неполадки и устранять их причины, выбирать оптимальные меры по их устранению. Приходится следить за множеством поступающих сигналов и уметь определить главный. Избирательность восприятия — отличительный признак наблюдения.

Из сказанного выше можно выделить и еще одно интеллектуальное умение — создавать образы и оперировать ими, создавать на основе опосредованной информации адекватные образы, свободно переходить при считывании информации от одной знаковой системы к другой, «перекодировать» поступающую информацию. Здесь требуется гибкость, оперативность, динамизм. Они формируются, благодаря очень важному интеллектуальному умению — самостоятельно пополнять знания, ориентироваться в большом потоке информации. Для этого нужны настойчивость, упорство, вера в необходимость выполняемого тобой трудового процесса, в свои способности и силы, опирающиеся на действенность приобретенных знаний. На воспитание этого умения у будущих рабочих-новаторов производства нацеливает новая реформа общеобразовательной и профессиональной школы, ибо современный рабочий — это творец, сочетающий в себе труд рабочего-интеллигента и рабочего, обладающего многообразными трудовыми навыками для выполнения любой операции на смежных по технологии участках производства, способного переходить от одного вида деятельности к другому в соответствии с быстро меняющимися условиями и потребностями производства.

## 1. ТВОРЧЕСТВО В РАБОЧЕЙ ПРОФЕССИИ

Что бы ни попало в мои руки — машинка ли для взбивания яиц или электромотор, — я прежде всего думал о том, как это усовершенствовать.

Томас Алва Эдисон

«Творчество в моей профессии» — так назван новый экспериментальный учебный курс, введенный в профтехучилищах Российской Федерации. Его появление связано

с настоятельной необходимостью подготовки новых рабочих кадров, обладающих развитыми творческими задатками, способностями осваивать и созидать новое, в первую очередь, в своей профессии. Попытки приобщить подростков к рационализации предпринимались и раньше. Во многих училищах, например, Челябинской области более 8 лет идут занятия в школах молодого рационализатора, программы которых рекомендованы ВОИР (30 часов) и объединенным советом ВОИР ПТО Челябинской области (16 часов). Кроме этого, во многих училищах организованы сокращенные шестичасовые «школы», которые проводятся на уроках спецтехнологии, в основном, с целью привлечения к рационализаторской деятельности и знакомства с основными положениями законодательства, порядком оформления рационализаторских предложений, в редких случаях — изобретений.

Особенности подросткового возраста, специализация в ПТУ, перестройка большинства училищ на получение учащимися одновременно со специальным и среднего образования, — все это потребовало новых форм, путей и средств приобщения подростков к творческому техническому поиску, к рационализации и изобретательству. И здесь на помощь учителям, мастерам производственной практики пришло одно из главных качеств творческой личности, свойственное изобретателям, творцам нового, и... детям, — любознательность.

Получая знания на уроках, учащиеся, каждый для себя, открывают новое. Особенно ярко это проявляется при проблемном обучении, когда, опираясь только на имеющиеся знания и результаты эксперимента, нужно решить задачу, ранее не встречавшуюся. Это своего рода личные микроизобретения, открытия, но процесс, сопутствующий им, является своеобразной подготовкой к подлинному изобретательству. Получая продукт (результат), обладающий субъективной новизной, учащиеся тем самым удовлетворяют свою любознательность, в связи с этим появляется возможность при обучении творческому труду использовать решенные технические производственные задачи. Ответы не известны учащимся, и потому их деятельность становится творческой. Важно то, что, проходя таким образом основные этапы творческого поиска — поиска идей решения конструирования, — учащиеся приобретают высокие интеллектуальные навыки: умение наблюдать, систематизировать, планировать предстоящую работу, в немалой мере предвидеть результат

своей поисковой деятельности, давать оценку полученному результату, осуществлять контроль и самоконтроль.

Техническое творчество учащихся во многом концентрируется вокруг кружковой работы. Добровольный труд, не требующий обязательного 45-минутного напряжения, открывающий возможность пробовать свои силы в разнообразном направлении, непринужденная, товарищеская обстановка в небольшом коллективе единомышленников, энтузиастов техники, возможность общения с руководителем-наставником — все это неоспоримые преимущества технического кружка.

Тесное общение кружковцев с руководителем позволяет рассматривать самые неожиданные и даже случайные темы и примеры, но обязательно наглядные и понятные от начала до конца, чтобы слушатель мог их мысленно воспроизвести или предложить свой вариант.

В этих условиях к руководителю кружка предъявляются особо строгие требования. Ему недостаточно глубоких знаний в какой-либо одной конкретной отрасли, хотя и это немаловажно. Но важнее политехническая эрудиция, острое чувство нового, способность побуждать учеников к непрестанному поиску и самому непрестанно искать, и не только технические, но в неменьшей степени и педагогические, психологические подходы к решению ответственных задач воспитания творческого отношения к труду, а значит, и высокой ответственности за его конечные результаты. И все же, не отрицая необходимости кружковой работы по технике в системе профтехобразования, идут опыты, ставятся эксперименты, с целью достичь большей массовости технического творчества, широкого внедрения лучших методик и отдельных приемов обучения техническому творчеству на уроке.

В немалой мере гордятся челябинцы тем, что стояли у истоков организации нового учебного курса, призванного готовить новаторов производства. Использование проблемных ситуаций в проектировании новых приборов для проверки, настройки элементов автоматических систем, применение для этого отдельных эвристических приемов, методов «мозгового штурма» и «синектики» с обсуждением задач на смекалку и воображение, фантазию,— все это служит содержанием кружковых, а также учебных занятий с 1966 года. Далее начали понемногу предлагать учащимся отдельные приемы алгоритмизации

изобретательского творчества (термин, строго говоря, не соответствует его психологической направленности). Несмотря на некоторые успехи (большинство кружковцев стали новаторами производства, авторами десятков внедренных рационализаторских предложений), все же оставалась проблема массовости, разработки методики новых форм развития творческих задатков, формирования интеллектуальных умений творческой профессиональной направленности. В то время о специальных средствах никто не думал — считали, что уровень технических работ вполне достаточен и для ПТУ, и для базового предприятия.

С введением небольшого факультативного курса (16 часов) по изучению эвристических методов в изобретательском труде в отдельных учебных группах был проведен эксперимент, цель которого — вовлечение в рационализаторскую работу большинства учащихся. В конце учебного курса они получили технические задания рационализаторского уровня, комплектовались в звенья по 2—3 человека и в качестве спецзаданий к выпускным работам разрабатывали новаторские производственные задачи (или приобщались к разработке), выполняли эти конструкции и защищали на государственных квалификационных экзаменах.

Первый опыт успехов и неудач явился отправным моментом для создания нового курса — «Творчество в моей профессии». Цель его достаточно многопланова. Это и ознакомление с потенциальными возможностями будущей профессии, и изучение основ современных методов поиска новых технических решений, и приобщение к основным пока еще не решенным на базовом предприятии производственным задачам, и, наконец, формирование навыков решения технических задач по АРИЗ. Кроме того, новый учебный курс помогает в развитии любознательности и творческих способностей, технической сообразительности, стимулирует трудовую активность, приобщает к рационализаторской, изобретательской деятельности по тематике отрасли промышленности, базового предприятия, училища. Он призван учить самостоятельности в поиске, формулировке, уточнении задач, умению выявить техническое противоречие, фантазировать, в том числе формулировать идеальное конструкторское решение. Итоги первых трех лет ведения нового предмета в 50 учебных группах показали обнадеживающие результаты. Целенаправленное обучение



в рамках специфики профессии и актуальных технических задач базового предприятия очень плодотворно влияет на качество труда молодых рабочих. Но оно же создает и трудности, главная из которых — в создании какого-то общего для всех профессий учебного пособия. Но эта трудность методического порядка может быть преодолена благодаря универсальности используемой в обучении теории изобретательства (ТРИЗ).

Заслуживает внимания опыт Челябинского СГПТУ-37, где использовались самые разнообразные приемы и методы обучения по курсу «Творчество в моей профессии». В некоторых группах первое занятие начиналось со знакомства с рацпредложениями, внедренными в училище. Для этого занимались в той аудитории, где такие новшества используются. Их демонстрация, рассказ о людях, которые придумали, изготовили, внедрили новые конструкции, вызвали первый интерес к предмету, пробудили первую, еще неосознанную мечту создать самому что-либо оригинальное и полезное. Нельзя было не заметить и другую реакцию, особенно девушек, — некоторую отчужденность, даже испуг перед непонятной сложностью отдельных творческих работ их предшественников. В соответствии с контингентом учащихся и выбирал преподаватель тему следующего разговора, подключая всех к посильной деятельности, в то же время стимулирующей и более подготовленных учащихся.

Один из разделов программы — развитие воображения. Группе была предложена задача о новом оригинальном устройстве — способе затемнения окон. Решение перед этим нескольких задач на смекалку «растормозило» учащихся, посыпались предложения. Кроме известных растяжек с помощью троса, наматывающегося валика с электроприводом, были предложены и такие оригинальные, как заполнение проема окна дымом, светофильтрующей жидкостью, гармошкообразные раздвижные ширмы, поворачивающиеся под углом к свету, полуотражающие стекла окон и т. д. Преподаватель направлял ход отдельных рассуждений, но так умело, что учащимся казалось, будто это их собственное решение.

Немало поступило предложений и по рациональному использованию обычного мела. Самым простым и доступным оказалось покрытие его тонким слоем нитрокраски. Оно было тут же и осуществлено. Мел высыхал очень быстро, при пользовании не осыпался, а по мере истирания тонкое, удерживающее пыль покрытие опадало

безпыльной пленкой, не пачкая рук.

Решение таких практически важных и доступных пониманию задач придало ребятам уверенности, еще более повысило интерес к занятиям.

Помогло преподавателю и то, что он использовал свой личный опыт и опыт своих бывших воспитанников. И, конечно же, неоценимую помощь оказали встречи с рационализаторами и изобретателями.

Когда активный рационализатор и изобретатель лаборатории тепловой автоматики Челябинского металлургического комбината Б. С. Якимов принес на занятия блоки логических схем и объяснил техническую ситуацию смены ячеек, то сразу же по объявлении своеобразного конкурса учащиеся предложили около десятка вариантов разрешения задачи. Три из них оказались вполне приемлемыми, одно повторяло предложение заводского новатора, а еще одно даже несколько улучшало его.

Очень интересно прошла встреча с руководителем лаборатории автоматических систем управления технологическими процессами кандидатом технических наук А. Б. Олевским. Учащиеся, уже видевшие во время экскурсии на комбинат разнообразную автоматическую аппаратуру, были поражены, заметив на столе новое «чудо» — пишущую машинку без машинистки. Рассказ Александра Борисовича поразил ребят значимостью изобретательских разработок сотрудников лаборатории. Их поиски находятся на грани того рубежа, за которым начинается техника будущего. А они, совсем еще молодые инженеры, ученые, рабочие, делают ее уже сегодня. Технические проблемы, которые им приходится решать, лежат не на поверхности, а способы решения не имеют зарубежных аналогов. Молодые энтузиасты технического творчества ставят задачи огромной государственной важности.

Главное направление их поисков и находок — совершенствование прокатных станов. Прокатное же производство занимает в металлургической промышленности все больший объем, потому что с увеличением ассортимента проката экономится много металла, идущего на изготовление машин, механизмов, строительно-монтажных конструкций. Но пока еще много издержек в технологии прокатки. Заготовка в методической нагревательной печи, как ни продумана ее конструкция, прогревается по длине неравномерно — на концах несколько меньше, чем в середине, и от этого металл «ведет»,

он изгибается, а в отдельных случаях и расслаивается. Чтобы не случилось аварии при прохождении его через прокатную клеть, бракованную часть металла рубят на куски и отправляют в металлолом. Сократить этот брак — задача нелегкая. Для ее решения изучаются десятки известных отечественных и зарубежных изобретений. Идет поиск совершенно нового метода управления ножницами, создаются следящие системы, основанные на использовании интегральных микросхем, — для расчета сложнейших взаимоотношений скорости резки концов «упрямых» заготовок с регулированием скорости прокатки на всей цепи, без перенастройки клетей на часто меняющуюся марку стали. Разработанные и находящиеся еще на стадии эксперимента машины и устройства в каждую единицу времени высчитывают и определяют наиболее целесообразный режим работы всех агрегатов, входящих в сложную технологическую цепочку прокатки.

Экономия каждой тысячи тонн металла, уходящего в брак, дает денежную экономию порядка 100 тысяч рублей. Нетрудно представить себе, сколь велика такая «добавка» в масштабе всего народного хозяйства нашей страны.

Курс «Творчество в моей профессии» предполагает также широкое знакомство учащихся с творческими биографиями знаменитых физиков и самодеятельных изобретателей прошлого.

На занятиях по техническому творчеству преподаватели используют метод вепольного анализа. Задачи, связанные с достройкой простейшего веполя, доступны любому учащемуся, знакомому со школьной программой по физике. Легко решив несколько задач, подростки уверенно овладевают методикой. Как-то им было предложено решить задачу на просверливание множества точных отверстий в бесконечно длинном шланге. Как и следовало ожидать, начали с тривиального предложения использовать для этой цели палку, но забыли о такой «мелочи», как ограниченность ее длины. И тут преподаватель рассказал им о построении простейшего веполя: вещество 1 — поле — вещество 2. С его помощью нашли известный вариант решения: заполнение шланга водой и ее замораживание (возможно только на участке производства отверстий). Тут же была поставлена следующая проблема: как устранить необходимость хладагрегата, то есть найти совершенно иное техническое реше-

ние? В вепольной форме следовало подобрать другое взаимодействующее поле (не тепловое) и в соответствии с ним — другое вспомогательное вещество (как видно, не воду). После непродолжительных колебаний заменили в веполе вещество 2 на магнитный раствор, а тепловое поле соответственно на магнитное. Нашли новое техническое решение на уровне изобретения, для подтверждения которого необходимо обосновать его преимущества, в том числе экономическую целесообразность. К такому решению пришли сразу несколько человек, и это убедило их в действенности одного из законов вепольного анализа. Решив еще ряд задач по отдельным приемам: способ «наоборот», «матрешки», «превратить вредное явление в полезное» и др. (учащимся предварительно были розданы для ознакомления микроплакаты, освещающие 40 таких приемов), они убедились в том, что достаточно твердо знают приемы изобретательства. Дальнейшее рассмотрение вепольного анализа уже не представлялось им чем-то недоступным, сложным, и они проявили достаточно терпения, чтобы продолжить его изучение. Правда, та часть вепольного анализа, где необходимо использовать дополнительные, не знакомые пока еще приемы, требует подготовки: решения задач с использованием основных из имеющихся 40 приемов, чередования их с решением практических задач по темнику училища и базового предприятия и т. п. Часть ранее решенных на производстве задач тоже может быть использована в качестве тренировочных. Для этих целей создается в каждой группе фонд таких задач, который тематически подобран так, чтобы помочь усвоению системы приемов решения.

Отдельные занятия посвящаются опробованию методов «синектики», «мозгового штурма» и других неалгоритмических методов и приемов. Только после такого опробования можно приступать к изучению структуры АРИЗ.

Первое знакомство с АРИЗ начинается с решения «трудных» задач с помощью первых алгоритмических шагов, а затем уже с помощью таблицы (см. приложения). Следует сказать, что лучше всего ориентируются в методических приемах изобретательства те учащиеся, которые имеют хоть малый опыт конструкторской работы. Правда, они часто пытаются «догадываться» об ответе, предлагают конструктивные, но не оптимальные варианты решения технических противоречий. Но все же их

практический опыт, активность способствуют созданию творческого микроклимата в учебной группе, а это — основа успеха в обучении техническому творчеству. Немаловажно для формирования творческих навыков и умение реализовать найденные решения в конструкцию — конструирование молодому рабочему столь же необходимо, как и профессиональное мастерство.

В последние годы, не ограничиваясь кружковыми занятиями по конструированию, в Челябинском СГПТУ-37, о котором идет рассказ, созданы и используются средства и условия для конструирования на уроках. Именно сочетание конструирования с занятиями по курсу «Творчество в моей профессии» углубляет учебный изобретательский процесс.

Создание самими учащимися разнообразных технических средств обучения: лабораторных приборов и стендов-тренажеров для испытания элементов приборов и их отдельных блоков, их опробование и использование на уроках — процесс непрерывный и все усложняющийся. Вначале это были небольшие наборы из элементов автоматики — конструкторы для старшеклассников, имеющие в продаже, — а затем специализированные конструкторы для учебных целей. Одна из последних моделей — специализированный конструктор промышленной автоматики (СКПА-3). Важной его особенностью является универсальность и возможность формирования основных профессиональных творческих умений.

С помощью СКПА-3 выполняется целый ряд ЛКР — лабораторно-конструкторских работ (рис. 27—40).

Рассмотрим подробнее, как это делается, на примере Руководства к лабораторной работе «Сборка автоматического устройства, измеряющего давление» (на дифференциально-трансформаторных преобразователях ПД).

Но вначале вспомним и уточним из теоретического курса физики назначение дифференциально-трансформаторного преобразователя, преобразование измеряемого параметра в пропорциональный ему электрический сигнал переменного тока определенной фазы. Дифференциальный — значит сравнительный. Что же сравнивается? Перед тем как ответить на этот вопрос, рассмотрим устройство ПД. Известно, что его катушка имеет, как минимум, четыре обмотки (рис. 20). Две из них соединяются последовательно (1,2) и представляют в таком виде первичную обмотку питания. Другая пара (3,4) соединена в противофазе, и так как для измерителей

с входным сигналом ( $10 \div 0 \div 10$  мН) суммарное количество витков в последней паре больше, чем в первой, то ПД выполняет и роль трансформатора, повышающего напряжение. В связи с этим сопротивление вторичной (II) обмотки больше, нежели первичной (I). Для измерителей с входным сигналом  $0 \div 10$  мН сопротивления первичной и вторичной обмоток отличаются незначительно. Устройства, измеряющие технологические параметры, часто представляют собой комплект, состоящий из датчика, непосредственно воспринимающего действие параметра, и вторичного измерительного прибора или устройства, находящегося на значительном расстоянии от первичного прибора-датчика. Теперь, разговаривая с учащимися на техническом языке, можно продолжить рассмотрение особенностей измерителя.

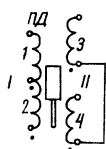


Рис. 20

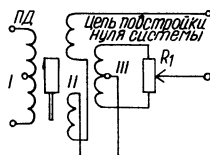


Рис. 21

Во вторичных приборах-измерителях (например, КСДЗ) с дифтрансформаторным компенсатором в ПД предусмотрена третья обмотка (рис. 21), служащая для удобства эксплуатации. Эта обмотка располагается в средней части катушки ПД, шунтируется резистором  $R_1 = 100$  Ом и включается последовательно со вторичными обмотками измерителя и датчика. В соединении дополнительной обмотки III с переменным резистором  $R_1$  нетрудно усмотреть четырехплечный мост, образованный двумя соединенными последовательно со средним выводом обмотки (два плеча) и двумя секциями  $R_1$ , разделенными токосъемником (другие два плеча).

Принцип действия ПД в строгой электротехнической теории рассматривается через изменение модуля взаимной индуктивности в ед. мН, изменяющегося в связи с положением сердечника по отношению к первичной и секциям вторичной обмоток. Комплексное сопротивление обмоток определяется с учетом сдвига фазы сигнала на некоторый угол. Кроме того, измерение величин взаимных индуктивностей требует использования громоздкого магазина индуктивностей. Мы же, с некоторым допущением, рассматриваем изменения в обмотках вторичных цепей ПД на уровне индуктируемых напряжений.

Итак, рассмотрим изменения напряжений, происходящие во вторичных секциях ПД в связи с положением сердечника в катушке. Мы уже убедились в том, что ПД — своеобразный трансформатор напряжения. Все атрибуты (составляющие) трансформатора налицо: первичная и вторичная обмотки, намагничивающийся сердечник (см. рис. 20). Представим себе, что на первичную обмотку I подано напряжение переменного тока. Следовательно, сразу же возникает и переменное магнитное поле, частично замыкающееся через сердечник и пересекающее своими магнитно-силовыми линиями витки секций вторичной обмотки. Наличие сердечника, как видим, уменьшает сопротивление магнитному потоку, и потому его местонахождение «небезразлично» секциям

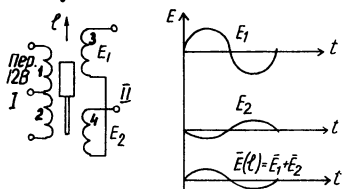


Рис. 22

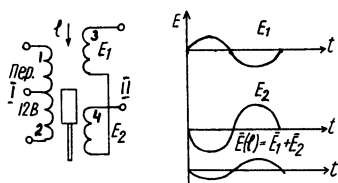


Рис. 23

3 и 4. Если приблизить сердечник к секции 3, то магнитное потокоцепление обмоток I и II в этой части увеличится, а следовательно, увеличится и ЭДС ( $E$ ), индуцируемая в этой секции. Изобразим это на графике (рис. 22). Во второй секции, включенной с первой в противофазе, ЭДС —  $E_2$  уменьшится. В точках выхода ПД (3—4) можно измерить алгебраическую сумму  $\bar{E}_3 = \bar{E}_1 + \bar{E}_2$ . Нетрудно убедиться, что при противоположном положении сердечника картина изменится (см. рис. 23). Алгебраическая сумма  $\bar{E}_{3,4}$  и есть то «сравнение», которое происходит при встречном (противофазном) включении двух секций вторичной обмотки ПД. Сравнительный или дифференцированный сигнал, пропорциональный перемещению сердечника, можно использовать для изменения (или регулирования), с предварительным усилением.

Теперь можно приступить к выполнению технической задачи № 1 — «Проверка параметров ПД».

1. Определив по Перечню элементов конструкций те, что необходимы для предстоящей работы, приходим к необходимости использовать один из имеющихся в наличии преобразователей ПД, установленный на датчике давления (или расхода) либо в дифтрансформа-

торном блоке БДТ. Первый не имеет (или не использует) дополнительных обмоток, и потому он проще для использования, по условиям задачи.

2. В связи с тем, что выводы ПД находятся на клеммнике, работа с ним упрощается. Если такие выводы не сделаны, следует их сделать: напаять концы проводов наконечниками и промаркировать их, затем завести под клеммы и затянуть винты.

3. Продумывая дальнейшие действия, необходимо убедиться в работоспособности и правильности настройки универсального электроизмерительного прибора Ц-20. Для этого следует вставить в указанные на нем гнезда провода с наконечниками и, замкнув их (при одном из положений переключателя:  $x1$ , или  $x10\Omega$ ), рукояткой настройки тока установить стрелку прибора на «0». Невозможность установки на «0» говорит о непригодном источнике питания постоянного тока или самого регулятора тока. В том и другом случаях следует обратиться к руководителю работы или к его помощникам (ими могут быть учащиеся). Перед использованием прибором не забудьте вспомнить и проверить, правилен ли отсчет величины сопротивлений по шкалам прибора. В каждом случае следует предварительно определить цену деления, пределы измерения.

4. После сдачи руководителю предварительного зачета по пользованию измерительным прибором и предполагаемому порядку своих действий, можно приступать к снятию характеристик ПД.

5. По паспортной таблице ПД выявляется сопротивление первичной и вторичной обмоток катушки, эти данные записываются и составляется принципиальная схема ПД. Нужно определить тип преобразователя ( $0 \div 10$  мН или  $10 \div 0 \div 10$  мН), указать разность между показанными прибором значениями сопротивлений постоянному току и табличными, пояснить причину расхождений, если они имеются.

Задача № 2 ставит своей целью — самостоятельно убедиться в работоспособности ПД:

1. Определите, откуда и какое можно использовать напряжение переменного тока. При этом следует учесть, что обмотки катушки ПД рассчитаны на длительную бесперебойную нагрузку и, следовательно, допускают кратковременное небольшое завышение напряжения. Если преподаватель (руководитель) не требует снятия точных статических характеристик, то и точное соответ-



ствие питания катушки (12 В) не столь строго обязательно.

В чем же все-таки заключается работоспособность ПД? Как видно, нужно исходить из сущности преобразователя и сделать для себя вывод о необходимости получения сигнала переменной фазы при переходе сердечником нейтральной линии в катушке. Конечно, при этом уместен вопрос об определении смены фазы сигнала. Как выполнить его, не усложняя принципиальной схемы? Думаем, что рассуждать можно, например, так: если по графику (см. рис. 22, 23) при переходе через «0» меняется не только фаза, но и величина  $E$  на концах каждой секции вторичной обмотки, — а эти секции соединены встречно (в противофазе), — то на концах вторичной обмотки (3, 4) напряжение (ЭДС) можно замерить прибором Ц-20 (или другим вольтметром переменного тока). Определить же фазу в этом случае можно при переходе стрелки прибора через «0», что соответствует переходу сердечника через магнитную нейтраль катушки. Фазы всего две, — значит, можно с достаточной достоверностью предположить, что одна определяется при изменении напряжения  $E$  влево, а другая — вправо от нуля, по местонахождению стрелки измерительного прибора. Можно предложить и другой способ.

2. Внимательно еще раз осматриваем универсальный измерительный прибор. Определяем необходимое положение ручек его настройки для измерения величин переменного тока. В соответствии с измеряемым напряжением устанавливаем эти ручки (питающая катушка должна иметь напряжение 12 В, а измерительная в пределах 2 В). Теперь вставляем в соответствующие гнезда наконечники соединительных проводов для измерения.

3. Ознакомившись со схемой трансформатора, что находится в усилителе, выводим на провода необходимое питание для ПД с помощью имеющихся штепсельных многоконтактных разъемов. При этом не забудем запитать трансформатор через предохранитель и тумблер — этого требует техника безопасности и правила электрической защиты от перегрузки токоприемников.

4. Перед подключением электропитания к схеме необходимо сдать зачет по электробезопасности и показать сделанные соединения руководителю (см. рис. 24).

5. Медленно перемещая сердечник в катушке, убеждаемся в соответствующем переходе стрелки измерительного прибора через «0» по шкале переменного напряжения. С помощью метрической линейки определяем максимальные величины перемещения сердечника в катушке при максимальных изменениях напряжения  $E$ . Полученные наблюдения и результаты замеров заносим в тетрадь для лабораторно-конструкторских работ. Там же даются пояснения к наблюдаемым явлениям. По двум-трем замеренным промежуточным точкам изобразим график за-

висимости  $\bar{E} = f(\pm l)$ , где  $\bar{E}$  — напряжение на концах вторичной обмотки ПД;  $f$  — функция, которую можно увидеть по характеру кривой на графике;  $l$  — величина перемещения сердечника в сторону от нейтральной линии. Сравним полученный график с приведенным (см. рис. 25).

6. Можно предложить другой, может быть, более эффективный способ определения работоспособности ПД, и при согласовании с руководителем осуществить его. Письменно пояснив сущность нового способа, надо указать его преимущества и недостатки.

Если предыдущие задачи выполнены успешно, можно готовиться к выполнению задачи № 3 — «Сборка измери-

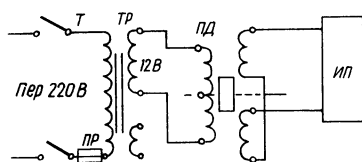


Рис. 24

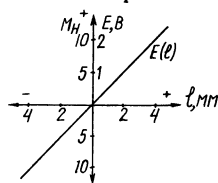


Рис. 25

тельной схемы автоматического компенсатора КСД-3» (см. рис. 26). Для осмысливания сущности задачи следует еще раз прочитать и усвоить понятия, приведенные в начале Руководства. Назначение измерительной схемы КСД-3 — автоматическое компенсирование сигнала, проходящего с ПД датчика измеряемого параметра о давлении, расходе или перемещении и др., преобразованного в соответствующее перемещение сердечника ПД. В момент компенсации сигнала ток в измерительной цепи не идет, а значит, ни потери напряжения в соединительных проводах (длиной до 250 м), ни колебания напряжения в сети питания не повлияют на качество измерения. Это главное преимущество компенсаторов. Именно в момент отсутствия тока в измерительной цепи производится отсчет показаний, запись (регистрация) их на диаграмме. Как видим, измерительный блок и есть главный узел прибора КСД-3. Все другие узлы и элементы в автоматическом приборе являются вспомогательными, несмотря на то, что без них не произойдет автоматической компенсации, суть которой в том, что навстречу ЭДС ( $E$ ) от ПД датчика необходимо автоматически подать сигнал, точно такой же по величине и обратный по направлению (фазе). Конечно, сделать это лучше всего с помощью такого же типа преобразователя, имеющего те же параметры

(ход сердечника, величину  $\bar{E}$  на его обмотках, те же условия нагрева и т. д.). Но сердечник преобразователя ПД (компенсирующего) не в состоянии под действием магнитно-силового поля самостоятельно перемещаться (как, например, в чисто индукционной мощной системе, представляющей собой индукционный мост). Как видно, его перемещение должно быть насильственным и строго направленным именно в сторону компенсации, а не наоборот. Для этого, опять же с целью сравнения, сигналы со вторичных обмоток ПД датчика и ПД компенсатора, с соответствующей фазировкой (встречно), включают последовательно с усилителем. Теперь разность (алгебраическая сумма)  $\bar{E}_{\text{пдд}} + \bar{E}_{\text{пдк}}$ , где  $\bar{E}_{\text{пдд}}$  — ЭДС с ПД

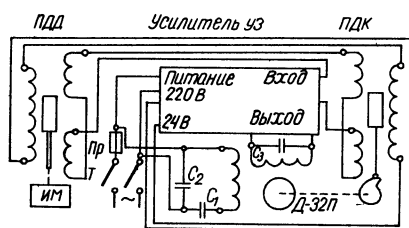


Рис. 26

датчика, а  $\bar{E}_{\text{пдк}}$  — ЭДС с ПД компенсатора, усилятся до величины, позволяющей управлять исполнительным механизмом (электродвигателем Д-32П), который и переместит посредством рычага сердечник ПД компенсатора.

Каждая конструкция измерительного прибора имеет свои особенности. В современных КСД-3 своеобразным является питание электродвигателя, обмотка возбуждения которого подключается к сети 220 В через делитель, состоящий из двух конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$ . Конденсаторы  $C_3$  и  $C_4$  подсоединены параллельно обмотке управления (питающейся от управляющего максимального напряжения 12 В), образуют с ней резонансный контур, настроенный на частоту 50 Гц. Благодаря этому, создаются условия для наилучшего согласования выходного сопротивления усилителя с нагрузкой — электродвигателем. Кстати, чтобы проверить двигатель на напряжение трогания (не более 0,6 В), предложите свою схему из имеющихся в наличии элементов.

Если упрощенно рассмотреть передачу показаний на расстояние, построенную на дифтрансформаторных преобразователях, то она включает всего пять элементов: два преобразователя ПДД и ПДК, усилитель, двигатель



установить на ней лекало (учитывая направление поворота стрелки к «0» и мах шкалы);

— тщательно проверить качество сочленения поводка с роликом от БДТ и поверхности лекала (характер его формы зависит от характера измерения; для нашей цели выбирается форма линейной зависимости). При необходимости надо подстроить положение лекала, закреплением его на лекальной втулке: поворотом вокруг оси, с ослаблением крепящих его винтов, или перемещением самой втулки вдоль оси, с последующей ее фиксацией стопорными винтами;

— после установки необходимых деталей и узлов следует приступить к электромонтажу. Выводы с электродвигателя присоединяются к клеммнику, установленному на шасси либо на дополнительном кронштейне. Весь монтаж производится согласно принципиально-монтажной схеме (рис. 27) либо по схеме завода-изготовителя. При подсоединении полупроводниковых усилителей используются микроразъемы. Их пайка производится особенно осторожно, так как незначительный перегрев может нарушить разъем. Не следует набирать на жало паяльника много припоя, так как расстояния между лепестками в разъеме малы, и они замкнутся. По окончании электромонтажа схемы конструкции (ни в коем случае не подавая напряжения на схему) необходимо показать работу руководителю. Только после его разрешения и в его присутствии можно подавать напряжение на схему, соблюдая все меры предосторожности.

**Примечание.** Измерительная схема при неподключенной вторичной обмотке ПД датчика будет задействована только при нажатии на кнопку «контроль» (Кн). Стрелка измерителя должна остановиться на контрольной отметке (начальной у измерителя с ПД, имеющего сигнал  $0 \div 10$  мН, и против отметки, соответствующей 50% шкалы, при входном сигнале —  $10 \div 0 \div 10$  мН). Для проверки схемы по контрольной отметке, при выключенном питании, надо установить подвижную систему на крайний левый упор (со стороны начальной отметки шкалы). Стрелку при этом закрепить против отметки начала шкалы, не доводя до упора в первом случае, и на отметке 50% шкалы — во втором. Если этих мер недостаточно, следует проверить правильность установки лекала, указателя, подключения (фазировки управляющей обмотки) двигателя. Доведя работу измерительной схемы до контрольной, нужно пояснить последовательность своих действий, опираясь на принцип работы схемы и логику.

Задача № 4 не нуждается в подробном разъяснении, так как во многом использует требования задачи № 3.

1. Подключив ПДД полностью (последовательно соединив вторичные катушки ПДД и ПДК с усилителем), мы тем самым выполним первое требование задачи —

смонтировать комплект для измерения давления. Для этого необходимо хорошо освоить работу всей системы передачи показаний, построенной на ПД, то есть измерительного комплекта, датчик — вторичный прибор КСД-3.

2. При отсутствии сигнала измеряемого параметра — давления подстроить сердечник ПДД до нулевого положения указателя. При наличии у ПДД подстроечного сопротивления можно в небольшом диапазоне воспользоваться им. При явном несоответствии положения указателя можно приподнять (опустить) сердечник в катушке, расслабив и вновь закрепив фиксатор, либо изменить фазировку сигнала с датчика, для чего поменять местами концы обмоток вторичной обмотки ПДД.

Задача № 5 — «Произвести настройку системы в крайних предельных значениях».

Выполнив требования предыдущих задач, можно приступать к настройке пределов измерения. Мы уже установили примерный «0» начала шкалы. Теперь, задавая давлением значения, близкие к нулевой отметке, несколько раз убеждаемся в том, что измерительная конструкция в этом положении работает устойчиво. Одновременно проверяя еще раз контрольную точку, зададим максимальное давление по шкале манометрического датчика. В случае несоответствия указателя этому значению воспользуемся регулятором «диапазон», медленно поворачивая отверткой шлиц резистора  $R_3$ . При этом чаще всего меняется настройка контрольной точки. Следует ее подстраивать. Только пользуясь комплектом «нуль», «диапазон», можно настроить всю систему измерения в крайних точках шкалы. Но измерение с достаточной точностью требует приведения в соответствие не только крайних точек, но определенных ГОСТом промежуточных оцифрованных значений на шкале указателя.

В связи с этим возникает задача № 6 — «Градуйровка комплекта измерения».

В технических целях проверку измерительных приборов методом сравнения производят с помощью эталонных приборов, класс точности которых на два-три порядка выше проверяемого. В нашем случае эталоном служит указатель манометрического датчика МД.

1. Задаем значения давления, начиная с нулевой отметки и далее по всем оцифрованным точкам эталонного прибора. При установившемся значении (успокоение указателя) на шкале измерителя делаем карандашом отметку по линии радиуса шкалы.

2. Повторяем карандашные отметки, но в обратном порядке — от максимального значения до 0.

3. Если на каком-либо делении отметки не совпали, выбираем и фиксируем средние между ними.

4. В случае значительных отклонений в показаниях измерителя, добиваемся в этих точках совпадения показаний с «нуля» и «максимума», подпиливая соответствующие места на лекале, соблюдая плавность перехода его поверхности (при стандартном лекале это не нужно).

Задача № 7 требует проверить точность показаний методом сравнения. По существу это повторение предыдущей задачи, только требования жестче.

1. Определить абсолютную погрешность при прямом ходе указателя в каждой оцифрованной точке шкалы.

2. То же, но при обратном ходе указателя.

3. Определить вариацию (разность показаний прямого и обратного хода) указателя.

4. Рассчитать класс точности измерителя, используя для этого формулу относительной приведенной абсолютной погрешности:

$$\delta = A/N \cdot 100\%,$$

где  $A = A_{\text{ист}} - A_{\text{измер}}$ ;  $N = A_{\text{конечное}} - A_{\text{начальное}}$ .

5. Если класс измерителя задан, установить соответствие ему. Пояснить и обосновать свои действия.

Заключительная задача № 8 предусматривает использование приобретенных знаний и умений, чтобы произвести оригинальную модернизацию собранной конструкции измерительного комплекта. Для этого можно рекомендовать:

1. Зафиксировать (записать) все возможные вариации датчика, измерителя, преобразователя, другие элементы и узлы комплекта (можно использовать и все имеющиеся в наличии), которые способствуют расширению функций, повышению надежности, долговечности, упрощают эксплуатацию, настройку, проверку и т. д.

2. Высказать мнение о модернизации, замене подстроечных элементов, пользовании ими, об их конструктивном решении и оформлении.

3. Уточнение одной из приведенных идей модернизации до конструктивного решения.

4. Подбор или изготовление необходимых элементов.

5. Воплощение идеи на конструктивном рабочем уровне.

6. Испытание конструкции.

7. Выводы о результатах найденного решения и его испытания.

По окончании работы следует сдать заключительный зачет, ответив на следующие вопросы:

1. Сущность работы ПД и построенной на нем (них) системе.

2. На каком токе строится измерительная схема, почему?

3. Как складывается сигнал на секциях вторичной обмотки ПД и в системе «ПДД — усилитель — ПДК», показать на графике.

4. В чем заключается правильность сборки всей конструкции и схемы?

5. Какие могут возникнуть неполадки в процессе конструирования (на своем примере) и как их устранять?

6. Как проверить измеритель на контрольной точке?

7. Как проверить измерительный комплект на нуль?

8. Пояснить порядок проверки измерения на класс точности.

9. Какие этапы конструирования, на ваш взгляд, особенно важны?

Специальные учебные пособия для привития конструкторских и профессиональных навыков и умений, разработка Руководств к ним способствуют целенаправленному формированию не только знаний, но также интеллектуальных, профессиональных творческих умений. Они формируются в каждом планируемом умственном или предметном действии конкретно, с целью практического их использования. В сочетании с теоретическим курсом «Творчество в моей профессии» они помогают будущему рабочему-новатору воспитать собственную активную жизненную позицию.

Учебный курс «Творчество в моей профессии» принято заканчивать защитой каждого оригинального варианта самостоятельного решения технической задачи.

Новый экспериментальный учебный предмет находит дорогу к умам и сердцам будущих рабочих и, надо надеяться, завоеует право гражданства не только в учебных заведениях профтехобразования, но и в вузах и техникумах. Приобретенный опыт, анализ результатов расширенного эксперимента позволит создать предпосылки к тому, чтобы не только улучшить профессиональную подготовку, но и выпускать молодых рабочих и специалистов, сочетающих мастерство с творчеством.



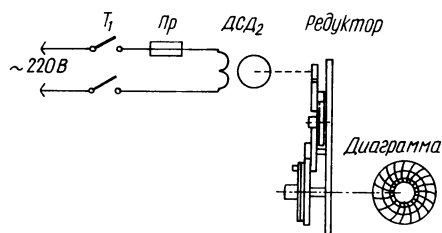


Рис. 28. ЛКР № 1. Схема привода диаграммного диска

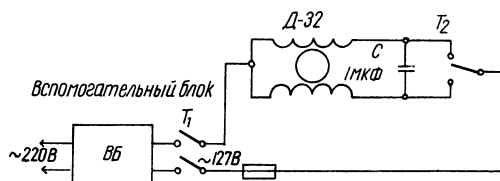


Рис. 29. ЛКР № 2. Схема управления конденсаторным реверсивным электродвигателем

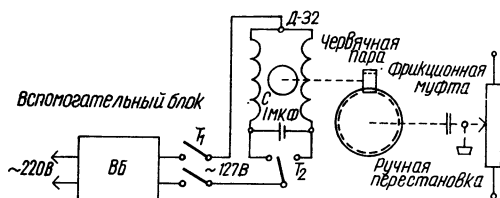


Рис. 30. ЛКР № 3. Схема сочленения реверсивного двигателя с реостатом посредством червячной пары

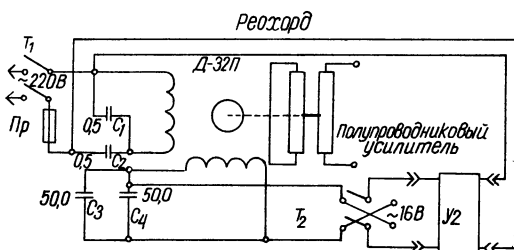


Рис. 31. ЛКР № 4. Схема сочленения реверсивного конденсаторного электродвигателя с токосъемником реохорда

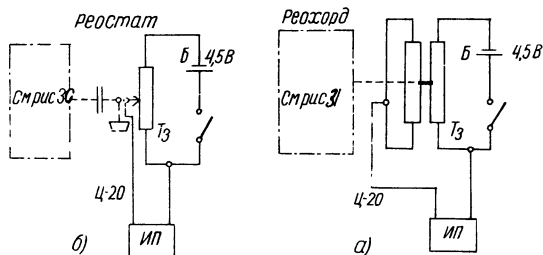


Рис. 32. ЛКР № 5. Схема для снятия знакопеременного сигнала:

а — с реохорда, б — с реостата

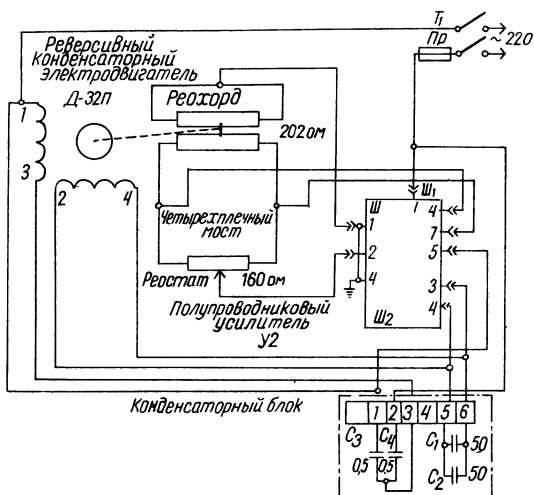


Рис. 33. ЛКР № 6. Схема реостатной системы передачи показаний на расстоянии

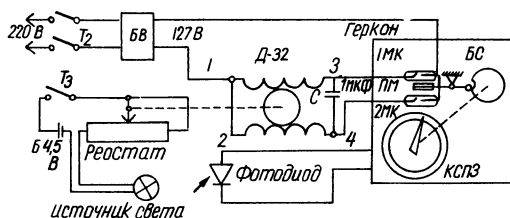


Рис. 34. ЛКР № 14. Схема авторегулирования освещенности: 1МК, 2МК — магнитные контакты; ПМ — постоянный магнит; БС — блок сигнальный; БВ — блок вспомогательный

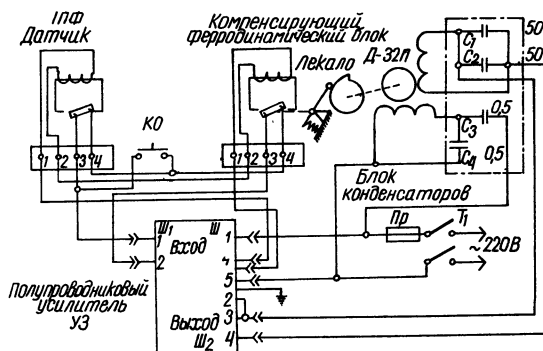


Рис. 35. ЛКР № 7. Схема ферродинамической системы передачи показаний на расстояние

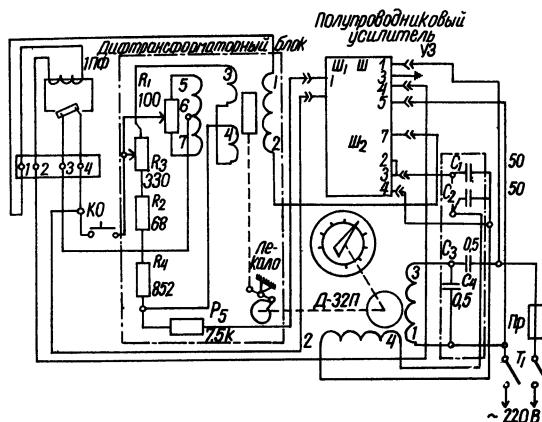


Рис. 36. ЛКР № 8. Схема комбинированной системы передачи показаний на расстояние  
ФД—ДТ

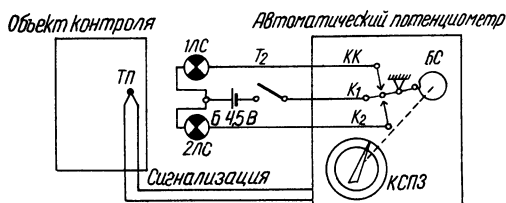


Рис. 37. ЛКР № 12. Схема автоматического сигнализатора температуры: ТП — термопара ХА; КК — контактная колодка; БС — блок сигнальный

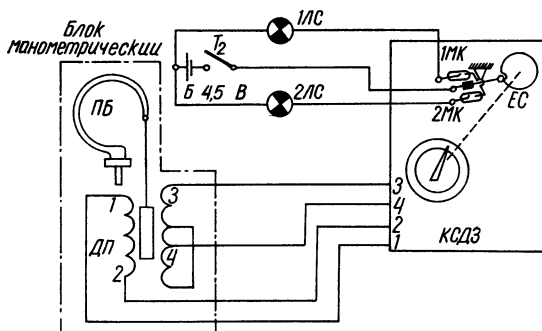


Рис. 38. ЛКР № 12. Схема автоматического сигнализатора давления: ПБ — пружина Бурдона; ДП — дифтрансформаторный преобразователь; 1 МК, 2 МК — магнитные контакты-герконы; БС — блок сигнальный

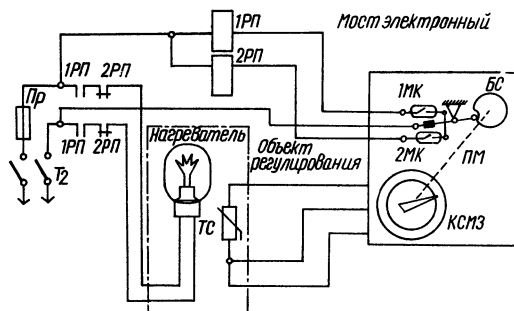


Рис. 39. ЛКР № 13. Схема позиционного авторегулирования температуры

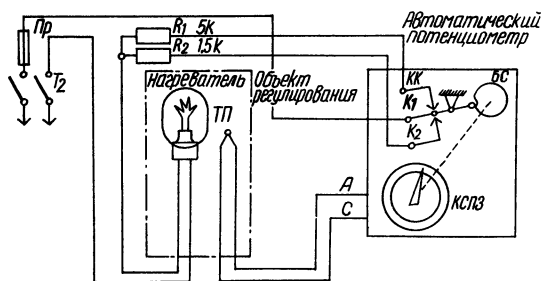


Рис. 40. ЛКР № 13. Схема авторегулирования температуры с резисторами: ТП — термопара; БС — блок сигнальный; К1, К2 — колодка контактная (КК)

## ГПТУ в содружестве с ВОИР

Известно, что на предприятиях, в организациях и хозяйствах всегда есть широкое поле деятельности для совершенствования производства и повышения его уровня, для проявления рационализаторских способностей и изобретательства. Поэтому первичные организации ВОИР есть в каждом производственном коллективе. Имеются они и в системе профтехобразования, объединяя не только сотрудников профтехучилищ, но также учащихся, будущих рабочих современного производства.

В частности, только в Курганской области до 90% всех, кто работает и учится в системе профтехобразования, — члены первичных организаций ВОИР. Их работу объединяют советы ВОИР, возглавляемые энтузиастами технического творчества. Так, в Курганском техническом училище № 2 имени М. И. Калинина во главе совета — отличник профтехобразования Анатолий Иванович Смоляков. Здесь по четкому плану организуются полезные и деловые встречи учащихся с передовиками и новаторами производства с Курганского машиностроительного завода, просмотры новых технических фильмов, чтение докладов и лекций на научно-технические темы. Совет ВОИР контролирует работу технических кружков, проводит смотры и конкурсы на лучшие рационализаторские предложения, конкурсы профессионального мастерства.

В кружке технического творчества (им, кстати, руководит Анатолий Иванович) ребята изготовили интересный экспонат — малогабаритный прибор для проверки неисправностей телевизоров — и к нему схему-тренажер блоков разверток и каналов синхронизации цветного телевизора «Радуга». Новизна экспоната в том, что все детали, перенесенные на отдельную панель, не паяются в схему, а закрепляются специальными зажимами-контактами. Таким образом, открыт свободный доступ к любой детали данного блока. Схема может использоваться и как экзаменатор для проверки знаний учащихся. При работе в режиме «Репетитор» можно ввести в схему любую неисправность, и учащиеся сами ее определяют.

В самостоятельном спортклубе «Юниор» (ГПТУ № 8 г. Шадринска) учащиеся В. Замятин и Б. Егоров под руководством инженера В. Г. Сухорукова смастерили спортивный мотоцикл «Кросс-юниор-50» для участия в мотокроссах. Они сами сконструировали компактный механизм переключения, удобный в эксплуатации. Двига-

тель мотоцикла имеет повышенную мощность за счет увеличения степени сжатия, специального выпускного патрубка, глушителя, карбюратора, воздушного фильтра. Руль кроссового типа и удлиненное седло обеспечивают удобство посадки. Для преодоления подъемов и песчаных участков установлена большая звездочка на заднем колесе.

Среди экспонатов, участвовавших в выставке НТТМ-80, есть еще один мотоцикл, изготовленный учащимися этого же училища. Он не совсем обычный, так как предназначен для гонок по льду. Для устойчивости на его колесах в определенном порядке установлены стальные шипы: на переднем их 97, на заднем — 118. Высота шипов — 28 мм. Для снижения веса в шипах просверлены отверстия, а внутренние шайбы и наружные гайки мотоцикла изготовлены из дюралюминия.

Мотоцикл движется только с левыми поворотами, и шипы установлены посередине колес и в левой стороне. Для увеличения жесткости покрышек между внутренними шайбами и покрышкой прокладывается 5-миллиметровый широкий текстопный ремень. Руль вынесен на подвижных кронштейнах вперед и выше верхнего мостика, чтобы гонщику удобнее было сидеть и управлять мотоциклом.

Сиденье мотоцикла — жесткое, удлиненное. Правая подножка сделана в виде крюка. Широкая и низко расположенная, она служит опорой мотоцикла на стоянке. Левая подножка очень короткая и расположена выше, чтобы не задевать за лед при большом наклоне мотоцикла. Рычаг переключения передач на поворотах установлен (для удобства) с правой стороны и выполнен двуплечным. Двигатель запускается с ходу.

В кружке технического творчества СГПТУ № 8 (пос. Лебяжье) под руководством преподавателя, отличника профтехобразования РСФСР А. Ф. Тимашкова ребята смастерили электромеханическую действующую модель перекрестка с регулировщиком. Модель предназначена для проверки, контроля и отработки знаний самостоятельно, без преподавателя, и помогает глубже изучить правила проезда регулируемого перекрестка.

В центре модели — «регулирующий», действующие модели различных видов транспорта, макеты домов. Через каждые 10—15 секунд «регулирующий» автоматически поворачивается и подает сигналы «рукой». При правильной разводке машин на «улице» звукового

сигнала не последует, при ошибке раздастся сигнал. «Регулировщик» может поворачиваться и от тумблера ручного управления.

В ряде училищ Курганской области успешно работают общественные конструкторские бюро. Так, в Курганском техническом училище № 1 имени Н. Д. Томина юные конструкторы изготавливают схемы, чертежи и другую документацию, которая позволяет быстрее внедрять рационализаторские предложения.

Кружки технического творчества — ступенька к изобретательству и рационализации. В них занятия идут увлеченно, особенно если изготавливаемые экспонаты способны принести практическую пользу. Например, в ГПТУ № 30 г. Кургана кружковцы под руководством мастеров производственного обучения В. П. Парилова и В. Н. Бахтина изготовили целую серию роботов. Первенец робот Яша, умеет ходить, размахивая руками, поворачивать голову, приближаясь к препятствию, идет назад. Он выполняет обязанности информатора на выставках, рассказывая посетителям об училище.

На год моложе Яши — модель промышленного робота первого поколения. Она снабжена электрическим приводом, а ее «рука» — специальным устройством, схватом. В промышленности аналогичные конструкции не используются, но, как и промышленные образцы, такой робот может выполнять производственные операции без участия человека.

Далее появился в училище еще один робот — сварочный манипулятор. Это не копия известного промышленного автомата, а самостоятельная конструкция. Особенность ее в том, что все движения он производит под действием электропривода по заданной программе, которую можно легко менять. Этот манипулятор в 1981 году прославил свое училище на ВДНХ, получив диплом 1-й степени. Авторы этого изобретения были награждены одной золотой, тремя бронзовыми медалями и шестью знаками «Юный участник ВДНХ». Надо сказать также, что осмотр выставки в павильоне ВДНХ «Профтехобразование» начинается с курганских экспонатов — промышленного робота и сварочного манипулятора.

Робот второго поколения, изготовленный в этом же кружке технического творчества, — это «диспетчер». Его основные узлы — «глаз» и «рука». Роль «глаза» для опознавания детали выполняет электронный меха-

низм перцепрон. «Рука»-манипулятор служит для захвата детали (электронное устройство) и переноса ее на транспортер (в промышленных образцах это выполняет ЭВМ).

Есть в этом училище и вездеход. Длина его около 3 метров, и в своей кабине он свободно перевозит 10 человек. Сделали ребята и «доктора Айболита» — экзаменатора, который, определив «симптомы», может точно назвать «болезнь».

Но творчество здесь имеет не только прикладной характер. Несколько лет назад преподаватели, мастера и сами учащиеся стали думать над решением проблемы ручного труда на производстве. Они изготовили две машины для намазки клеем подошв обуви (машины уже используются на Курганской обувной фабрике). Экономический эффект от их внедрения — 2500 рублей. Одна машина заменяет 10 человек.

Конкретную помощь оказали юные умельцы и труженикам сельского хозяйства. В училище изготовлено три установки для предпосевной обработки семян пшеницы в поле коронного разряда. Две из них действуют в хозяйствах и дают прибавку к урожаю по 2—3 центнера с гектара.

Исследования, проведенные на ряде предприятий Курганской области, показали, что воспитанники профтехучилищ подают втрое больше рационализаторских предложений, чем молодые рабочие, пришедшие на эти предприятия без предварительной подготовки.

## **2. НТТМ — КАК ЕМУ РАЗВИВАТЬСЯ?**

Главный стимул творчества —  
творчество... творчество  
доставляет радость  
А. Прохоров

Существуют разные подходы к вопросам развития научно-технического творчества молодежи (НТТМ). Рассмотрим два из них, которые являются, на наш взгляд, определяющими. Педагоги средних и средне-технических учебных заведений, часть преподавателей высшей школы и подавляющее большинство работников производства настаивают на развитии конструкторских, технологических способностей молодежи. Представители научно-исследовательских учреждений настаивают на



развитии способностей молодежи к генерированию идей. Эти два направления просматриваются, к сожалению, почти не пересекаясь, развиваясь параллельно, по крайней мере в учебных заведениях. Конструкторское направление в развитии НТТМ имеет довольно глубокие корни, давние традиции, нашло свое выражение в одностороннем развитии технического творчества молодежи и прямо сказывается на уровне изобретательского дела в стране. «Среди мер, направленных на повышение эффективности общественного труда,— писал летчик-космонавт, дважды Герой Советского Союза А. Леонов, отвечая на анкету журнала «Изобретатель и рационализатор»,— должно найти свое место и некоторое переосмысливание роли изобретателей и рационализаторов. Подавляющая часть изобретений работает для удовлетворения существующих нужд, меньшая — ради удовольствия предвидимых и лишь совсем незначительная — создает принципиально новые процессы и устройства, «спрос» на которые возникает после их появления. А ведь только эти последние изобретения определяют технический облик будущего мира... Изобретательство должно быть неразрывно связано с научным творчеством. Однако людей, собирающихся заниматься научной работой, мы учим не один год, между тем изобретательству, методам технического творчества, общим методологическим принципам подхода к решению изобретательских задач, за редким исключением, не учат вообще».

В последнее время наметились попытки совместить научные поиски с их конструкторским воплощением. За исключением специализированных институтов, лабораторий, технологических бюро, где ведется такая плановая работа в обучении и воспитании молодых новаторов, эта тенденция пока просматривается робко и носит стихийный характер. Некоторые элементы «пересечения» двух направлений в НТТМ наблюдаются на занятиях научно-технических секций и лабораторий научных обществ учащихся общеобразовательных школ и ПТУ. Начальная стадия технического творчества всегда сопровождается поиском новых идей (о высоком их уровне можно говорить только в случае целенаправленного обучения). Эти идеи поиска обусловлены необходимостью участия в соревнованиях, например, по авиамоделизму, автоконструкциям, либо производства в ПТУ изделий по заказам базовых предприятий (чаще всего по заказам-предложениям новаторов), требующих доработки,

создания оснастки, технологии. Как показала практика, такое узкое направление, с одной стороны, не дает простора творческой мысли, но, что ценно, готовит «рукодельных людей». Мы же, опробуя методы решения технических задач среди школьников и учащихся ПТУ, встретились с необходимостью совмещать эти два важных направления. Доведя учащихся до самостоятельного решения учебных задач довольно высокого уровня (конечно, не все достигали его), мы теряли с ними перспективу дальнейшего развития. В процессе решения технических задач у подростков (а в школе-семинаре по ТРИЗ и у взрослых) возникает стремление довести решение до конструктивного и даже увидеть плоды своих творческих находок. Если это естественное желание не удовлетворить, то иссякнет один из главных стимулов творчества — видеть действительную и необходимую пользу своего труда. Процесс получения идей для решения сложных задач основан на творчестве начинающих изобретателей достаточно высокого класса, так как важны идеи не только новые, но и прогрессивные. Научить методике творчества в принципе несложно. Но любая поданная для внедрения в производство идея, даже конструктивно оформленная, требует еще и детальной проработки, вплоть до рабочих чертежей или эскизов. И это не все. Любая пионерская идея при ее осуществлении обрастает уже не пионерскими, но, однако, не менее прогрессивными техническими решениями, пусть не изобретательского, но, по крайней мере, рационализаторского конструкторского уровня. Вот почему молодые учатся не только поиску новых идей, но и конструированию.

Как совместить творческий поиск идей (не всегда немедленно осуществимых) с предметным воплощением хотя бы некоторых из них? Задача не из легких, и всякий раз ее решает руководитель обучения. Здесь вступают в силу такие условия, как состав аудитории, эрудиция руководителя, содержание решаемых задач и конкретные возможности их реализации. Во всех случаях при практическом обучении очень важно грамотно составить темник узких мест производства, экспериментальных работ в промышленности, в исследовательских лабораториях. Над его созданием приходится много потрудиться, но результаты окупают сторицей затраты на его разработку и составление.

Умело поставленная работа по обучению техническому творчеству всегда сочетает в себе два основных

направления — поиск и нахождение идей решения новых задач с освоением конструирования и внедрения их.

В Челябинской отраслевой профессионально-технической школе по подготовке машинистов для предприятий Миннефтегазстроя СССР сложилась определенная система организации технического творчества учащихся, включающая технические кружки, отвечающие профессиональным интересам бригады рационализаторов, ученические конструкторские бюро.

Педагогический коллектив школы разработал специальные мероприятия, в которых особое внимание уделено творческому труду учащихся. Почти во всех учебных группах машинистов автокранов, одноковшовых экскаваторов, трубоукладчиков организованы кружки технического творчества, которыми руководят опытные мастера. Учащиеся самостоятельно ведут поиск оригинальных технических решений.

Так, в группе машинистов кранов-трубоукладчиков в течение целого года члены технического кружка под руководством мастера производственного обучения И. А. Придубкова работали над созданием нового обогревательного устройства для трубоизоляционной машины. Вначале они знакомились с методикой технического творчества, решали учебные технические задачи, пользовались таблицами «подсказок», помогающими преодолеть технические противоречия, изучали требования к оформлению рационализаторских предложений. Затем была организована экскурсия на ремонтно-механический завод, где ремонтируют трубоизоляционные машины. Каждый учащийся имел конкретное задание: снять схему, составить эскиз, техническую характеристику, изучить работу того или иного узла и т. д. Перед началом экскурсии главный технолог завода рассказал ребятам об устройстве, особенностях конструкции и эксплуатации трубоизоляционной машины, подчеркнул ее характерные недостатки в условиях работы при низких температурах. Экскурсия послужила своего рода консультацией перед дальнейшей работой над созданием нового обогревательного устройства для трубоизоляционной машины.

Прошло еще немало вечеров, споров, раздумий, пока любознательность и творческий поиск не привели к желаемым результатам. Устройство было готово! Испытали его сами ребята на водоводе «Сосновка — Северо-Западный район».

Вначале на занятиях кружка мастер сам предлагал

учащимся темы для конструирования. А через некоторое время предложения стали поступать от самих ребят. Так для участка кранов-трубоукладчиков была изготовлена модель тренажера, имитирующего подъем и опускание трубопровода. Эту модель от имени группы ребята подарили школе к 60-летию Октября.

В группе слесарей-наладчиков мастера П. Н. Макарова учащиеся обратили внимание на то, что в процессе регулировки топливной аппаратуры расходуется много дизельного топлива. На активе группы приняли решение: изготовить приспособление, которое уменьшало бы расход топлива при регулировке плунжерной пары топливного насоса в режиме холостого хода; считать это дело главным в учебном году. За творческий поиск взялась вся группа, приспособление было изготовлено. Оно, в зависимости от оборотов вала насоса, регулирует подачу топлива к насосной секции. На это приспособление четверо учащихся подали рационализаторские предложения.

Долгое время при сооружении магистральных трубопроводов диаметром 1420 мм пользовались термокарандашами, чтобы определять температуру подогрева концов стыкуемых труб. Однако подобным образом можно замерять только одну определенную температуру, при которой меняется его окраска. А так как при сооружении каждого трубопровода встречается множество стыков с разной толщиной стенки, то применение термокарандашей, рассчитанных на различную температуру подогрева, крайне затруднительно. Работу осложняли большие погрешности при определении температуры подогрева по верхнему пределу, достигающему в отдельных случаях 70—100 °С. Кроме того, требовалась дополнительная наладка сварочного оборудования. Ученическое конструкторское бюро взялось за разработку специального устройства для определения подогрева концов стыкуемых труб, удобного и несложного в обращении.

После долгих поисков был собран компактный прибор, смонтированный в коробочке, он свободно умещается в кармане рабочего, на базе микроамперметра типа М-532 на 150 мкА, показатели шкалы которого выражены в градусах. В нем использована мостовая электрическая схема на двух триодах (см. рис. 41), для питания которой применяется батарейка «Крона», гарантирующая работу прибора в течение полугода. Его применение только в одном строительном управлении дает экономию



Набравшим большее количество очков вручаются призы. К проведению викторины целесообразно приурочить выставку технического творчества учащихся. Гостями здесь могут быть выпускники школы, работники базовых предприятий, мастера производственного обучения.

Очень важно, что результаты такой викторины, олимпиады, тематического вечера отражаются в фото-стендах, фотовитринах, бюллетенях и стенных газетах. К их оформлению привлекаются не только члены технического или предметного кружка, но и другие учащиеся группы.

Широко пропагандируют достижения юных изобретателей и рационализаторов так называемые редакции технической информации. Они следят за всем новым, что появляется в науке и технике по газетам, журналам, популярной литературе, обобщают эти материалы и сообщают о них по школьному радио, либо в виде специальных карточек помещают в технических бюллетенях. Члены редакции технической информации учатся правильно работать со специальной литературой: делать заметки, систематизировать информацию, анализировать прочитанное. Это большой стимул для развития технического творчества, так как собранные сведения ребята используют при подготовке и выполнении конкретного учебно-производственного задания.

Мастер производственного обучения внимательно следит за тем, чтобы творческие задания выполнялись самостоятельно. Например, выдает он бригаде рационализаторов или ученическому конструкторскому бюро чертеж, а в нем содержатся избыточные элементы. Для каждого задания конкретизируется: сделать эскиз схемы двойной запассовки каната, требующей только одной (например, слесарной) операции, составить техническую характеристику приготовления битума, выбрать режим очистки трубопровода от окалины иглофрезерным способом и т. д. Работа ведется самостоятельно, с привлечением необходимой справочной литературы. Кроме того, учащийся может обратиться за помощью к преподавателям технического черчения, специальной технологии, чтобы те проверили, правильно ли составлена технологическая характеристика изоляционных покрытий, выбран режим очистки трубопровода, как оформлена технологическая карта. Преподаватель-консультант одновременно выявляет и оценивает знания будущего рабочего, обращая особое внимание на оригинальность конструк-

тивного решения, на элементы новизны разработанного технологического процесса.

По мере активизации этой работы заметно повысился уровень спецтехнологии и профессионального мастерства знаний учащихся. Самым же весомым доказательством роста их трудовой активности стали факты участия выпускников школы в техническом творчестве на производстве.

Обучение молодежи творческому подходу к решению практических (производственных) задач формирует новый тип людей, не замыкающихся в рамках интересов одной профессии. Творчески мыслящие юноши и девушки, работая на заводе (фабрике), в совхозе, всегда раньше других видят несовершенство того или иного станка (оборудования), «слабые места» машины. Вооруженные опытом решения учебных (и не учебных) изобретательских задач, они смело включаются в новаторский поиск и, как правило, достигают поставленной цели, рационализируют труд свой и товарищей по цеху, заводу, совхозу. Кроме того, творческий подход к решению практических задач помогает молодым обрести твердую жизненную позицию, так как их усилия, в конечном счете, способствуют развитию прогресса.

**Алгоритм решения  
изобретательских задач — АРИЗ-82**

**1. Выбор задачи.**

**1.1. Определить конечную цель решения задачи.**

Какую характеристику объекта надо изменить?

Какую характеристику объекта заведомо нельзя изменять при решении задачи?

Какие расходы снизятся, если задача будет решена?

Каковы допустимые (примерно) затраты?

Какой главный технико-экономический показатель надо улучшить?

**1.2. Проверить обходной путь.**

Допустим, задачу принципиально нельзя решить. Какую другую задачу надо решить, чтобы получить требуемый конечный результат?

Переформулировать задачу, перейдя на уровень надсистемы, в которую входит данная в задаче система.

Переформулировать задачу, перейдя на уровень подсистем (веществ), входящих в данную в задаче систему.

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. Сделать выбор.**

При выборе должны быть учтены факторы объективные (резервы развития данной в задаче системы) и субъективные (на какую задачу взята установка — на 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.

Учесть особенности внедрения, в частности, допускаемую степень сложности решения.

Учесть предполагаемые масштабы применения.

1.7. Проверить, решается ли задача прямым применением стандартов на решение инженерных задач.

Если ответ получен, перейти к 5.1.

Если ответа нет, перейти к 1.8.

**1.8. Уточнить задачу, используя патентную информацию.**

Каковы (по патентным данным) ответы на задачи, близкие к данной?



Каковы ответы на задачи, обратные данной?

1.9. Применить оператор РВС.

Мысленно меняем размеры объекта от заданной величины до 0. Как теперь решается задача?

Мысленно меняем размеры объекта от заданной величины до . . . Как теперь решается задача?

Мысленно меняем время процесса (или скорость движения объекта) от заданной величины до 0. Как теперь решается задача?

Мысленно меняем время процесса (или скорость движения объекта) от заданной величины до . . . Как теперь решается задача?

Мысленно меняем стоимость (допустимые затраты) объекта или процесса от заданной величины до 0. Как теперь решается задача?

Мысленно меняем стоимость (допустимые затраты) объекта или процесса от заданной величины до . . . Как теперь решается задача?

2. Построение модели задачи.

2.1. Записать условия мини-задачи (без специальных терминов).

Мини-задачу получают из изобретательской ситуации, введя ограничения: «Все остается без изменений или упрощается, но при этом появляется требуемое действие (свойство) или исчезает вредное действие (свойство)».

Пример 1. Имеется центрифуга, заполненная маслом. Внутри нее помещено изделие цилиндрической формы. Нужно, чтобы при вращении центрифуги масло со всех сторон равномерно сжимало изделие.

Пример 2. Имеется радиотелескоп, который необходимо защитить от молний. Металлические молниеотводы будут задерживать радиоволны, создавая радиотень. Нужно поставить молниеотводы, не создающие радиотени.

2.2. Выделить и записать конфликтующую пару элементов — изделие и инструмент.

Если по условиям задачи дано только изделие, ввести «инструмент» (то, что в предыдущих модификациях АРИЗ называлось «внешней средой»).

Правило 1. Если один из элементов (инструмент) по условиям задачи может иметь два состояния, надо указать то, которое обеспечивает наилучшее осуществление главного производственного процесса (основной, указанной в задаче, функции технической системы).

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

Примечание 2. Изделием называют элемент, который по условиям задачи надо обработать (переместить, изменить, улучшить, защитить от вредного действия, обнаружить, измерить и т. д.). В задачах на обнаружение и измерение изделием может оказаться элемент, являющийся по своим основным функциям инструментом, например, шлифовальный круг.

Инструментом называют элемент, с которым непосредственно взаимодействует изделие (фреза, а не станок; огонь, а не горелка). В частности, инструментом может быть часть окружающей среды.

Один из элементов пары может быть двояким: например, даны два разных инструмента, которые должны одновременно действовать на изделие, или два изделия, которые должны воспринимать действие одного и того же инструмента.

Взаимодействия могут быть четырех видов: полезные, вредные, отсутствующие (взаимодействия нет, но его нужно ввести), неполные (взаимодействие есть, но оно не поддается управлению).

Пример 1. В задаче, согласно приложению 2, изделием будет изделие А (Из).

Конфликт в данном случае — в отсутствии взаимодействия между жидкостью и изделием, так как при вращении центрифуги давление жидкости направлено от оси вращения к периферии. Между тем условия задачи требуют, чтобы жидкость создавала давление в обратном направлении, вопреки законам физики, то есть нужно обеспечить хорошее взаимодействие обрабатываемого изделия и жидкости.

Но поскольку основное действие — сжатие изделия — происходит при вращении центрифуги, то, согласно правилу 1, инструментом будет жидкость во вращающейся центрифуге (Ж).

2.3. Записать взаимодействия (действия, состояния) элементов в конфликтующей паре.

Правило 3. При выполнении шага 2.3. надо составить графическую схему конфликта, используя таблицу «Основные виды конфликтов в моделях задач».

Пример 1. По таблице подходит пункт 8 — бездействия: жидкость во вращающейся центрифуге не действует на изделие. Требуется обеспечить действие на изделие А при минимально простом изменении жидкости

1. Жидкость во вращающейся центрифуге создает сжимающие усилия.

2. Жидкость во вращающейся центрифуге не способна направлять создаваемые усилия на изделие.

2.4. Записать стандартную формулировку модели задачи, указав конфликтующую пару и техническое противоречие.

Техническим противоречием в модели задачи называют взаимодействия в конфликтующей паре, состоящие в том, что полезное действие вызывает одновременно и вредное, либо введение (усиление) полезного действия или устранение (ослабление) вредного вызывает ухудшение (недопустимое усложнение) одного из элементов пары.

Пример 1. Даны жидкость во вращающейся центрифуге и изделие А. Жидкость создает сжимающие усилия, но не может направлять их на обрабатываемое изделие.

Пример 2. В задаче два изделия — молния (М) и радиоволны (Р) — и один инструмент — молниеотвод. Конфликт в данном случае не внутри пар «молниеотвод — молния» и «молниеотвод — радиоволны», а между ними.

Чтобы перевести такую задачу в каноническую форму, с одной конфликтующей парой, нужно заранее придать инструменту свойство, необходимое для выполнения основной функции, то есть допустить, что молниеотвода нет (своеобразный «икс-инструмент») и радиоволны свободно проходят к антенне.

Итак, конфликтующая пара — отсутствующий молниеотвод (ОМ) и молния. Радиоволны в нее не входят — отсутствующий молниеотвод их не задерживает.

Пример 2. По таблице подходит пункт 6 — сопряженное действие: отсутствие молниеотвода полезно для радиоволн (он их не задерживает) и вредно для молнии (он ее не ловит). Требуется устранить вредное действие отсутствующего молниеотвода, сохранив полезное и не разрушив системы.

1. Отсутствующий молниеотвод хорошо пропускает радиоволны.

2. Отсутствующий молниеотвод не ловит молнию.

Пример 2. Даны отсутствующий молниеотвод и молния. Первый хорошо пропускает радиоволны, но не ловит молнию.

### 3. Анализ модели задачи.

3.1. Выбрать изменяемый элемент. Для этого проверить, хорошо ли поддается изменению инструмент, входящий в конфликтующую пару. Если этот инструмент плохо поддается изменению, следует заменить его икс-элементом.

Правило 4. Если на этом шаге произведена замена инструмента на икс-элемент, надо заново записать формулировки шагов 2.2 — 3.1, поскольку возможно изменить модель задачи.

Примечание 7. Хорошо поддаваться изменению — значит легко изменять физические параметры (размеры, форму, скорость, силу и т. д.) и допускать введение вещества. В частности, электромагнитные и тепловые поля относятся к элементам, хорошо поддающимся изменениям (если условиями задачи специально не оговорено обратное).

Пример 1. Инструмент — жидкость хорошо поддается изменениям.

Пример 2. Инструмент — отсутствующий молниеотвод, хорошо поддается изменениям.

3.2. Записать формулировку ИКР (идеального конечного результата).

Если на шаге 3.1. выбран инструмент:

Он (указать инструмент) сам устраняет (указать вредное действие), сохраняя способность совершать (указать полезное действие).

Если на шаге 3.1. выбран икс-элемент:

Икс-элемент, не усложняя систему, устраняет (указать вредное действие), сохраняя способность совершать (указать полезное действие).

Примечание 8. Кроме конфликта «вредное действие связано с полезным действием», возможны и другие конфликты: например, «введение нового полезного действия вызывает усложнение системы» или «одно полезное действие несовместимо с другим». Поэтому приведенные формулировки ИКР следует считать только образцами, по типу которых необходимо записывать ИКР. Общий смысл всех формулировок: приобретение полезного качества (или устранения вредного) не должно сопровождаться ухудшением других качеств (или появлением вредного качества).

Пример 1. Жидкость во вращающейся центрифуге сама сжимает изделие, не противореча при этом законам физики.

Пример 2. Отсутствующий молниеотвод сам обеспечивает «поимку» молнии, сохраняя способность хорошо пропускать радиоволны.

### 3.3. Выделить оперативную зону.

Следует помнить, что силы, действие которых проявляется в оперативной зоне (например, силы давления), могут создаваться устройствами, находящимися вне этой зоны.

Примечание 9. Оперативной зоной называют часть изменяемого элемента, в пределах которой необходимо и достаточно обеспечить сочетание требований, указанных в формулировке ИКР.

Примечание 10. Если изменяемым элементом является инструмент и этот инструмент — поле, то оперативная зона может частично или полностью проникать в изделие. Эту возможность необходимо учитывать и в том случае, когда изменяемым элементом взят икс-элемент (поскольку этот неизвестный элемент может оказаться полем).

Пример 1. Оперативной зоной будет слой жидкости около изделия (непосредственно с ним соприкасающийся).

Пример 2. Оперативной зоной будет та часть пространства, которую занимал молниеотвод.

3.4. Вернуться к 2.1 и проверить, сужается ли область анализа. Должен быть четкий переход от системы 2.1. к конфликтующей паре (2.2), затем к одному элементу (3.1) и его части (3.3).

Примечание 11. Если конфликтующие действия исходили из разных элементов пары, то при переходе от пары к одному элементу (3.1) или части этого элемента (3.3) может измениться формулировка конфликта. Например, конфликт в паре состоит в том, что изделие вредно действует на полезно действующий инструмент. При переходе к одному элементу формулировка конфликта должна быть «привязана» к этому элементу: полезно действующий инструмент не обладает способностью противодействовать вредному действию.

Пример 1. 2.1. Имеем систему из трех элементов: вращающаяся центрифуга, жидкость и изделие А. 2.2. Выделена конфликтующая пара: вращающаяся жидкость — изделие А.

3.1. Определен изменяемый элемент в конфликтующей паре — вращающаяся жидкость.

3.3. Установлена зона изменяемого элемента, в пределах которой нужно обеспечить сочетание требований, указанных в ИКР.

Проверка показала сужение области анализа от первоначальной системы к оперативной зоне.

Пример 2. 2.1. Имеем систему из элементов: радиоволны, молния и молниеотвод.

2.2. Создаем конфликтующую пару: отсутствующий молниеотвод — молния.

3.1. Выделен изменяемый элемент в конфликтующей паре — отсутствующий молниеотвод.

3.3. Определена зона изменяемого элемента, в пределах которой нужно обеспечить сочетание требований, указанных в ИКР. Проверка показала сужение области анализа от первоначальной системы к оперативной зоне.

3.5. Используя метод ММЧ (моделирование «маленькими человечками»), построить схему конфликтующих действий (или состояний) в оперативной зоне.

Примечание 12. Метод моделирования «маленькими человечками» (ММЧ) состоит в том, что оперативную зону схематически представляют в виде условного рисунка, на котором действуют «маленькие человечки».

Пример 1. По условиям задачи «человечки» должны давить на изделие (рис. 1).

Пример 2. По условиям задачи «человечки», находящиеся в оперативной зоне, должны «ловить»

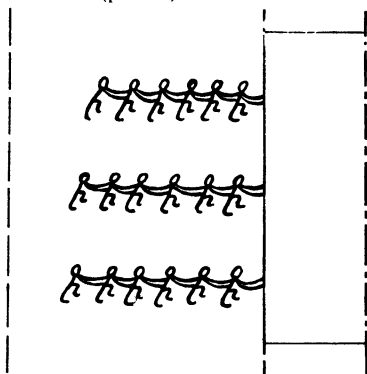


Рис. 1

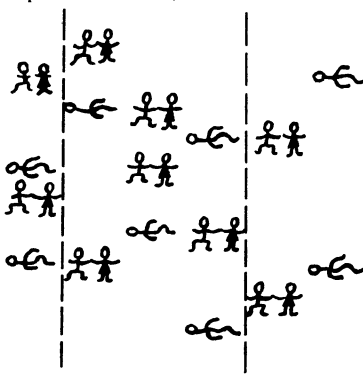


Рис. 2

В реальных условиях «человечки» движутся от изделия, оказывая давление на стенки центрифуги (рис. 3).

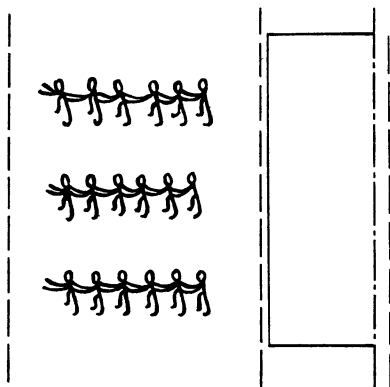


Рис. 3

«человечков»-молнии и пропускать «человечков»-радиоволн («радиочеловечков»).

Чтобы пропускать «радиочеловечков», «человечки» в оперативной зоне не должны отличаться от окружающей среды, то есть от воздуха. Поэтому оперативную зону можно представить себе в виде многих пар взявших за руки «чело-

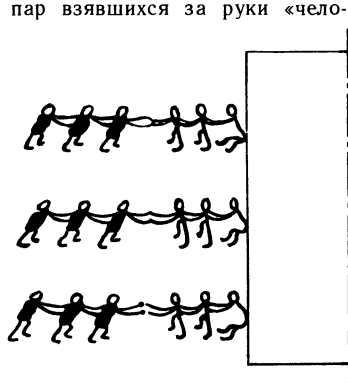


Рис. 4

3.6. Преобразовать (перестроить, дополнить) схему, полученную на шаге 3.5, так, чтобы «маленькие человечки» действовали, не вызывая конфликта.

Примечание 13. При перестройке схемы не следует думать о том, как именно физически (а тем более технически) реализовать преобразование. Цель шага 3.6 — ясно представить идеальное преобразование и тем самым облегчить последующие шаги.

Пример 1. Чтобы условия задачи были соблюдены и в то же время не нарушались законы физики, попробуем совместить несовместимое. Пусть обе схемы действуют одновременно (рис. 4).

Таким образом, чтобы осуществлять основную функцию, заданную условиями задачи, наружные «человечки» должны быть более «массивными».

вечков». В паре они нейтральны, вне пары — агрессивны (рис. 2). Таким образом «человечки» в парах нейтральны и не задерживают «радиочеловечков». Но в то же время эти пары не выполняют другой своей функции — не «ловят» появившихся «человечков»-молнии.

Пример 2. Чтобы выполнялась функция поимки молнии, необходимо каким-то образом разделить нейтральные пары. Причем активизироваться должны только пары в оперативной зоне. Нужно сделать так, чтобы «человечки»-молнии

ли пары, и в свою очередь соединялись с одним из членов пары (рис. 5).

3.7. Записать стандартную формулировку физического противоречия на макроуровне: оперативная зона должна (указать физическое макросостояние зоны, например, «быть электропроводной»), чтобы выполнять (указать одно из конфликтующих действий или требований), и должна (указать противоположное физическое макросостояние зоны, например, «быть неэлектропроводной»), чтобы выполнять (указать противоположное действие или требование).

Примечание 14. Физическим противоречием называют противоположные требования к физическому состоянию оперативной зоны. Пример 1. Оперативная зона должна уплотняться, чтобы удовлетворять условиям задачи, и должна разряжаться, чтобы не противоречить законам физики.

Пример 2. Оперативная зона должна быть электропроводной, чтобы «ловить» молнию, и должна быть неэлектропроводной, чтобы не задерживать радиоволны.

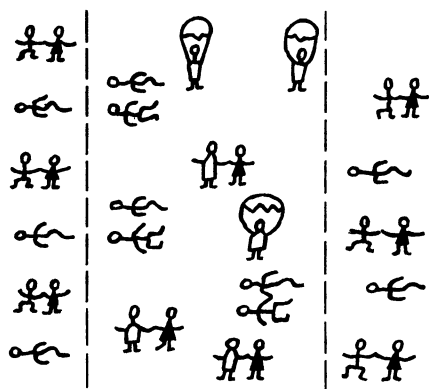


Рис. 5

3.8. Записать стандартную формулировку физического противоречия на микроуровне: вещество оперативной зоны должно (указать физическое состояние мелких частиц вещества, например, «содержать свободные заряды»), чтобы обеспечить (указать требуемое по 3.7 макросостояние), и должно (указать противоположное физическое состояние мелких частиц вещества, например, «не содержать свободных зарядов»), чтобы обеспечить (указать требуемое по 3.7 противоположное макросостояние).

Примечание 15. При выполнении шага 3.8 еще нет необходимости конкретизировать понятие «мелкие частицы». Это могут быть любые достаточно мелкие частицы: крупинки, домены, молекулы, ионы и др.

Примечание 16. Логика формулирования физического противоречия такова:

3.6. Нужно действие К, чтобы выполнить требование, указанное в ИКР.

3.7. Нужно физическое состояние Л, чтобы выполнить действие К.

3.8. Нужно физическое состояние М микрочастиц, чтобы обеспечить состояние Л.

Пример 1. Вещество оперативной зоны должно двигаться к изделию, чтобы выполнить действие К.

Пример 2. Вещество оперативной зоны должно содержать

чтобы обеспечить уплотнение, и двигаться от изделия, чтобы обеспечить разрежение.

свободные заряды, чтобы обеспечить электропроводимость, и не содержать свободных зарядов, чтобы обеспечить непроводимость.

3.9. Вернуться к 3.6 и проверить, углубляется ли анализ.

Необходим четкий переход от общей схемы противоречивых действий 3.6 к конкретным противоречивым состояниям всего вещества (3.7) и его частиц (3.8.).

Правило 5. В ходе анализа могут возникнуть ответы на задачу, но и из-за них ни в коем случае нельзя прерывать анализ. Продукция анализа — это не ответ на задачу, а четкая, красивая формулировка физического противоречия.

Пример 1. 3.6. Построена общая схема конфликтующих действий в оперативной зоне и произведено преобразование этой схемы в соответствии с ИКР: жидкость должна давить на изделие, чтобы выполнить требование ИКР.

Пример 2. 3.6. Построена общая схема конфликтующих действий в оперативной зоне и произведено преобразование этой схемы в соответствии с ИКР: оперативная зона (столб воздуха) должна быть активной, чтобы выполнить требование ИКР.

3.7. Определены противоположные требования к физическому состоянию оперативной зоны: жидкость должна уплотняться и одновременно разряжаться.

3.7. Определены противоположные требования к физическому состоянию оперативной зоны: столб воздуха должен быть проводником и одновременно изолятором.

3.8. Установлены конкретные противоположные требования к физическому состоянию микрочастиц вещества оперативной зоны: молекулы жидкости должны двигаться к изделию и одновременно от него. Проверка показала углубление проведенного анализа.

3.8. Установлены конкретные противоположные требования к физическому состоянию микрочастиц вещества оперативной зоны: столб воздуха должен содержать свободные заряды и одновременно не содержать их.

Проверка показала углубление проведенного анализа.

4. Устранение физического противоречия.

4.1. Рассмотреть возможность устранения физпротиворечия с помощью типовых преобразований оперативной зоны.

Правило 6. Пригодны только те решения, которые совпадают с ИКР или практически близки к нему.

Примечание 17. При бесконечном многообразии изобретательских задач число физических противоречий, на которых «держатся» эти задачи, сравнительно невелико, поэтому многие из них решаются по аналогии с решениями других задач, содержащих аналогичное противоречие. При этом внешне задачи могут быть различными — аналогия выявляется только после анализа, на уровне физпротиворечия.

Пример 1. Задача может быть решена с помощью разделения противоречивых свойств в пространстве. Чтобы масло обжигало изделие во время вращения центрифуги, на него должна действовать более плотная жидкость, причем не смешиваясь с маслом. Такой жид-

Пример 2. Задача может быть решена с помощью разделения противоречивых свойств во времени. Свободные заряды сами появляются в столбе воздуха на начальных этапах возникновения молнии. Молниевывод на короткое время стано-

костью может быть ртуть.

4.2. Рассмотреть возможность устранения физпротिवоречия с помощью таблицы применения физических эффектов и явлений. Пример 1. В этой задаче уже имеется физический эффект — центробежные силы. Необходимо сделать так, чтобы из вредного фактора, каким этот эффект является в задаче, он стал полезным, то есть, чтобы при вращении центрифуги ртуть сжимала масло, а через него — изделие

4.3. Если задача решена, перейти от физического решения к техническому; сформулировать способ и дать принципиальную схему устройства, осуществляющего этот способ.

Примечание 18. Если ответа нет, вернуться к шагу 3.1, взять другой изменяемый элемент и повторить анализ. Если повторный анализ не дал ответа, вернуться к шагу 2.1 и заново сформулировать мини-задачу, отнеся ее к надсистеме, в которую входит рассматриваемая система. При необходимости такое возвращение к мини-задаче совершают несколько раз — с переходом к надсистеме и т. д.

Пример 1. Техническое решение ясно из рис. 6: при вращении центрифуги ртуть отжимается к стенкам и вытесняет в рабочую полость менее плотное масло.

вится проводником, а затем свободные заряды сами исчезают. устранения физпротिवоречия с помощью таблицы применения физических эффектов и явлений.

Пример 2. По таблице «Разрешение физических противоречий» подходит пункт 23: ионизация под действием сильного электромагнитного поля (молния) и рекомбинация после его исчезновения (радиоволны — особое поле). Другие эффекты относятся к жидкостям и твердым телам, требуют внедрения добавок или не обеспечивают самоуправления.

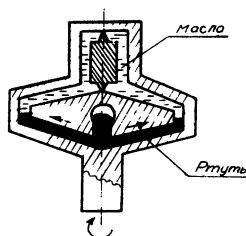


Рис. 6

Пример 2. Чтобы в воздухе появились 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.

4.4. Рассмотреть вводимые вещества и поля:

— можно ли не вводить новые вещества и поля, используя те вещества и поля, которые уже есть в системе или в окружающей среде?

— можно ли использовать саморегулирующие вещества?

Ввести соответствующие поправки в технический ответ.

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 «одноцикловой» модели задачи, в реальных условиях со многими «циклами»?

Если полученное решение не удовлетворяет хотя бы одному из контрольных вопросов, вернуться к шагу 2.1.

5.2. Проверить по патентным данным формальную новизну полученного решения.

5.3. Какие подзадачи могут возникнуть при технологической разработке полученной идеи? Записать возможные подзадачи: изобретательские, конструкторские, расчетные, организационные.

6. Развитие полученного ответа.

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

6.2. Проверить, может ли измененная система применяться по-новому.

6.3. Использовать полученный ответ для решения других технических задач.

Рассмотреть возможность использования идей, обратных полученной.

Построить таблицу «Расположение частей — агрегатное состояние изделия» или таблицу «Использование поля — агрегатное состояние изделия» и рассмотреть возможные перестройки ответа по позициям этих таблиц.

7. Анализ хода решения.

7.1. Сравнить реальный ход решения с теоретическим (по АРИЗ). Если есть отклонения, записать их.

7.2. Сравнить полученный ответ с данными таблиц разрешения физических противоречий, основных приемов. Если есть отклонения, записать их.

## Приложение 2

### Приемы устранения технических противоречий

1. Принцип дробления:

- разделить объект на независимые части;
- выполнить объект разборным;
- увеличить степень дробления (измельчения) объекта.

2. Принцип вынесения:

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

3. Принцип местного качества:

- перейти от однородной структуры объекта (или внешней среды, внешнего воздействия) к неоднородной;
- разные части объекта должны иметь разные функции;
- каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее соответствующих ее работе.

4. Принцип асимметрии:

- перейти от симметричной формы объекта к асимметричной.

5. Принцип объединения:

- соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты;

- объединить во времени однородные или смежные операции.
- 6. Принцип универсальности:
  - объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах.
- 7. Принцип «матрешки»:
  - один объект размещен внутри другого, который, в свою очередь, находится внутри третьего, и т. д.;
  - один объект проходит сквозь полость другого объекта.
- 8. Принцип антивеса:
  - компенсировать вес объекта соединением с другим объектом, обладающим подъемной силой;
  - компенсировать вес объекта взаимодействием со средой (за счет аэродинамических, гидродинамических и т. п. сил).
- 9. Принцип предварительного напряжения:
  - заранее придать объекту изменения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим изменениям.
- 10. Принцип предварительного исполнения:
  - заранее выполнить требуемое изменение объекта (полностью или хотя бы частично);
  - заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие без затрат времени на их доставку и с наиболее удобного места.
- 11. Принцип «заранее подложенной подушки»:
  - компенсировать относительно невысокую надежность объекта заранее подготовленными аварийными средствами.
- 12. Принцип эквипотенциальности:
  - изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать или опускать объект.
- 13. Принцип «наоборот»:
  - вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие (например, не охлаждать объект, а нагревать);
  - сделать движущуюся часть объекта (или внешней среды) неподвижной, а неподвижную — движущейся;
  - перевернуть объект «вверх ногами».
- 14. Принцип сфероидальности:
  - перейти от прямолинейных частей объекта к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим, от частей, выполненных в виде куба или параллелепипеда, к шаровым конструкциям;
  - использовать ролики, шарики, спирали.
- 15. Принцип динамичности:
  - характеристики объекта (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы;
  - разделить объекты на части, способные перемещаться относительно друг друга.
- 16. Принцип частичного или избыточного решения:
  - если трудно получить 100% требуемого эффекта, надо получить «чуть меньше» или «чуть больше»; задача при этом может существенно упроститься.
- 17. Принцип перехода в другое измерение:
  - трудности, связанные с движением (или размещением) объекта по линии, устраняются, если объект приобретает возможность перемещаться в двух измерениях (на плоскости) или в трех измерениях (в пространстве);
  - многоэтажная компоновка объектов вместо одноэтажной;
  - использование обратной стороны данной площади;
  - использование оптических потоков, падающих на соседнюю площадь или обратную сторону имеющейся площади.

18. Использование механических колебаний:
- привести объект в колебательное движение;
  - если такое движение уже совершается, увеличить его скорость (вплоть до ультразвуковой);
  - применить вместо механических вибраторов пьезовибраторы;
  - использовать ультразвуковые колебания в сочетании с электромагнитными полями.
19. Принцип периодического действия:
- перейти от непрерывного действия к периодическому (импульсному);
  - если действие уже осуществляется периодически, изменить периодичность.
20. Принцип непрерывности полезного действия:
- вести работу непрерывно (все части объекта должны все время работать с полной нагрузкой);
  - устранить холостые и промежуточные ходы;
  - перейти от возвратно-поступательного движения к вращательному.
21. Принцип проскока:
- преодолеть вредные или опасные стадии процесса на большой скорости.
22. Принцип «обратить вред в пользу»:
- использовать вредные факторы (в частности, воздействие среды) для получения положительного эффекта;
  - устранить один вредный фактор за счет сложения с другим;
  - усилить вредный фактор до такой степени, чтобы он перестал быть вредным.
23. Принцип обратной связи:
- ввести обратную связь;
  - если обратная связь есть, изменить ее.
24. Принцип посредника:
- использовать промежуточный объект-переносчик.
25. Принцип самообслуживания:
- объект должен сам себя обслуживать, выполняя вспомогательные и ремонтные операции;
  - использовать отходы (энергии, вещества).
26. Принцип копирования:
- вместо недоступного, сложного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии;
  - заменить объект (систему объектов) оптическими копиями (изображениями). Использовать при этом изменения масштаба (увеличить или уменьшить копии);
  - если нельзя использовать видимые оптические копии, перейти к копиям инфракрасным или ультрафиолетовым.
27. Дешевая недолговечность взамен дорогой долговечности:
- заменить дорогой объект набором дешевых объектов, поступившись при этом некоторыми качествами (например, долговечностью).
28. Замена механической схемы:
- заменить механическую схему электрической, оптической, тепловой, акустической или «запаховой»;
  - использовать электрические, магнитные и электромагнитные поля для взаимодействия с объектом;
  - перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных — к меняющимся во времени, от неструктурных — к имеющим определенную структуру;
  - использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами.

29. Применение пневмоконструкций и гидроконструкций:  
— вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкие надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные.
30. Применение гибких оболочек и тонких пленок:  
— вместо объемных конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие пленки;  
— с их помощью изолировать объект от внешней среды.
31. Применение пористых материалов:  
— выполнить объект пористым или использовать дополнительные пористые элементы (вставки, покрытия и т. д.);  
— если объект уже выполнен пористым, предварительно заполнить поры каким-то веществом.
32. Принцип изменения окраски:  
— изменить окраску объекта или внешней среды;  
— изменить степень прозрачности объекта или внешней среды;  
— для наблюдения за плохо видимыми объектами или процессами использовать красящие добавки;  
— если такие добавки уже применяются, использовать меченые атомы.
33. Принцип однородности:  
— объекты, взаимодействующие с данным объектом, должны быть сделаны из того же или близкого ему по свойствам материала.
34. Принцип отброса и регенерации частей:  
— выполнившая свое назначение или ставшая ненужной часть объекта должна быть отброшена (растворена, испарена и т. п.) или видоизменена;  
— расходующиеся части объекта должны восстанавливаться в ходе работы.
35. Изменение физико-химических параметров объекта:  
— агрегатного состояния;  
— концентрации или консистенции;  
— степени гибкости;  
— температуры, объема.
36. Применение фазовых переходов:  
— использовать явления, возникающие при фазовых переходах (например, изменение объема, выделение или поглощение тепла и т. д.).
37. Применение термического расширения:  
— использовать термическое расширение (или сжатие) материалов;  
— если термическое расширение уже используется, применить несколько материалов с разными коэффициентами термического расширения.
38. Применение сильных окислителей:  
— заменить обычный воздух обогащенным;  
— заменить обогащенный воздух кислородом;  
— воздействовать на воздух или кислород ионизирующим излучением;  
— использовать озонированный кислород;  
— заменить озонированный (или ионизированный) кислород озоном.
39. Применение инертной среды:  
— заменить обычную среду нейтральной;  
— ввести в объект нейтральные части, добавки и т. п.;  
— осуществлять процесс в вакууме.

#### 40. Применение композиционных материалов:

— перейти от однородных материалов к композиционным.

Необходимо отметить, что приведенные приемы устранения технических противоречий сформулированы в общем виде: их надо приспосабливать к индивидуальным особенностям задачи.

### Приложение 3

**Таблица поиска приемов устранения  
технических противоречий**

№ п/п	Параметры, которые нужно улучшить по условиям задачи
1	Вес подвижного объекта (ПО)
2	Вес неподвижного объекта (НПО)
3	Длина подвижного объекта
4	Длина неподвижного объекта
5	Площадь подвижного объекта
6	Площадь неподвижного объекта
7	Объем подвижного объекта
8	Объем неподвижного объекта
9	Скорость
10	Сила
11	Напряжение, давление
12	Форма
13	Устойчивость состава объекта
14	Прочность
15	Продолжительность действия подвижного объекта
16	Продолжительность действия неподвижного объекта
17	Температура
18	Освещенность
19	Энергия, расходуемая подвижным объектом
20	Энергия, расходуемая неподвижным объектом
21	Мощность
22	Потери энергии
23	Потери вещества
24	Потери информации
25	Потери времени
26	Количество вещества
27	Надежность
28	Точность измерения
29	Точность изготовления
30	Вредные факторы, действующие на объект извне
31	Вредные факторы, генерируемые самим объектом
32	Удобство изготовления
33	Удобство эксплуатации
34	Удобство ремонта
35	Адаптация, универсальность
36	Сложность устройства
37	Сложность контроля и измерения
38	Степень автоматизации
39	Производительность

**Недопустимо ухудшающиеся показатели**  
(ПО — подвижный объект, НПО — неподвижный объект)

№ пара-метра	1 — вес ПО	2 — вес НПО	3 — длина ПО	4 — длина НПО
1			8, 15, 29, 34	
2				1, 10, 29, 35
3	8, 15, 29, 34			
4		28, 29, 35, 40		
5	2, 4, 17, 29		4, 14, 15, 18	
6		2, 14, 18, 30		7, 9, 26, 39
7	2, 26, 29, 40		1, 4, 7, 35	
8		10, 14, 19, 35	14, 19	2, 8, 14, 35
9	8, 13, 28, 38		8, 13, 14	
10	1, 8, 18, 37	1, 13, 18, 28	9, 17, 19, 36	10, 28
11	10, 36, 37, 40	10, 13, 18, 29	10, 35, 36	1, 14, 16, 35
12	8, 10, 29, 40	3, 10, 15, 26	4, 5, 29, 34	7, 10, 13, 14
13	2, 21, 35, 39	1, 26, 39, 40	1, 13, 15, 28	37
14	1, 8, 15, 40	1, 26, 27, 40	1, 8, 15, 35	14, 15, 26, 28
15	5, 19, 31, 34		2, 9, 19	
16		6, 16, 19, 27		1, 35, 40
17	6, 22, 36, 38	22, 32, 35	9, 15, 19	9, 15, 19
18	1, 19, 32	2, 32, 35	16, 19, 32	
19	12, 18, 28, 31		12, 28	
20		6, 9, 19, 27		
21	8, 31, 36, 38	17, 19, 26, 27	1, 10, 35, 37	
22	6, 15, 19, 28	6, 9, 18, 19	2, 6, 7, 13	6, 7, 38
23	6, 23, 35, 40	6, 22, 32, 35	10, 14, 29, 39	10, 24, 28
24	10, 24, 35	5, 10, 35	1, 26	26
25	10, 20, 35, 37	5, 10, 20, 26	2, 15, 29	5, 14, 24, 30
26	6, 18, 31, 35	18, 26, 27, 35	14, 18, 29, 35	
27	3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	4, 9, 14, 15	11, 15, 28, 29
28	26, 28, 32, 35	25, 26, 28, 35	5, 16, 26, 28	3, 16, 28, 32
29	13, 18, 28, 32	9, 27, 28, 35	10, 28, 29, 37	2, 10, 32
30	21, 22, 27, 39	2, 22, 24, 13	1, 4, 17, 39	1, 18
31	15, 19, 22, 39	1, 22, 35, 39	15, 16, 17, 22	
32	15, 16, 28, 29	1, 13, 27, 36	1, 13, 17, 29	15, 17, 27
33	2, 13, 15, 25	1, 6, 13, 25	1, 12, 13, 17	
34	2, 11, 27, 35	2, 11, 27, 35	1, 10, 25, 28	3, 18, 31
35	1, 6, 8, 15	15, 16, 19, 29	1, 2, 29, 35	1, 16, 35
36	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 24, 26	26
37	13, 26, 27, 28	1, 6, 13, 28	16, 17, 24, 26	26
38	18, 26, 28, 35	10, 26, 28, 35	13, 14, 17, 28	23
39	24, 26, 35, 37	3, 15, 27, 28	4, 18, 28, 38	7, 14, 26, 30

№ пара-метра	5 — площадь ПО	6 — площадь НПО	7 — объем ПО	8 — объем НПО
1	17, 29, 34, 38		2, 28, 29, 40	
2		2, 13, 30, 35		2, 5, 14, 35
3	4, 15, 17		4, 7, 17, 35	
4		7, 10, 17, 40		2, 8, 14, 35
5			4, 7, 14, 17	

№ пара-метра	5 — площадь ПО	6 — площадь НПО	7 — объем ПО	8 — объем НПО
6				
7	1, 4, 7, 17			
8				
9	29, 30, 34		7, 29, 34	
10	10, 15, 19,	1, 18, 36, 37	9, 12, 15, 37	2, 18, 36, 37
11	10, 15, 28, 36	10, 15, 36, 37	6, 10, 35	24, 35
12	4, 5, 10, 34		4, 14, 15, 22	2, 7, 35
13	2, 11, 13	39	10, 19, 28, 39	28, 34, 35, 40
14	3, 29, 34, 40	9, 28, 40	7, 10, 14, 15	9, 14, 15, 17
15	3, 17, 19		2, 10, 19, 30	
16				34, 35, 38
17	3, 18, 35, 39	35, 38	18, 34, 39, 40	4, 6, 35
18	19, 26, 32		2, 10, 13	
19	15, 19, 25		13, 18, 35	
20				
21	19, 38	13, 17, 32, 38	6, 35, 38	6, 25, 30
22	15, 17, 26, 30	17, 18, 30, 7	7, 18, 23	7
23	2, 10, 31, 35	10, 18, 31, 39	1, 29, 30, 36	3, 18, 31, 39
24	26, 30	16, 30		2, 22
25	4, 5, 16, 26	4, 10, 17, 35	2, 5, 10, 34	16, 18, 32, 35
26	14, 15, 29	2, 4, 18, 40	15, 20, 29	
27	10, 14, 16, 17	4, 32, 35, 40	3, 10, 14, 24	2, 24, 35
28	3, 26, 28, 32	3, 26, 28, 32	6, 13, 32	
29	28, 29, 32, 33	2, 18, 29, 36	2, 28, 32	10, 25, 35
30	1, 22, 28, 33	2, 27, 35, 39	22, 23, 37, 35	19, 27, 34, 39
31	2, 17, 18, 39	1, 22, 40	2, 17, 40	4, 18, 30, 35
32	1, 13, 12, 26	16, 40	1, 13, 29, 40	35
33	1, 13, 16, 17	15, 16, 18, 39	1, 15, 16, 35	4, 18, 31, 39
34	13, 15, 32	16, 25	2, 11, 25, 35	1
35	7, 29, 30, 35	15, 16	15, 29, 35	
36	1, 13, 14, 16	6, 36	6, 26, 34	1, 16
37	2, 13, 17, 18	2, 16, 30, 39	1, 4, 16, 29	2, 18, 26, 31
38	13, 14, 17		13, 16, 35	
39	10, 26, 31, 34	7, 10, 17, 35	2, 6, 10, 34	2, 10, 35, 37

№ пара-метра	9 — скорость	10 — сила	11 — давление, напряжение	12 — форма
1	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40
2		8, 10, 19, 35	10, 13, 18, 29	10, 13, 14, 29
3	4, 8, 13	4, 10, 17	1, 8, 35	1, 8, 10, 29
4		10, 28	1, 14, 35	7, 13, 14, 15
5	4, 29, 30, 35	2, 19, 30, 35	10, 15, 28, 36	4, 5, 29, 34
6		1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37	
7	4, 29, 34, 38	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 4, 15, 29
8		2, 18, 37	24, 35	2, 7, 35
9		13, 15, 19, 28	6, 18, 38, 40	15, 18, 34, 35
10	12, 13, 15, 28		11, 18, 21	10, 34, 35, 40
11	6, 35, 36	21, 35, 36		4, 10, 15, 35
12	15, 18, 34, 35	10, 35, 37, 40	10, 14, 15, 34	

№ параметра	9 — скорость	10 — сила	11 — давление, напряжение	12 — форма
13	15, 18, 28, 33	10, 16, 21, 35	2, 35, 40	1, 4, 18, 22
14	8, 13, 14, 26	3, 10, 14, 18	3, 10, 18, 40	10, 30, 35, 40
15	3, 5, 35	2, 16, 19	3, 19, 27	14, 25, 26, 28
16				
17	2, 28, 30, 36	3, 10, 21, 35	2, 19, 35, 39	14, 19, 22, 32
18	10, 13, 19	6, 19, 26		30, 32
19	8, 15, 35	2, 16, 21, 26	14, 23, 25	2, 12, 29
20		36, 37		
21	2, 15, 35	2, 26, 35, 36	10, 22, 35	2, 14, 29, 40
22	16, 35, 38	36, 38		
23	10, 13, 28, 38	14, 15, 18, 40	3, 10, 36, 37	3, 5, 29, 35
24	26, 32			
25		5, 10, 36, 37	4, 36, 37	4, 10, 17, 34
26	28, 29, 34, 35	3, 14, 35	3, 10, 14, 36	14, 35
27	11, 21, 28, 35	3, 8, 10, 28	10, 19, 24, 35	1, 11, 16, 35
28	13, 24, 28, 32	2, 32	6, 28, 32	6, 28, 32
29	10, 28, 32	19, 28, 34, 36	3, 35	30, 32, 40
30	21, 22, 28, 35	13, 18, 35, 39	2, 22, 37	1, 3, 22, 35
31	3, 23, 28, 35	1, 28, 35, 40	18, 27, 33, 2	1, 35
32	1, 8, 13, 35	12, 35	1, 19, 35, 37	1, 13, 27, 28
33	13, 18, 34	13, 28, 35	2, 12, 32	15, 28, 29, 34
34	9, 34	1, 10, 11	13	1, 2, 4, 13
35	10, 14, 35	15, 17, 20	16, 35	1, 8, 15, 37
36	10, 28, 34	16, 26	1, 19, 35	13, 15, 28, 29
37	3, 4, 16, 35	19, 28, 36, 40	32, 35, 36, 37	1, 13, 27, 39
38	10, 28	2, 35	13, 35	1, 13, 15, 32
39		10, 15, 28, 36	10, 14, 37	10, 14, 34, 40

№ параметра	13 — состав, устойчивость	14 — прочность	15 — продолжительность действия ПО	16 — продолжительность действия НПО
1	1, 19, 35, 39	18, 27, 28, 40	5, 31, 34, 35	
2	1, 26, 39, 40	2, 10, 27, 28		2, 6, 19, 27
3	1, 8, 15, 34	8, 29, 34, 35	19	
4	35, 37, 39	14, 15, 26, 28		1, 35, 40
5	2, 11, 13, 39	3, 14, 15, 40	3, 6	
6	2, 38	40		2, 10, 19, 30
7	1, 10, 28, 39	7, 9, 14, 15	4, 6, 35	
8	28, 34, 35, 40	9, 14, 15, 17		34, 35, 38
9	1, 18, 28, 33	3, 8, 14, 26	3, 5, 19, 35	
10	10, 21, 35	10, 14, 27, 35	2, 19	
11	2, 33, 35, 40	3, 9, 18, 40	3, 19, 27	
12	1, 4, 18, 33	10, 14, 30, 40	9, 14, 25, 26	
13		9, 15, 17	10, 13, 27, 35	3, 23, 35, 39
14	13, 17, 35		3, 26, 27	
15	3, 13, 35	3, 10, 27		
16	3, 23, 35, 39			
17	1, 32, 35	10, 22, 30, 40	13, 19, 39	18, 19, 36, 40
18	3, 27, 32	19, 35	2, 6, 19	
19	13, 17, 19, 24	5, 9, 19, 35	6, 18, 28, 35	



№ параметра	13 – состав, устойчивость	14 – прочность	15 – продолжительность действия ПО	16 – продолжительность действия НПО
20	4, 18, 27, 29	35		
21	15, 31, 32, 35	10, 26, 28	10, 19, 35, 38	16
22	2, 6, 14, 39	26		
23	2, 14, 30, 40	28, 31, 35, 40	3, 18, 27, 28	16, 18, 27, 38
24			10	10
25	3, 5, 22, 35	3, 18, 28, 29	10, 18, 20, 28	10, 16, 20, 28
26	2, 15, 17, 40	10, 14, 34, 35	3, 10, 35, 40	3, 31, 35
27		11, 28	2, 3, 25, 35	6, 27, 34, 40
28	13, 32, 35	6, 28, 32	6, 28, 32	10, 24, 26
29	18, 30	3, 27, 40	3, 27, 40	
30	18, 24, 30, 35	1, 18, 35, 37	15, 22, 28, 33	1, 17, 33, 40
31	27, 35, 39, 40	2, 15, 22, 35	15, 22, 33, 31	16, 21, 22, 39
32	1, 11, 13	1, 3, 10, 32	1, 4, 27	16, 35
33	30, 32, 35	3, 28, 32, 40	3, 8, 25, 29	1, 16, 25
34	2, 35	1, 2, 9, 11	11, 27, 28, 29	1
35	14, 30, 35	3, 6, 32, 35	1, 13, 35	2, 16
36	2, 17, 19, 22	2, 13, 28	4, 10, 15, 28	
37	11, 22, 30, 39	3, 15, 27, 28	19, 25, 29, 39	6, 25, 34, 35
38	1, 18	13, 25	6, 9	
39	3, 22, 35, 39	10, 18, 28, 29	2, 10, 18, 35	10, 16, 20, 38

№ параметра	17 – температура	18 – освещенность	19 – энергия, расходуемая ПО	20 – энергия, расходуемая НПО
1	4, 6, 29, 38	1, 19, 32	12, 31, 34, 35	
2	19, 22, 28, 32	19, 32, 35		1, 18, 19, 28
3	10, 15, 19	32	8, 24, 35	
4	3, 18, 35, 39	3, 25		
5	2, 15, 16	13, 15, 19, 32	19, 32	
6	35, 38, 39			
7	10, 18, 34, 39	2, 10, 13	35	
8	4, 6, 35			
9	2, 28, 30, 36	10, 13, 19	8, 15, 35, 38	
10	10, 21, 35		10, 17, 19	1, 16, 36, 37
11	2, 19, 35, 39		10, 14, 24, 37	
12	14, 19, 22, 32	13, 15, 32	2, 6, 14, 34	
13	1, 32, 35	3, 15, 27, 32	13, 19	4, 18, 27, 29
14	10, 30, 40	19, 35	10, 19, 35	35
15	19, 35, 39	2, 4, 19, 35	6, 18, 28, 35	
16	18, 19, 36, 40			
17		16, 21, 30, 32	3, 15, 17, 19	
18	19, 32, 35		1, 19, 32	1, 15, 32, 35
19	3, 14, 19, 24	2, 15, 19		
20		2, 19, 32, 35		
21	2, 14, 17, 25	6, 16, 19	6, 16, 19, 37	
22	7, 19, 38	1, 13, 15, 32		
23	21, 31, 36, 39	1, 6, 13	5, 18, 24, 35	12, 27, 28, 31
24		19		
25	18, 21, 29, 35	1, 17, 19, 26	18, 19, 35, 38	1
26	3, 17, 39		16, 18, 29, 34	3, 31, 35

№ пара-метра	17 – температура	18 – освещенность	19 – энергия, расходуемая ПО	20 – энергия, расходуемая НПО
27	3, 10, 35	11, 13, 32	11, 19, 21, 27	23, 36
28	6, 19, 24, 28	1, 6, 32	3, 6, 32	
29	19, 26	3, 32	2, 32	
30	2, 22, 33, 35	1, 13, 19, 32	1, 6, 24, 27	2, 10, 22, 37
31	2, 22, 24, 35	19, 24, 32, 39	2, 6, 35	18, 19, 22
32	18, 26, 27	1, 24, 27, 28	1, 26, 27, 28	1, 4
33	13, 26, 27	1, 17, 13, 24	1, 13, 24	
34	4, 10	1, 13, 15	1, 15, 16, 28	
35	2, 3, 27, 35	1, 6, 22, 26	13, 19, 29, 35	
36	2, 13, 17	13, 17, 24	2, 27, 28, 29	
37	3, 16, 27, 35	2, 24, 26	35, 38	16, 19, 35
38	2, 19, 26	8, 19, 32	2, 13, 32	
39	10, 21, 28, 35	1, 17, 19, 26	10, 19, 35, 38	1

№ пара-метра	21 – мощность	22 – потери энергии	23 – потери вещества	24 – потери информации
1	12, 18, 31, 36	2, 6, 19, 34	3, 5, 31, 35	10, 24, 35
2	15, 18, 19, 22	15, 18, 19, 28	5, 8, 13, 30	10, 15, 35
3	1, 35	2, 7, 35, 39	4, 10, 23, 29	1, 24
4	8, 12	6, 28	10, 24, 28, 35	24, 26
5	10, 18, 19, 32	15, 17, 26, 30	2, 10, 35, 39	26, 30
6	17, 32	7, 17, 30	10, 14, 18, 39	16, 30
7	6, 13, 18, 35	7, 13, 15, 16	10, 34, 36, 39	2, 22
8	6, 30		10, 34, 35, 39	
9	2, 19, 35, 38	14, 19, 20, 35	10, 13, 28, 38	13, 26
10	18, 19, 35, 37	14, 15	5, 8, 35, 40	
11	10, 14, 35	2, 25, 36	3, 10, 36, 37	
12	2, 4, 6	14	3, 5, 29, 35	
13	27, 31, 32, 35	2, 6, 14, 39	2, 14, 30, 40	
14	10, 26, 28, 35	35	28, 31, 35, 40	
15	10, 19, 35, 38		3, 18, 27, 28	10
16	16		16, 18, 27, 38	10
17	2, 14, 17, 25	17, 21, 35, 38	21, 31, 29, 36	
18	32	1, 6, 16, 13	1, 13	1, 6
19	6, 18, 19, 37	12, 15, 22, 24	5, 18, 24, 35	
20			18, 27, 28, 31	
21		10, 35, 38	18, 27, 28, 38	10, 19
22	3, 38		2, 27, 35, 37	10, 19
23	18, 27, 28, 38	2, 27, 31, 35		
24	10, 19	10, 19		
25	6, 10, 20, 35	5, 10, 18, 32	10, 18, 35, 39	24, 26, 28, 32
26	35	7, 18, 25	3, 6, 10, 24	24, 38, 35
27	11, 21, 26, 31	10, 11, 35	10, 29, 35, 39	10, 28
28	3, 6, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28	
29	2, 32	2, 13, 32	10, 24, 31, 35	
30	2, 19, 22, 31	2, 21, 22, 35	19, 22, 33, 40	2, 10, 22
31	2, 18, 35	2, 21, 22, 35	1, 10, 34	10, 21, 29
32	1, 12, 24, 27	19, 35	15, 33, 34	16, 18, 24, 32
33	2, 10, 34, 35	2, 13, 19	2, 24, 28, 32	4, 10, 22, 27
34	2, 10, 15, 32	1, 15, 19, 32	2, 27, 34, 35	

№ пара-метра	21 — мощность	22 — потери энергии	23 — потери мощности	24 — потери информации
35	1, 19, 29	1, 15, 18	2, 10, 13, 15	
36	19, 20, 30, 34	2, 10, 13, 35	10, 28, 29, 35	
37	1, 10, 16, 19	3, 15, 19, 35	1, 10, 18, 24	22, 27, 33, 35
38	2, 27, 28	23, 28	5, 10, 18, 35	33; 35
39	10, 20, 36	10, 28, 29, 35	10, 23, 28, 35	13, 15, 23

№ пара-метра	25 — потери времени	26 — количество вещества	27 — надежность	28 — точность времени
1	10, 20, 28, 35	3, 18, 26, 31	1, 3, 11, 27	26, 27, 28, 35
2	10, 20, 26, 35	6, 18, 19, 26	3, 8, 10, 28	18, 26, 28
3	2, 15, 29	29, 35	10, 14, 29, 40	4, 28, 32
4	14, 29, 30		15, 28, 29	3, 28, 32
5	4, 26	6, 13, 29, 30	9, 29	3, 26, 28, 32
6	4, 10, 18, 35	2, 4, 18, 40	4, 32, 35, 40	3, 26, 28, 32
7	2, 6, 10, 34	7, 29, 30	1, 11, 14, 40	25, 26, 28
8	16, 18, 32, 35	3, 35	2, 16, 35	
9		10, 19, 29, 38	11, 27, 28, 35	1, 24, 28, 32
10	10, 26, 37	14, 18, 29, 36	3, 35, 21, 13	10, 23, 24, 35
11	4, 36, 37	10, 14, 36	10, 13, 19, 35	6, 25, 28
12	10, 14, 17, 34	22, 36	10, 16, 40	1, 28, 32
13	27, 35	15, 32, 35		13
14	3, 10, 28, 29	10, 27, 29	3, 11	3, 16, 27
15	10, 18, 20, 28	3, 10, 35, 40	2, 11, 13	3
16	10, 16, 20, 28	3, 31, 35	6, 27, 34, 40	10, 24, 26
17	18, 21, 28, 35	3, 17, 30, 39	3, 19, 10, 35	19, 24, 32
18	1, 17, 19, 26	1, 19		11, 15, 32
19	18, 19, 35, 38	16, 18, 23, 34	11, 19, 21, 27	1, 3, 32
20		3, 31, 35	10, 23, 36	
21	6, 10, 20, 35	4, 19, 34	19, 24, 26, 31	2, 15, 32
22	7, 10, 18, 32	7, 18, 25	10, 11, 35	32
23	10, 15, 18, 35	3, 6, 10, 24	10, 29, 35, 39	16, 28, 31, 34
24	24, 26, 28, 32	24, 28, 35	10, 23, 28	
25		16, 18, 35, 38	4, 10, 30	24, 28, 32, 34
26	16, 18, 35, 38		3, 18, 28, 40	2, 3, 28
27	4, 10, 30	3, 21, 28, 40		3, 11, 23, 32
28	24, 28, 32, 34	2, 6, 32	1, 5, 11, 23	
29	18, 26, 28, 32	30, 32	1, 11, 32	
30	18, 34, 35	29, 31, 33, 35	2, 24, 27, 40	23, 26, 28, 33
31	1, 22	1, 3, 24, 39	2, 24, 39, 40	3, 26, 33
32	4, 28, 34, 35	1, 23, 24, 35		1, 12, 18, 35
33	4, 10, 28, 34	12, 35	8, 17, 27, 40	2, 13, 25, 34
34	1, 10, 25, 32	2, 10, 28, 25	1, 10, 11, 16	2, 10, 13
35	28, 35	3, 15, 35	8, 13, 24, 35	1, 5, 10, 35
36	6, 29	3, 10, 13, 27	1, 13, 35	2, 10, 26, 34
37	9, 18, 28, 32	3, 18, 27, 29	8, 27, 28, 40	24, 26, 28, 32
38	24, 28, 30, 35	13, 35	11, 27, 32	10, 26, 28, 34
39		35, 38	1, 10, 35, 38	1, 10, 28, 34

№ пара-метра	29 — точность изготовления	30 — вредные факторы, действующие извне	31 — вредные факторы, генерируемые объектом	32 — удобство изготовления
1	18, 26, 28, 35	18, 21, 22, 27	22, 31, 35, 39	1, 27, 28, 36
2	1, 10, 17, 35	2, 19, 22, 37	1, 22, 35, 39	1, 9, 28
3	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24	15, 17	1, 17, 29
4	2, 10, 32	1, 18		15, 17, 27
5	2, 32	1, 22, 28, 33	2, 17, 18, 39	1, 13, 24, 26
6	2, 18, 29, 36	2, 27, 35, 39	1, 22, 40	16, 40
7	2, 16, 25, 28	21, 22, 27, 35	1, 2, 17, 40	1, 29, 40
8	10, 25, 35	19, 27, 34, 39	4, 18, 30, 35	35
9	10, 25, 28, 32	1, 23, 28, 35	2, 21, 24, 35	1, 8, 13, 35
10	28, 29, 36, 37	1, 18, 35, 40	3, 13, 24, 36	1, 15, 18, 37
11	3, 35	2, 22, 37	2, 27, 18, 33	1, 16, 35
12	30, 32, 40	1, 2, 22, 35	1, 35	1, 17, 28, 32
13	18	18, 24, 30, 35	27, 35, 39, 40	19, 35
14	3, 27	1, 18, 35, 37	2, 15, 22, 35	3, 10, 11, 32
15	3, 16, 27, 40	15, 22, 28, 33	16, 22, 21, 39	1, 4, 27
16		1, 17, 33, 40	22	10, 35
17	24	2, 22, 33, 35	2, 22, 24, 35	26, 27
18	3, 32	15, 19	19, 32, 35, 39	19, 26, 28, 35
19		1, 6, 27, 35	2, 6, 35	26, 28, 30
20		2, 10, 22, 37	18, 19, 22	1, 4
21	2, 32	2, 19, 22, 31	2, 18, 35	10, 26, 34
22		2, 21, 22, 35	2, 21, 22, 35	
23	10, 24, 31, 35	22, 30, 33, 40	1, 10, 29, 34	15, 33, 34
24		1, 10, 22	10, 21, 22	32
25	18, 24, 26, 28	18, 34, 35	18, 22, 35, 39	4, 28, 34, 35
26	30, 33	29, 31, 33, 35	3, 35, 39, 40	1, 27, 29, 35
27	1, 11, 32	2, 27, 35, 40	2, 26, 35, 40	
28		22, 24, 26, 28	3, 10, 33, 39	6, 18, 25, 35
29		10, 26, 28, 30	4, 17, 26, 34	
30	10, 18, 26, 28			2, 24, 35
31	4, 17, 26, 34			
32		2, 24		
33	1, 23, 32, 35	2, 25, 28, 39		2, 5, 12
34	10, 25	2, 16, 10, 35		1, 10, 11, 35
35		11, 32, 31, 35		1, 13, 31
36	24, 26, 32	19, 22, 29, 40	1, 19	1, 13, 26, 27
37		19, 22, 28, 29	2, 21	5, 11, 28, 29
38	18, 23, 26, 28	2, 33	2	1, 13, 26
39	1, 10, 18, 32	13, 22, 24, 35	18, 22, 35, 39	2, 24, 28, 35

№ пара-метра	33 — удобство эксплуатации	34 — удобство ремонта	35 — адаптация, универсальность	36 — сложность устройства
1	2, 3, 24, 35	2, 11, 27, 28	5, 8, 15, 29	26, 30, 34, 36
2	1, 6, 13, 32	2, 11, 27, 28	15, 19, 29	1, 10, 26, 39
3	4, 15, 29, 35	1, 10, 28	1, 14, 15, 16	1, 19, 24, 26
4	2, 25	3	1, 35	1, 26
5	13, 15, 16, 17	1, 10, 13, 15	15, 30	1, 13, 14
6	4, 16	16	15, 16	1, 18, 36
7	15, 12, 13, 30	10	15, 29	1, 26

№ пара-метра	33 удобство эксплуатации	34 – удобство ремонта	35 адаптация, универсальность	36 сложность устройства
8		1		1, 31
9	12, 13, 28, 32	2, 27, 28, 34	10, 15, 26	4, 10, 28, 34
10	1, 3, 25, 28	1, 11, 15	15, 17, 18, 20	10, 18, 26, 35
11	11	2	35	1, 19, 35
12	15, 26, 32	1, 2, 13	1, 15, 29	1, 16, 28, 29
13	30, 32, 35	2, 10, 16, 35	2, 30, 34, 35	2, 22, 26
14	2, 28, 32, 40	3, 11, 27	3, 15, 32	2, 13, 28
15	12, 27	10, 27, 29	1, 13, 35	4, 10, 15, 29
16	1	1	2	
17	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27	2, 16, 17
18	19, 26, 28	13, 15, 16, 17	1, 15, 19	6, 13, 32
19	19, 35	1, 15, 17, 28	13, 15, 16, 17	2, 27, 28, 29
20				
21	10, 26, 35	2, 10, 34, 35	17, 19, 34	19, 20, 30, 34
22	1, 32, 35	2, 19		7, 23
23	2, 24, 28, 32	2, 27, 34, 35	2, 10, 15	10, 24, 28, 35
24	22, 27			
25	4, 10, 28, 34	1, 10, 32	28, 35	6, 29
26	10, 25, 29, 35	2, 10, 25, 32	3, 15, 29	3, 10, 13, 27
27	17, 27, 40	1, 11	8, 13, 24, 35	1, 13, 35
28	1, 13, 17, 34	1, 11, 13, 32	2, 13, 35	10, 27, 34, 35
29	1, 23, 32, 35	10, 25		2, 18, 26
30	2, 25, 28, 39	2, 10, 35	11, 22, 31, 35	19, 22, 29, 40
31				1, 19, 31
32	2, 5, 13, 16	1, 9, 11, 35	2, 13, 15	1, 26, 27
33		1, 12, 26, 32	1, 15, 16, 34	12, 17, 26, 32
34	1, 12, 15, 26		1, 4, 7, 16	1, 11, 13, 35
35	1, 15, 16, 34	1, 4, 7, 16		15, 28, 29, 37
36	9, 24, 26, 27	1, 13	15, 28, 29, 37	
37	2, 5	12, 26	1, 15	10, 15, 28, 37
38	1, 3, 12, 34	1, 13, 35	1, 4, 27, 35	10, 15, 24
39	1, 7, 19, 28	1, 10, 25, 32	1, 35, 37, 28	12, 17, 24, 28

№ пара-метра	37 – сложность кон-троля и измерения	38 – степень авто-матизации	39 производи-тельность
1	26, 28 29, 32	18, 19, 26, 35	3, 24, 35, 37
2	15, 17, 25, 28	2, 26, 35	1, 15, 28, 35
3	1, 24, 26, 35	16, 17, 24, 26	4, 14, 28, 29
4	26		7, 14, 26, 30
5	2, 18, 26, 36	14, 23, 28, 30	2, 10, 26, 34
6	2, 18, 30, 35	23	7, 10, 15, 17
7	4, 26, 29	16, 24, 34, 35	2, 6, 10, 34
8	2, 17, 26		2, 10, 35, 37
9	3, 16, 27, 34	10, 18	
10	10, 19, 36, 37	2, 35	3, 28, 35, 37
11	2, 36, 37	24, 35	10, 14, 35, 37
12	13, 15, 39	1, 15, 32	10, 17, 26, 34
13	22, 23, 35, 39	1, 8, 35	3, 23, 35, 40
14	3, 15, 27, 40	15	10, 14, 29, 35

№ параметра	37 — сложность конт-роля и измерения	38 — степень автоматизации	39 — производи-тельность
15	19, 29, 35, 39	6, 10	14, 17, 19, 35
16	6, 25, 34, 35	1	10, 16, 20, 38
17	3, 27, 31, 35	2, 16, 19, 26	15, 28, 35
18	15, 32	2, 10, 26	2, 16, 25
19	35, 38	2, 32	12, 28, 35
20	16, 19, 25, 35		1, 6
21	16, 19, 35	2, 17, 28	28, 34, 35
22	3, 15, 23, 35	2	10, 29, 28, 35
23	10, 13, 18, 35	10, 18, 35	10, 23, 28, 35
24	33, 35	35	13, 23, 15
25	10, 18, 28, 32	24, 28, 30, 35	
26	3, 18, 27, 29	8, 35	3, 13, 27, 29
27	27, 28, 40	11, 13, 27	1, 35, 38, 29
28	24, 26, 28, 32	2, 10, 28, 34	10, 28, 32, 34
29		18, 23, 26, 28	10, 18, 32, 39
30	19, 22, 29, 40	3, 33, 34	13, 22, 24, 35
31	1, 2, 21, 27	2	18, 22, 35, 39
32	1, 6, 11, 28	1, 8, 28	1, 10, 28, 35
33		1, 3, 12, 34	1, 15, 28
34		7, 13, 34, 35	1, 10, 32
35	1	27, 34, 35	6, 28, 35, 37
36	10, 15, 28, 37	1, 15, 24	12, 17, 28
37		21, 34	18, 35
38	25, 27, 34		5, 12, 26, 35
39	2, 18, 27, 35	5, 12, 26, 35	

## СОДЕРЖАНИЕ

I. Организованное инженерное мышление . . . . .	3
1. Эврика . . . . .	4
2. Истоки двух методов . . . . .	15
3. Хочешь творить? Мысли и фантазируй! . . . .	36
II. Прыгнуть выше себя . . . . .	39
1. Основные идеи ТРИЗ в изобретениях южноураль- цев . . . . .	41
2. Играя, входим в профессию . . . . .	55
3. Учатся изобретать школьники . . . . .	64
III. Пароль в завтра . . . . .	73
1. Творчество в рабочей профессии . . . . .	76
2. НТТМ — как ему развиваться? . . . . .	103
Приложения . . . . .	111

КАК  
СТАТЬ  
ИЗОБРЕТАТЕЛЕМ

Составитель  
*Анатолий Исаакович Сенин*

Редактор *Н. Е. Хайбуллина*  
Худож. редактор *Я. Н. Мельник*  
Техн. редактор *О. Я. Понятовская*  
Корректор *В. И. Мельник*

ИБ № 1182

Сдано в набор 30.11.84.  
Подписано к печати 14.05.85.  
ФБ 31418. Формат 84×108/32.  
Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная.  
Фотонабор. Печать офсетная. Усл. п. л. 7,14.  
Усл. кр.-отт. 7,62. Уч.-изд. 8,0.  
Тираж 5000 экз. Заказ № 2921.  
Цена 40 к.  
Южно-Уральское книжное издательство,  
454113, г. Челябинск,  
пл. Революции, 2.  
Областная типография  
Челяб. обл. управления издательств,  
полиграфии и книжной торговли,  
454000, г. Челябинск,  
ул. Творческая, 127.



К16

**Как стать изобретателем?** /Авт. коллектив:  
Ю. Г. Гуревич, А. Я. Найн, Б. В. Шмаков и др.—  
Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1985.— 136 с.,  
ил.

40 к. 5000 экз.

Эта книга — о природе технического творчества и о способах обучения изобретательскому делу. Ее авторы рассказывают, как с помощью теории и алгоритма решения изобретательских задач (ТРИЗ и АРИЗ) развивается творческое техническое воображение и взрослых, и юных умельцев — учащихся школ и профтехучилищ Челябинской, Курганской и Оренбургской областей.

Книга снабжена схемами и чертежами, содержит наиболее характерные задачи и инструментарий для их решения.

К  $\frac{30102-057}{M162(03)-85}$  15—85

ББК 30У

© Южно-Уральское книжное издательство, 1985.

### О п е ч а т к а

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
116	4-я снизу 2-й столбец	ловечки"-молнии	ловечки"-молнии сами разбива-

**Как стать изобретателем.**

