

Г.С. АЛЬТШУЛЛЕР
А.Б. СЕЛЮЦКИЙ

КАК
РЕШАТЬ
ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИЕ
ЗАДАЧИ

КРЫЛЬЯ для ИКАРА

как мейвница, как дом...

В этом отношении очень интересна его картина «Падение Икара», написанная не позднее 1559 года. На картине изображены стадо овец и пастух, пахарь, идущий за плугом... И парусник (пахарь моря, по выражению Джека Лондона), готовый уйти в неведомое.

А Икара, собственно, нет.

Рядом с парусным кораблем на фоне темной воды

болтаются две ноги, которые не сразу и заметишь: это тонет Икар, уже упавший в реку (даже не в море!), и всем безразлично, что он тонет...

Вполне вероятно, что Брейгель Мужичкий решил вот таким несколько кощунственным толкованием одной из прекраснейших легенд сказать людям, что браться нужно за дела реальные, насущные: пахать землю, пасти скот. И нужно, чтобы парусники — пахари моря — уходили на поиски неведомых земель, — нужно, чтобы парусники работали... А Икар, стремящийся в небо, к солнцу? Нет уж, пусть он лучше болтает ножками в мутной воде — туда ему и дорога.

Г. С. АЛЬТШУЛДЕР, А. Б. СЕЛЮЦКИЙ

КРЫЛЬЯ ДЛЯ ИКАРА

КАК РЕШАТЬ
ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИЕ
ЗАДАЧИ

Если бы Икар
благополучно
совершил
свой полет,
кто бы
о нем
помнил?

ИЗДАТЕЛЬСТВО „КАРЕЛИЯ“
ПЕТРОЗАВОДСК
1980

Альтшуллер Г. С., Селюцкий А. Б.

А 58 Крылья для Икара: Как решать изобретательские задачи. — Петрозаводск: Карелия, 1980. — 224 с., ил.

Книга о теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Живым языком с большим количеством примеров изложено дальнейшее развитие методики изобретательства, названной ее автором Г. С. Альтшуллером Алгоритмом решения изобретательских задач (АРИЗ). Как и предыдущие книги этих авторов, она является призывом к творчеству. Книга рассчитана на широкий круг читателей — от школьников до инженеров.

ББК 30у
601

А 30102—057
М127 (03)—80 14—80

© «Карелия», 1980

К ЧИТАТЕЛЯМ

Перед вами книга о творчестве. Точнее — о механизмах творчества, о методах решения творческих задач. Еще точнее — о теории, дающей возможность решать творческие задачи так, как решаются задачи, скажем, по физике или по химии, — на основании знания и применения законов, правил, формул.

Теория эта только-только возникает. Спросите у своих друзей и знакомых: в чем секрет творчества? — и вы услышите, что все зависит от врожденных способностей, от интуиции, от счастливой случайности. Возьмите книги о творчестве, вышедшие лет десять назад, — в них тоже прочтаете о природном даре, настойчивости, озарении, удаче... В кинофильмах вы, наверное, не раз видели, как рождается идея. Человек ходит из угла в угол, трет лоб и бормочет: «А если сделать так?.. Нет, так нельзя... Хорошо, а если попробовать вот так?» И вдруг, подобно молнии, мгновенно освещающей непроглядную тьму, возникает идея, и сразу становится ясно, как должна быть решена задача. Такое представление о творчестве складывалось тысячелетиями. Не приходится удивляться, что оно кажется очевидным и единственно возможным. Правда, еще в глубокой древности некоторые ученые говорили, что надо создать науку о решении творческих задач. Говорили об этом и позже. Но дальше разговоров дело не шло, и технология творчества оставалась неизменной: думай, перебирай всевозможные варианты, ищи, настойчиво ищи — день, месяц, год, всю жизнь — и наступит миг озарения, произойдет таинственная вспышка, блеснет новая идея...

Мысль о том, что творчество подчинено каким-то законам и эти законы можно познать и использовать, до сих пор многими считается еретической, подрывающей основы таких понятий, как «талант», «гений».

История всех побед человеческого разума начинается со слова «невозможно». Паровоз? Невозможно! Пароход, телеграф, самолет, радио? Невозможно! Полеты в космос? И думать нечего, это никак невозможно! Что же удивительного в том, что управление творческим процессом тоже было объявлено невозможным?

Вопреки прогнозам скептиков, разум победил и на этот раз: созданы научные методы решения творческих задач, этим методам можно учить, как учат любой науке.

Каких-нибудь сто лет назад казалось несбыточной мечтой общество, в котором каждый человек обучен грамоте. Теперь мы знаем, что развитой социализм невозможен без всеобщей грамотности. Пройдут годы, и возникнет общество, в котором каждый человек будет способен решать сложнейшие творческие задачи. Вероятно, тогда это тоже покажется очевидной необходимостью: разве вершины творчества могут оставаться при коммунизме доступными только небольшой группе людей?..

Итак, перед вами книга о научной организации творчества. Принципы научного подхода к творчеству едины в технике, науке, искусстве. Но теория решения творческих задач детально разработана пока только для техники. Поэтому наша книга рассказывает в основном об изобретательском творчестве. Некоторые выводы читатель сам сможет перенести на другие виды деятельности. Кое-что о таком переносе расскажем и мы. Пусть «техничность» книги, обилие технических задач и примеров не смущает читателя. Никаких специальных знаний для понимания книги не нужно, мы старались писать так, чтобы все было понятно и школьнику.

Перед нами были две возможности. Мы могли изложить современную теорию решения изобретательских задач в готовом виде. Признаться, было очень соблазнительно ошеломить читателя парадом блестящих инструментов теории и победными репортажами об их практических применениях. Мы предпочли другой путь, решив начать «с нуля» и вместе с читателем проследить, как построена теория, покопаться в ее механизмах и посмотреть, почему тот или иной механизм устроен так, а не иначе. Получилась книга-размышление, и читать ее надо, как нам кажется, не спеша, часто возвращаясь к прочитанному, не жалея времени на «возню» с задачами и на обдумывание идей, возникающих при чтении.

Эта книга — не учебник изобретательства, а только пролог к систематической учебе. Во многих городах работают школы научно-технического творчества, их число с каждым годом увеличивается. Мы надеемся, что книга покажет читателю, насколько необходимо владеть методами решения творческих задач и как это увлекательно — знать и применять их. И если хотя бы часть читателей придет в школы научно-технического творчества, мы будем считать свою цель достигнутой.

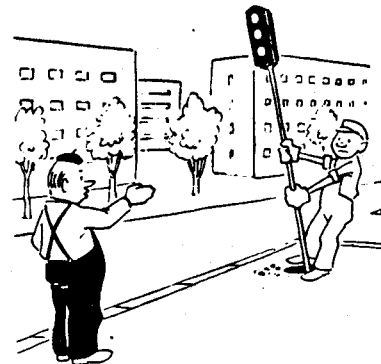
ЗНАКОМЬТЕСЬ: ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ

ДЕСЯТЬ СЕКУНД НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

Давайте сделаем простой опыт: возьмем изобретательскую задачу и попробуем ее решить... за несколько секунд. Время на ознакомление с условиями задачи учитывать не будем, да оно и невелико, тоже несколько секунд.

Итак, приступаем.

Задача 1. Все видели дорожный светофор: это обычная металлическая стойка-труба, на которой укреплена коробка с лампами и цветными стеклами. Иногда коробку светофора желательно поднять повыше, а иногда, наоборот, надо опустить ее пониже. Бывает и так, что верхнюю часть стойки нужно отвести в сторону. Приходится вызывать трех-четырех рабочих; они откапывают основание трубы, осторожно опускают все сооружение на землю, меняют стойку светофора — ставят более длинную или более короткую трубу, меняют прямую трубу на изогнутую, — а затем снова устанавливают светофор. Уходит на это полсмены, а порой и больше.



Как быть? Как сделать, чтобы высоту и форму стойки светофора можно было изменять за десять — пятнадцать минут?

У вас уже, наверное, готов ответ, и потребовалось на это секунд десять, не больше. Нужно сделать стойку разборной, состоящей из соединенных друг с другом отрезков трубы. Такую стойку

можно, не выкапывая, разделить на части и добавить или убавить нужное число отрезков. Как в детском конструкторе: из коротких пластин можно собрать длинную пластинку любой формы.

Мы предлагали эту задачу инженерам, студентам, школьникам, и не было случая, чтобы кто-нибудь ее не решил. Может быть, это не изобретательская задача? Но вот перед нами авторское свидетельство № 259 949, выданное несколько лет назад группе изобретателей. Авторское свидетельство — это государственный документ, официально подтверждающий новизну и полезность предложенного решения задачи. В авторском свидетельстве № 259 949 на изобретение, которое называется «Светофор облегченной конструкции», приведено подробное описание светофора, и заканчивается это описание, как и полагается, так называемой формулой изобретения: «Светофор облегченной конструкции, содержащий стойку, головку и основание, отличающийся тем, что, с целью быстрого опускания и подъема светофора без смещения основания, стойка выполнена из составных шарнирно соединенных между собой элементов...» Формула изобретения, как видите, — это одна фраза, разделенная на две части словом «отличающийся». В первой части формулы описано то, что было известно раньше, до изобретения. А во второй части изложена суть данного изобретения. Итак, стойка светофора выполнена из составных элементов. Сомневаться не приходится: вы решили (и притом легко!) самую натуральную изобретательскую задачу. Сделай вы это на несколько лет раньше, и именно вы были бы признаны изобретателем.

Тут читатель вправе усомниться: неужели так просто решать изобретательские задачи? Хорошо, рассмотрим еще несколько задач.

Задача 2. В аптеках часто надо смешивать различные жидкости. Казалось бы, дело нехитрое: нальем жидкости в один сосуд и размешаем ложечкой. Но есть жидкости, которые нельзя держать в открытом сосуде. Приходится смешивать их в бутылке, плотно закрытой стеклянной пробкой. И вот аптекарь встряхивает бутылку — минуту, вторую, третью... Сооружать машину для встряхивания бутылок — решение дорогое и громоздкое. Но и подолгу трясти бутылки тоже плохо. Как же быть?

Эту задачу предложили учащимся ПТУ. Решали они ее в письменном виде, и преподаватели строго следили за тем, чтобы каждый решал самостоятельно. Две группы, тридцать шесть ответов — и в основе всех ответов идея «мешалки». Нужно что-то размешать, следовательно, нужна какая-то мешалка — ложечка, палоч-

ка, пластинка... Эта так очевидно! Сделаем в пробке отверстие, пропустим сквозь него ложечку и будем ее вращать. Вроде бы все хорошо, но не пройдут ли пары жидкости между ручкой ложечки и стенками отверстия? А если просто бросить ложечку внутрь бутылки и встряхивать? И тут есть свой минус: сильно встряхнешь бутылку — и ложка разобьет стекло. Лучше, чтобы ложка при встряхивании не соприкасалась со стенками бутылки. Сделать это нетрудно: укрепим ложку на пробке. Теперь проблема решена. Закрывли пробкой, к которой прикреплена ложечка, встряхнули несколько раз — и ложечка смешала жидкость. А ведь это тоже изобретение! В авторском свидетельстве № 303 100 приведена такая формула изобретения: «Пробка для сосуда, отличающаяся тем, что, с целью ускорения смешивания или растворения твердых и жидких веществ, находящихся в сосуде, при встряхивании, нижняя часть пробки снабжена стержнем с рассекателем».

Несколько секунд, ну пусть несколько минут — и задача решена, изобретение сделано. Здорово, а?..

Задача 3. Алюминий отливают в металлическую форму — изложницу. Предварительно на дно изложницы кладут стальной цилиндрок (допустим, так нужно для маркировки слитка). Когда алюминий затвердеет, слиток вынимают из изложницы. Цилиндрок при этом может «отлепиться» от слитка. Как сделать, чтобы цилиндрок надежно держался на слитке?

Пожалуй, эта задача проще предыдущей. В тех же двух группах ПТУ из тридцати шести человек задачу (за 11 минут!) решили все тридцать шесть. Типичный ответ: нужно, чтобы цилиндрок пустил «корни» в слиток или, наоборот, слиток пустил «корни» в цилиндрок. То есть цилиндрок должен быть неровным, он должен иметь выступы. Или же в нем должны быть дырки, в которые проникает металл. Можно сделать иначе — заменить цилиндрок конусом. Дырки в цилиндрике — так эта задача решена по авторскому свидетельству № 452 412: «Вкладыш к поддону для изложницы, устанавливаемый в гнезде перед разливкой, отличающийся тем, что, с целью надежной приварки его к слитку, он выполнен из пористого металлического материала». Интересно отметить, что у этого изобретения... 20 авторов! А заявителем, т. е. организацией, от имени которой выступают изобретатели, является не кружок юных техников, а Харьковский авиационный институт.

Задача 4. Медную руду пропускают в печи по наклонному желобу. Желательно, чтобы куски руды скатывались не как по-

попало, не горками, а ровным слоем. Как этого добиться? Как сделать, чтобы скатывающиеся по желобу куски руды не налезали друг на друга?

В сущности, задачу можно сформулировать совсем коротко: насыпана горка руды, как ее разровнять? Такая задача по силам и дошкольникам. Надо взять лопату и разровнять — только и всего! Можно взять несколько лопат — еще лучше. Именно эта идея и зафиксирована в формуле изобретения по авторскому свидетельству № 268 270: «Устройство для термической обработки кусковых материалов, например гранулированного медного концентрата, содержащее корпус с наклонной газораспределительной решеткой для перемещения материала под действием собственного веса при пропускании его теплоносителем, отличающееся тем, что, с целью обеспечения формирования слоя и регулирования его высоты, над решеткой параллельно ей размещена рама с поворотными лопатками, установленными поперек движущегося слоя и управляемыми с помощью рычагов». Авторы у изобретения 17, заявители — Балхашский горно-металлургический комбинат и Карагандинский химико-металлургический институт.

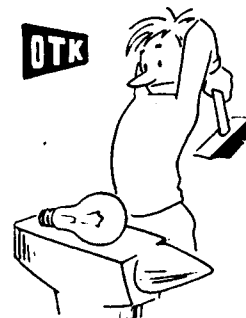
Еще одна задача.

Задача 5. При изготовлении электрических ламп накаливания желательно проверить давление газа внутри лампы. Идеально, конечно, было бы знать давление внутри каждой лампы. Можно ограничиться проверкой каждой десятой или каждой двадцатой лампы. Терпимо, если проверке подвергается каждая сотая лампа. На худой конец — одна из тысячи...

Давление газа измеряют с помощью простого прибора — манометра. Затруднение, из-за которого возникает задача, состоит в том, что мы не можем подсоединить манометр к лампе: газ «спрятан» внутри герметически закрытой стеклянной колбы. Но ведь можно просто-напросто разбить эту колбу! Разбить колбу, выпустить газ в какой-то сосуд, подсоединить к этому сосуду манометр — вот и все. Что ж, в авторском свидетельстве № 427 423 как раз и предложено разбивать лампы: «Способ определения давления газа в электрических лампах накаливания, отличающийся тем, что, с целью ускорения и упрощения процесса измерения и обеспечения возможности его для ламп с давлением как ниже, так и выше атмосферного, лампу помещают в герметично закрываемый цилиндр, разбивают ее бойком, установленным на крышке цилиндра, и численное значение давления газа в лампе опре-

деляют по предварительно градуированной шкале манометра, соединенного с внутренним объемом цилиндра».

Получается, что изобретать очень легко. Никаких особых приемов и методов не нужно. На каждом предприятии есть темники — списки нерешенных задач; бери темник и решай задачи. Пусть не все подряд, пусть одну из десяти или даже одну из ста. С внедрением тоже не будет особых затруднений, потому что можно изготовить образец и показать изобретение в действии. Скажем, пробка с ложкой. Сделать ее можно за пять минут. И тут же испытать, сравнить с тем, как смешиваются жидкости в сосуде с обычной пробкой. Можно десять раз повторить испытание. После такого наглядного опыта вряд ли кто-нибудь будет оспаривать полезность вашего изобретения.



ЭТА ВЫСОКАЯ, ВЫСОКАЯ, ВЫСОКАЯ ТРУБА...

Четыре задачи из пяти мы решили безупречно: в ответах нет никаких изъянов. А вот с пятой задачей не все благополучно. Лампу приходится разбивать — тут явный минус. Такой способ совершенно не годится для проверки всех ламп. Одну из тысячи ламп можно, конечно, разбить. Но ведь и этих ламп, по одной из тысячи, наберется немало. А главное — мы так и не будем знать, каково давление газа в каждой лампе, и контроль, за который придется заплатить горами разбитых ламп, все равно окажется ненадежным.

Условия задачи 5 следовало бы уточнить: давление газа надо проверять в каждой лампе, причем разрушать лампы ни в коем случае нельзя. Но в такой формулировке задача 5 сразу становится трудной. В самом деле, как определить давление газа внутри лампы, если ломать стекло нельзя? Может быть, по весу? Однако объем стеклянной колбы невелик, вес газа внутри ее измеряется десятками, иногда даже сотыми долями грамма. Отклонения от заданного веса будут совсем уж мизерными — тысячные или десятитысячные доли грамма. Поймать эти отклонения невозможно: они меньше, чем колебания в весе самих ламп. Придется перестроить всю технологию изготовления ламп, добиться, чтобы лампы имели одинаковый вес с точностью до миллионных долей грамма, и только тогда точным взвешиванием можно будет уловить отклонения в весе газа. Нет, лучше уж разбивать каждую вторую лампу...

Может быть, нам просто не повезло с этой задачей? Ведь раньше все шло так легко!.. В конце концов, могла же нам попасться какая-то исключительно трудная задача. На экзаменах в таких случаях просят другой билет. Возьмем и мы другую задачу.

Задача 6. Современные промышленные дымовые трубы достигают высоты 200—300 м. Проектируются еще более высокие трубы. Когда труба не работает, ее желательно закрыть сверху какой-то «крышкой», чтобы внутрь трубы не попадали дождь и снег. Такие «крышки» (диаметром 2—3 м) пытались устраивать, но их срывало ветром, да и механизм для перемещения «крышки» оказывался очень ненадежным. Вообще механизмы, установленные на «вершине» трубы, быстро портятся: дымовые газы содержат вещества, разъедающие самые прочные материалы. Как же быть?

Надо поднять «крышку», только и всего. Что здесь трудного? Пусть вертолет возьмет «крышку» и установит ее на трубе. Это же очевидно!

Впрочем, стоит немного подумать, и у очевидной идеи обнаруживается масса недостатков. Чтобы точно опустить крышку на предназначенное ей место, от пилота потребуются незаурядное искусство. А ведь крышку надо еще как-то закрепить. Придется высаживать монтажников на «вершину» трубы. А если ветер? А если надо закрыть восемь или двенадцать труб?

Нет, нужна другая идея. Может быть, поставить над трубой «зонт»? Или вообще закрыть трубу сверху, а в боковой ее стенке сделать одно или два отверстия? Может быть, загнуть «вершину» вбок или даже вниз? Целая россыпь идей. Они обеспечивают надежную и простую защиту от дождя и снега. Но вот беда: труба только тогда хорошо работает, когда она открыта сверху. Любой «зонт», любой изгиб резко снижает создаваемую трубой тягу. Построим трубу высотой 300 м (это очень дорогое и сложное сооружение), загнем «вершину» вбок или поставим «зонт» — и 300-метровая труба будет работать хуже 50-метровой.

Пойдем по другому пути. Пусть труба остается открытой, а когда она не работает, будем подавать в нее воздух. Или пар. Никакие осадки не прорвутся сквозь сильную паровую завесу. Ну, а если труба не работает два месяца? Мы нашли защиту от снега и дождя, но сколько же пара буквально улетит в трубу?!

Может быть, облицевать трубу изнутри каким-то очень прочным материалом и время от времени ремонтировать облицовку? Тоже дорого... Посылать верхолазов, чтобы они закрывали трубу брезентом? Вообще отказаться от труб?

Идей много, но ни одна не подходит. И чем больше перебираешь вариантов, тем сильнее ощущаешь неприступность задачи. Терять уже нечего, давайте еще раз сменим билет. А вдруг попадется задача полегче...

Задача 7. Нужно произвести с самолета замеры глубины реки. Длина исследуемого участка реки 200 км, промерять глубину надо примерно через каждые 500 м. Требуемая точность измерения глубины $\pm 0,25$ м. Никакого специального оборудования на самолете нет.

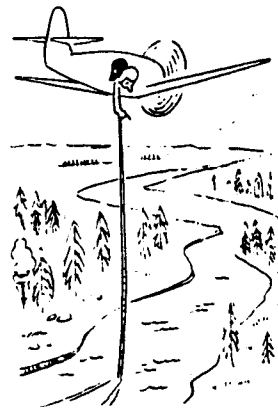
Что ж, существуют приборы для измерения глубины — эхолоты. Сбросим с самолета поплавков с эхолотом и радиопередатчиком. Эхолот измерит глубину реки, передатчик сообщит полученный результат на самолет. Одновременно сфотографируем с самолета реку, чтобы отметить, в каком месте находится наш прибор при измерении глубины.

Задача вроде бы решена, но тут же возникают сомнения. Придется сбросить 400 поплавковых устройств — и в каждом должны быть эхолот и передатчик. Дорого обойдутся такие измерения!

Пожалуй, эта задача труднее предыдущей: там хоть возникали разные варианты, а здесь и вариантов не видно. С летящего самолета не опустить в реку шест, подобные идеи приходится сразу отбрасывать. Вот если бы самолет мог остановиться в воздухе... Что ж, упростим задачу: пусть промеры ведутся с вертолета.

Вертолет зависает над рекой, человек опускается по тросу поближе к поверхности реки и измеряет глубину шестом или веревкой с камнем. А можно использовать тот же поплавок с эхолотом и передатчиком. Теперь приборы не пропадут, мы их поднимем и используем для второго промера, для третьего...

Решение найдено. Но какое же оно громоздкое, неуклюжее! Вертолет работает как обычная моторная лодка, даже хуже, потому что приходится каждый раз поднимать прибор, а потом снова его опускать, чтобы при буксировке он не столкнулся с какой-нибудь полузатоленной корягой. Мы сильно упростили задачу и все равно не получили хорошего решения. А в первоначальном виде задача вообще казалась неприступной.



Теперь мы знаем, как ответить на вопрос: легко или трудно изобретать? Все зависит от задачи. Если ее можно одолеть, перебрав с десятков вариантов, — изобретать легко. Такие задачи мы будем называть задачами первого уровня. Их может решать каждый инженер, каждый студент и даже каждый старшеклассник.

А если «цена» задачи — около сотни вариантов? Что ж, можно перебрать и сто вариантов. Правда, на это уйдут дни, недели, а может быть, и месяцы. Это — задачи второго уровня, теоретически они доступны всем, но практически далеко не у всех хватает терпения и настойчивости день за днем перебирать варианты и не падать духом, если очередной вариант, семьдесят второй или девяносто пятый, оказался неудачным...

«Цена» задач третьего уровня — до тысячи вариантов, четвертого — тысячи и десятки тысяч, а на пятом уровне — сотни тысяч и более.

Читатель может спросить: неужели у кого-то хватает упорства перебирать многие тысячи вариантов?

Поллистаем журнал «Изобретатель и рационализатор». Почти в каждом номере этого журнала есть материалы о том, как было сделано то или иное изобретение. Разные задачи, разные изобретатели, но технология творчества одна и та же: человек неотступно размышляет над задачей, с поразительным упорством перебирая вариант за вариантом, а потом приходит вознаграждение за настойчивость — счастливый случай подсказывает удачную идею. Вот типичная хроника изобретения, своего рода сводный портрет творческого процесса:

Сначала — безуспешные попытки искать там, где вроде бы нужно искать.

«Мы предпринимали многочисленные попытки скомбинировать такую жидкость из различных компонентов, обращались в институты химического профиля, терпеливо изучали литературу и патенты. Подходящую жидкость найти не удалось».

«Были обследованы самые различные соединения. Их даже трудно все перечислить».

«С завидным упорством Виктор Кириллович перепробовал все способы нанесения металлических покрытий».

И так — год за годом.

«Прошло три года, я пробовал по-разному видоизменять процесс, однако безуспешно».

В конце концов, изобретатель, отчаявшись, начинает пробовать все подряд.

«Ценных идей больше не было: оставалась одна «так себе»: испытывать подряд все формы сосудов, воздействуя на них, на расплав всеми средствами, с разных сторон, во всех диапазонах параметров».

(Предположим, есть всего 10 форм сосудов, всего 10 средств воздействия, всего 10 способов осуществления воздействия и всего 10 разных диапазонов параметров. Общее число вариантов — 10 000! Фактически же сосуды могут иметь сотни форм, способы воздействия — в разных сочетаниях — и диапазоны параметров вообще бесконечно разнообразны. Только от отчаяния можно прийти к идее испытывать все подряд.)

И вот на помощь приходит счастливый случай. В самом неподходящем месте.

«Решение пришло внезапно и в самом неподходящем для научного творчества заведении — в коктейль-холле. Как-то субботним вечером мы рассеянно поглядывали на манипуляции девушки-барменши, ловко сбивающей многослойные искрящиеся напитки. Тогда-то и возникла простая до нелепости идея...»

«Разбирая однажды с сыном его старые игрушки, увидел надувного резинового клоуна. То, что я искал!..»

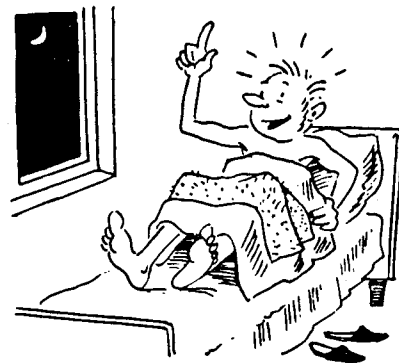
«Дочке необходимо было купить игрушку. Блуждая рассеянным взглядом по магазинным полкам, залюбовался русскими матрешками... Да ведь если убрать верхнюю часть и подстроить руки-цапфы — это же конвертер...»

«Как-то я стоял в книжном магазине и кто-то попросил продавщицу: «Подайте, пожалуйста, «Методы металлоорганической химии»... Счастливая мысль! А что если попробовать...»

«И вдруг (заметьте — это было глубокой ночью) меня осенило...»

«На электроплитке, как в обычные дни, «варился» раствор в очередном варианте... нельзя пояснить, почему, подойдя к злополучному раствору, он в сердцах бросил в него несколько кружочков лука...»

Случайная находка оказывается счастливой.



«...По привычке заглянув через некоторое время в фарфоровый стакан, Виктор Кириллович с удивлением заметил, что раствор постветлел и успокоился».

«Это была воистину золотая жила...»

«Попробовали — и действительно все прошло отлично...»

Такова технология изобретений. И не только у рядовых изобретателей, но и у великих, чьи имена прочно вошли в историю техники. Вот, например, слова Дизеля: «Как зарождается идея? Возможно, иногда она возникает подобно вспышке молнии, но обыкновенно вырисовывается на фоне бесчисленных ошибок после кропотливых изысканий... всякий изобретатель работает в окружении огромного числа отвергнутых идей, проектов и экспериментов. Много надо их перепробовать, чтобы достичь хоть чего-нибудь. Очень немногие выдерживают до конца».

«А РУКОЮ ЧЕШЕТ ЛОБ...»

Люди решают изобретательские задачи с древнейших времен. В сущности, человек стал человеком именно потому, что начал изобретать и применять орудия труда. На протяжении долгой истории человечества сделано множество изобретений, малых и великих. И все эти изобретения оплачены перебором бесчисленных вариантов. В течение тысячелетий метод проб и ошибок работал более или менее терпимо. Сама история продвигалась вперед неспешно, она могла подождать и десять и сто лет, пока будет решена та или иная задача. Часто люди даже не замечали, что перед ними стоят изобретательские задачи.

Полвека назад французские ученые обратили внимание на удивительное совершенство рыбацких лодок в Нормандии и Бретани. Казалось, кто-то произвел сложнейшие расчеты и нашел наилучшую форму для лодок. Рыбаки не брали патентов, но в каждой лодке были использованы десятки хитроумных устройств и приспособлений. Рыбаки удивленно пожимали плечами, когда их расспрашивали, кто изобрел все это. «Так было всегда», — отвечали они. Постепенно удалось выяснить, что тысячу лет назад лодки были очень неуклюжими и ненадежными. В ту пору никого не удивляло, что лодки часто переворачиваются и тонут: так было и раньше, чему же тут удивляться. Из поколения в поколение рыбаки строили лодки, копируя старые образцы. Но при этом они вольно или невольно вносили небольшие изменения в привычную, от прадедов перенятую конструкцию. Иногда не было нужных материалов, приходилось их чем-то заменять. Иногда новое возникало из-за ошибок или по чьей-нибудь прихоти («У всех лодок

одна мачта, а у моей лодки пусть будут две...»). Это были пробы, своего рода заявки на изобретения, хотя их авторы не подозревали, что они решают изобретательские задачи. Оценивала решения сама жизнь: лодки уходили в море и, если случался шторм, возвращались те, в чью конструкцию были внесены полезные изменения. Эти конструкции становились образцами, по которым строили новые лодки. Шли столетия, лодки постепенно становились все совершеннее...

Представьте себе такой метод в наши дни. Авиаконструкторы наугад вносят различные изменения в серийные самолеты «Аэрофлота», а потом ждут — какие из них благополучно вернутся из рейса... Невероятно? Конечно, невероятно. Но метод проб и ошибок сохранился, просто вещественные пробы в наши дни почти всегда заменяются пробами мысленными. Авиаконструктор мысленно вносит изменения в конструкцию самолета, мысленно оценивает результаты, приходит к выводу, что так нельзя, — и отбрасывает вариант. И снова поиск, новые варианты, новые мысленные эксперименты. «Как-то раз, проспавшись ночью, — рассказывал генеральный конструктор О. Антонов, — я стал по привычке думать о главном, о том, что больше всего заботило и беспокоило...» Рассмотрено и отброшено множество вариантов, мысленно взлетают самолеты, беззвучно падают и тут же взлетают снова, уже измененные, иные. И вот, наконец, поднимается очередной вариант — и не падает, летит уверенно... «Как просто, — говорит О. Антонов. — Я тут же протянул руку к ночному столику, нащупал карандаш и записную книжку и в полной темноте набросал найденную схему. Почувствовав большое облегчение, я тут же крепко заснул».

Замена вещественных экспериментов мысленными — большой шаг вперед. Из 1000 вариантов 990 или 995 рассматривают мысленно, и только оставшиеся 5—10 вариантов испытывают «в натуре» — это огромный выигрыш в затраченных силах, средствах, времени. Но тысяча мысленных экспериментов — опять-таки годы и годы напряженного труда. Что ж, есть простой выход: пусть варианты перебирает не один человек, а коллектив. Пусть об одной задаче одновременно думают десять человек. Или сто. Коллективная работа — тоже большой шаг вперед в организации технического творчества. Группа, лаборатория, отдел, институт — на шторм задач идут не одиночки, а коллективы.

Но как разделить задачу? Как сделать, чтобы каждый перебрал свои варианты?

Допустим, в вашем подчинении сто сотрудников. Нужно решить задачу о дымовой трубе. Как вы организуете работу? Если просто сказать: «Идите думайте», — к вечеру все сотрудники

принесут примерно один и тот же список вариантов. Задача о дымовой трубе была опубликована в «Пионерской правде». Прибыло 562 письма. В некоторых письмах было по 7—8 вариантов. Казалось бы, «коллектив» из 562 «сотрудников» должен дать, во всяком случае, не меньше тысяч вариантов. А вариантов (разных) оказалось всего четырнадцать! Аналогичный опыт поставили в общественном институте изобретательского творчества. Только что принятым слушателям (в основном инженерам) предложили решить задачу методом проб и ошибок. 90 человек за два часа дали всего восемь разных вариантов, очень близких друг к другу... и ошибочных.

Конечно, время от времени можно собирать всех, думающих над одной задачей, и объявлять: такие-то варианты рассмотрены и отвергнуты, не тратьте на них силы и время, ищите новые варианты. В сущности, так и поступают. Многочисленные совеща-

ния, конференции, семинары, симпозиумы в основном для того и проводятся, чтобы информировать — кто и что уже сделал, в каком направлении идут поиски. Это позволяет избежать повторения одних и тех же вариантов. Но не каждый же день проводить конференции...

Пожалуй, надо отметить еще одно усовершенствование метода проб и ошибок. Когда-то пе-

ребор вариантов вели буквально наугад. Теперь изобретатели начинают с изучения опыта предшественников. Ознакомившись с патентной и научно-технической литературой, изобретатели намечают примерное направление поисков. Знания и здравый смысл заранее отсекают сомнительные варианты. Правда, при этом нередко теряются и те кажущиеся дикими варианты, которые как раз и решают задачу...

Итак, за многие тысячи лет в метод проб и ошибок были внесены некоторые усовершенствования, но суть метода принципиально не изменилась. Между тем, задачи становились все сложнее и решать их требовалось во все более короткие сроки. Естественно, не раз возникала мысль: нет ли какого-то другого метода, позволяющего без перебора вариантов отыскивать единственно верное решение? И каждый раз эта мысль паталивалась на непреодолимый барьер. Ведь изобретение потому и изобретение, что придумано нечто совершенно новое, неожиданное, неочевидное, не выводимое по формулам. А если мы будем получать изобре-

тения по формулам — в чем тогда будет состоять творчество?! В чем будет заслуга изобретателя, если формулы автоматически припели его к решению? Да и где взять такие формулы?

Читателям «Пионерской правды» был задан вопрос: какие вы знаете приемы решения изобретательских задач? Шестиклассница из Уфы ответила так: «Прием для решения изобретательских задач — это когда человек сидит с задумчивым лицом, глаза в потолок. А рукой чешет лоб». Наивно? Но вот строки из вышедшей недавно «взрослой» книги об изобретателях: «...Шли к решению проблемы почти на ощупь. Перебрали множество теорий, в конце каждой из которых стояло: «Нуждается в практической проверке». Поставили тысячи экспериментов только для того, чтобы убедиться: пошли не туда. Испытали... десятки конструкций приборов, перепаяли сотни метров проводов и извели не поддающееся учету количество киноплёнки».

Полистайте курсы психологии, посмотрите воспоминания изобретателей — и вы везде встретите одно и то же: надо настойчиво думать о задаче, надо терпеливо перебирать варианты, надо думать днем и ночью.

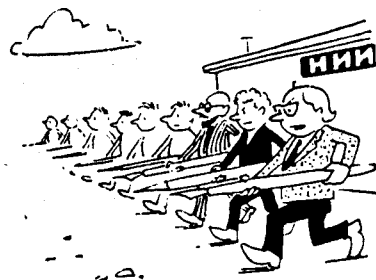
Представление о том, что новые изобретения могут быть получены только методом проб и ошибок, поразительно устойчиво. Оно укреплялось веками и в конце концов стало казаться очевидным.

Когда мы говорим: «Вечный двигатель невозможен» — это утверждение опирается на законы физики, на всю систему современных научных представлений. Но почему невозможно создать новые методы решения изобретательских задач? Почему нельзя обойтись без многочисленных проб и ошибок? Ведь это не противоречит законам природы...

А если преодолеть психологический барьер — и попробовать?

ЕЩЕ ОДНА ЗАДАЧА

За барьером привычных представлений о непознаваемости творческого процесса удалось обнаружить правила, по которым можно уверенно решать сложные изобретательские задачи. Мы подробно расскажем о них, а пока, завершая знакомство с методом проб и ошибок, рассмотрим еще одну задачу. Для решения этой задачи не нужно специальных знаний, вполне достаточно знать физику в объеме восьмилетней школы, да в общем и этого не нужно: хватит и обычных житейских знаний. Поскольку знания не играют существенной роли при решении этой задачи, все зависит от того, как вы будете перебирать варианты. Очень удобная задача, чтобы еще раз присмотреться к методу проб и ошибок.



Задача 8. При выплавке чугуна в домнах образуется расплавленный шлак (смесь окислов алюминия, магния, кальция и др., температура около 1000°), который сливают в ковши и увозят на шлакоперерабатывающие установки. Шлак, залитый в ковш, охлаждается, на его поверхности появляется твердая корка. Чтобы вылить шлак из ковша, в корке с помощью специального копрового устройства пробивают два отверстия. Однако отверстия эти приходится делать не у стенки ковша, поэтому часть шлака остается в ковше. Пробивать отверстия в корке у самых стенок ковша по ряду причин невозможно (ковши по-разному наполняются шлаком, корка имеет разную толщину, стенки ковша — конусные и т. д.). Это отпадает.

Основное охлаждение происходит с открытой поверхности шлака. Но закрыть ковш теплоизолирующей крышкой затруднительно, поскольку потребуются громоздкие устройства для открывания и закрывания ковша.

Затвердевание шлака в ковше и неполный слив приводят к тому, что примерно одна треть шлака не используется на шлакоперерабатывающих установках. Приходится сооружать специальные эстакады: там выбивают затвердевший в ковшах шлак, сливают остатки жидкого шлака, охлаждают водой и самосвалами вывозят в отвалы, громоздящиеся вокруг заводов.

Возникает задача: как обеспечить полный слив жидкого шлака?

Как видите, разобраться в условиях задачи очень просто. Есть большие металлические «банки» (ковши), в которых возят расплавленный шлак. Нужно свести до минимума потери жидкого шлака и сделать это без усложнения оборудования.

1. Запишите возможные варианты решения. Постарайтесь, чтобы их было не меньше десятка.

2. Зачеркните все варианты, требующие хотя бы небольшого переустройства оборудования.

3. Предложите эту задачу своим друзьям. Желательно, чтобы 5—6 человек записали свои варианты. Сколько разных вариантов получилось? Сколько разных вариантов останется, если зачеркнуть варианты, требующие переустройства оборудования?

Сохраните записи. Мы еще вернемся к этой задаче.

* * *

Теперь мы знаем: изобретательские задачи имеют разную «цену». Есть задачи «ценой» всего в несколько проб, решение таких задач доступно каждому, и есть задачи, решение которых приходится оплачивать многими

тысячами проб. Творчество проявляется именно в решении «дорогостоящих» задач. Если бы удалось найти прием, позволяющий делать «дорогостоящую» задачу общедоступной, мы могли бы считать, что тайна творчества раскрыта.

Нечто подобное описано в фантастическом рассказе Рэймонда Джоунса «Уровень шума». Использован прием (всего лишь один прием!): при помощи хорошо разыгранного спектакля с кинотрюком психологи убедили ученых в возможности существования антигравитации — и удалось решить труднейшую задачу и построить антигравитационный летательный аппарат. Вот концовка рассказа. Психолог Бэрк говорит физiku Марту:

«...Мы расшатали ваши умственные фильтры, и в результате появился ответ. Метод сработал, он будет действенным всегда. Все, что необходимо сделать, это избавиться от лишнего груза предрассудков, от окаменевшего мусора в голове, изменить произвольную настройку ваших умственных фильтров в отношении других вещей, которые вам всегда хотелось сделать, и тогда удастся найти нужный ответ на любую проблему, какую вы только пожелаете исследовать.

Март взглянул на небо.

— Да, вот они, звезды, — сказал он. — Я всегда хотел добраться до звезд. Теперь, когда у нас есть антигравитация...

— Вы можете полететь к звездам, если захотите.

Март покачал головой.

— Вы и Данилинг. Вы заставили нас создать антигравитацию. И это становится совсем простым делом. Конечно, мы смогли бы побывать на планетах, может быть, даже слетать за пределы солнечной системы. Но я думаю, что останусь здесь и буду работать с вами. Одна или две жалкие планеты — чего это стоит в конце концов. Но если мы научимся использовать максимальный уровень шума человеческого ума, мы сможем покорить всю вселенную!»

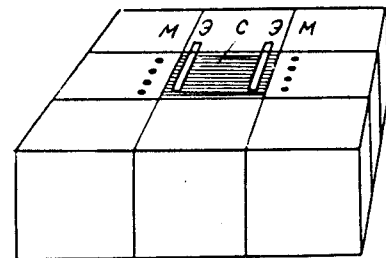
Что ж, значение проблемы показано верно. Человек познает и покоряет вселенную, решая творческие задачи. Если в сотни раз увеличить число людей, умеющих решать творческие задачи, — темпы прогресса возрастут тысячекратно. Но существует ли прием, позволяющий произвольно изменять «настройку умственных фильтров»? Вот в чем вопрос...

ИНСТРУМЕНТЫ ЕСТЬ, НО...

КУБИКИ ДЛЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЕЙ

Наверное, нет игрушки проще, чем кубики. Сложил квадрат или прямоугольник из кубиков — получился рисунок. Повернул кубики — другой рисунок. Слова повернул — еще один рисунок... Игрушка настолько простая, что мы легко осваиваем ее, едва

вступив в детсадовский возраст. Осваиваем... и бросаем: слишком уж она проста. А если приспособить кубики для решения изобретательских задач? Давайте подумаем. Кубики образуют рисунок, допустим, рисунок машины или прибора. Мы переворачиваем кубики — возникает другой рисунок: совершенно новая машина или новый прибор, никому еще не известное изобретение... Невозможно? Что ж, проверим!



Фиг. 1

Нарисуем, например, на кубиках схему электромагнитного расходомера (фиг. 1). Это простой прибор, состоящий из металлических электродов Э и магнитной системы М. Электроды опущены в жидкую электропроводящую среду С (раствор кислоты, щелочи, соли), движущуюся по лотку или по трубе. Как известно, при движении проводника в магнитном поле возникает электрический ток: на электродах, опущенных в движущуюся жидкость, наводится электродвижущая сила, которую легко измерить гальванометром. Чем выше скорость потока жидкости, тем сильнее отклоняется стрелка гальванометра. Зная скорость потока и площадь

его поперечного сечения, нетрудно определить, сколько жидкости прошло по трубопроводу за то или иное время.

Итак, на картинке — расходомер. Если бы теперь повернуть кубики и получить схему какого-то нового прибора! Но другие грани кубиков пока пусты. Сколько бы мы ни переворачивали кубики, нового изобретения не будет. Есть, однако, простой выход. У расходомера три основные части, причем расположены они в определенном порядке. Снаружи — с двух сторон — магнитная система М, внутри два электрода Э, а в самой середине — среда С:

МЭСЭМ

Для симметрии запишем С два раза (ведь другие буквы встречаются в этой записи по два раза):

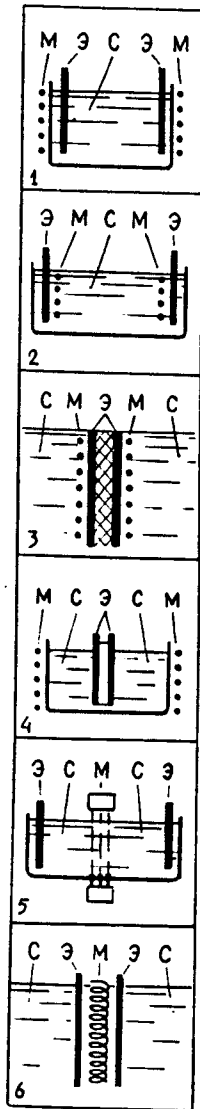
МЭССЭМ

Возьмем теперь шесть кубиков. Пусть на каждом кубике будет только одна буква — М, Э или С. Расположим кубики в линию и начнем их перекладывать. Получится шесть симметричных комбинаций:

1. МЭССЭМ
2. ЭМССМЭ
3. СМЭЭМС
4. МСЭЭСМ
5. ЭСММСЭ
6. СЭММЭС

Первая формула соответствует уже знакомому нам электромагнитному расходомеру. А другие пять? По-видимому, это тоже расходомеры, у них те же основные части — поток жидкости, электроды, магнитная система. Но это уже какие-то другие расходомеры, необычные. Например, в конструкциях 3 и 6 жидкость находится снаружи.

Вот мы и «доигрались» в кубики: возникли новые приборы! Попробуем изобразить их схемы (фиг. 2). В конструкциях 3 и 6 жидкость движется снаружи прибора. Может такое быть? Вполне. Например, море за бортом корабля. Правда, прибор не измерит количества воды в море, но зато покажет скорость корабля: чем выше скорость, тем больше электродвижущая сила на электродах. Конструкция 6 обтекаема — это ее достоинство, но она имеет и серьезный недостаток: электроды расположены снаружи электромагнита, а самое «густое» магнитное поле — внутри электромагнита. В конструкции 3 электроды находятся внутри соленоида — такой прибор в десятки раз чувствительнее прибора по схеме 6. Когда впервые возникла идея «сыграть в кубики», были



Фиг. 2

известны только схемы 1 и 6. Четыре другие оказались новыми! И не просто новыми, а имеющими новые полезные качества. Прибор по схеме 3 не только чувствительнее прибора 6, но и лучше охлаждается (магнитная система непосредственно соприкасается с водой), а это очень важно: можно усилить магнитное поле, сделать прибор еще более чувствительным.

Прибор по схеме 4 позволяет передвигать электроды по ширине потока — можно измерять скорость жидкости в разных точках. То же самое позволяет делать прибор по схеме 5, но в нем перемещаются не электроды, а магнитные силовые линии: они не вызывают завихрений в потоке, не искажают течения жидкости. Такой прибор не только точнее, но и лучше приспособлен к работе с агрессивными жидкостями.

В обычных расходомерах (схема 1) магнитная система находится снаружи трубы, стенки трубы могут внести помехи в работу прибора. А по схеме 2 все части прибора находятся внутри потока, показания прибора не зависят от материала, из которого сделана труба.

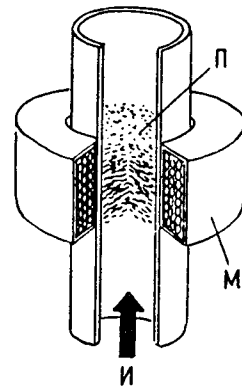
Что ж, теперь можно подвести итог: мы использовали предельно простой прием перестановки частей и оказалось, что этот прием позволяет получать новые изобретения. Попробуйте дать кому-нибудь задачу: «Вот электромагнитный расходомер. Он устроен так-то и так-то. Предложите приборы, основанные на том же принципе, но имеющие новые особенности». Вряд ли найдется много охотников решать эту задачу: очень уж она неопределенна и потому трудна.

Вот и получается, что один прием (всего один!) уже намного больше, чем ничего...

Впрочем, надо еще убедиться в том, что наш прием (перестановка частей) годится для преобразования многих технических объектов, а не только электромагнитного расходомера.

ЗА ДЕРЕВОМ — ЛЕС

Сыграем теперь в «кубики» с магнитным фильтром. Это очень интересное изобретение. Раньше для очистки горячего газа от пыли использовали фильтры, сделанные из многих слоев металлической ткани. Газ свободно проходил сквозь ткань, а пыль застревала в ячейках ткани. Такие фильтры имели, однако, огромный недостаток: они быстро забивались пылью, переставали пропускать газ, а освободить их от пыли было очень трудно. Приходилось долго продувать фильтр чистым воздухом в противоположном направлении, чтобы выбить застрявшие в ткани частицы пыли. И вот был изобретен магнитный фильтр (авторское свидетельство № 156 133). Между полюсами мощного магнита расположены ферромагнитные частицы — крупинки металла. Они образуют пористую массу, через которую пропускают запыленный газ (фиг. 3). Пыль застревает в порах, газ проходит. Освободить такой фильтр от пыли очень легко: достаточно убрать магнит или выключить электромагнит. Фильтр рассыплется, ферромагнитные частицы и пыль упадут вниз. Затем надо снова создать магнитное поле, ферромагнитные частицы займут свое место, а пыль останется внизу. Можно несколько раз повторить эту операцию, стряхивая пыль.



Фиг. 3

Итак, есть магнитный фильтр. Прежде всего рассмотрим его структуру. Снаружи магнитная система М, внутри этой системы ферромагнитный порошок П, а внутри порошка — поток запыленного газа, т. е. изделие И, которое обрабатывается фильтром. Значит, структуру можно записать так:

МПИИПМ

Начнем переставлять «кубики», образуются шесть симметричных структур:

1. МПИИПМ
2. ПМИИМП
3. ИМПМПИ
4. МИПММ
5. ПИММПИ
6. ИПММПИ

Получились ли у нас новые фильтры? Возьмем хотя бы схему 5. Она похожа на схему 1, вывернутую шиворот-навыворот: магнит окружен порошком, сквозь который проходит газ. Если обратиться к патентным материалам, можно найти авторское свидетельство № 319 325: «Электромагнитный фильтр для механической очистки жидкостей и газов, содержащий источник магнитного поля и фильтрующий элемент из зернистого магнитного материала, отличающийся тем, что, с целью снижения удельного расхода электроэнергии и увеличения производительности, фильтрующий элемент размещен вокруг источника магнитного поля и образует внешний замкнутый магнитный контур». Полное соответствие схеме 5! Сделано это изобретение без «кубиков» и потому появилось только через семь лет после изобретения по авторскому свидетельству № 156 133. Можно было бы сразу вывернуть шиворот-навыворот схему первого магнитного фильтра, но никто не догадался этого сделать — вот и пропали семь лет...

Обратите внимание: в формуле изобретения речь идет не только о газах, но и о жидкостях. Действительно, газы и жидкости одинаково свободно проходят сквозь фильтр, задерживаются пылинки, причем только те пылинки, размеры которых больше размера пор в фильтре. А если магнитное поле плотнее сожмет порошок? Тогда ничто не пройдет: ни пыль, ни жидкость, ни газ. Включили электромагнит — и труба перекрыта «пробкой» из ферромагнитного порошка, выключили — «пробка» исчезла, путь свободен. Фильтр превратился в кран. И вот что интересно: это отдельное изобретение. Изобретатель магнитного фильтра не увидел, что фильтр можно использовать как кран. Прошли годы после изобретения магнитного фильтра, и другие люди получили авторское свидетельство № 256 634 на применение того же самого фильтра в качестве крана. В этом авторском свидетельстве сказано, что магнитный порошок, сжимаемый магнитным полем, применяют «с целью предотвращения при хранении ферромагнитных материалов выхода ферромагнитной пыли из емкости через вентиляционный патрубок...» Но разве это единственное применение такого крана? Разве этим краном нельзя перекрывать потоки других веществ? Через несколько лет изобретатели (снова другие изобретатели!) получили авторские свидетельства (№ 329 333, 372 461 и др.) на использование магнитного крана для регулирования потока самых различных веществ.

Изобретатели не замечали, что придуманные ими устройства могут выполнять разные функции. Учтем эту ошибку и усовершенствуем игру в «кубики». Во-первых, примем, что изделия могут быть не только газообразные, но и жидкие, твердые, порошкообразные, эластичные. Во-вторых, напомним, что исходная кон-

струкция работает как фильтр, но другие конструкции могут иметь совсем иное назначение.

Теперь у нас шесть схем и пять состояний изделия. Сведем все это в таблицу:

Состояние изделия	Схема конструкции					
	МПННПМ	ПМННМП	ИМПНМИ	МППНММ	ПНМНМП	ИПМНМИ
Газ	1	2	3	4	5	6
Жидкость	7	8	9	10	11	12
Твердое тело	13	14	15	16	17	18
Порошок	19	20	21	22	23	24
Эластичное вещество	25	26	27	28	29	30

Магнитный фильтр попадает в клетку 19: схема МПННПМ, изделие — порошок (фильтр «хватает» пыль, воздух проходит свободно). Магнитный кран — клетки 1, 7, 19. Любопытно рассмотреть клетку 13: сквозь ферромагнитный порошок идет «поток» твердого вещества. Например, протягивается проволока. Под действием магнитного поля порошок сдавливает, деформирует проволоку, она становится тоньше. Похожий процесс используется при изготовлении проволоки: заготовку протягивают через отверстия в металлической доске — фильеры. Сначала заготовка проходит через крупные фильеры, потом — через более и более маленькие, стержень постепенно вытягивается в проволоку. Все хорошо, но фильеры быстро изнашиваются. Как быть? Возьмем вместо фильер порошок, сжатый магнитным полем. Теперь износ не опасен: магнитные силы будут все время прижимать порошок к проволоке. Значит, в клетке 13 — бесфильерный способ изготовления проволоки. Такой способ и в самом деле был изобретен. Изобретатели получили авторское свидетельство № 499 912: «Способ бесфильерного волочения стальной проволоки, включающий деформацию растяжением, отличающийся тем, что, с целью получения проволоки постоянного диаметра, необходимую деформацию

осуществляют протягиванием проволоки через ферромагнитную массу, помещенную в магнитном поле».

Еще два примера. Обратите внимание на номера авторских свидетельств: изобретения эти появились намного позже магнитного фильтра.

Авторское свидетельство № 534 351: «Способ шлифования поверхностей инструментом, выполненным в виде баллона из эластичного материала, отличающийся тем, что, с целью повышения качества обработки, в баллон вводят ферромагнитные частицы, а прижим инструмента осуществляют путем воздействия внешнего магнитного поля». Снаружи магнитное поле, внутри эластичная стенка инструмента (эта стенка в данном случае играет роль изделия: наша задача — менять форму стенки), за стенкой — порошок. Схема МИППИМ, клетка 28.

Авторское свидетельство № 386 670: «Способ распыления полимерных расплавов путем воздействия сжатого газа на поток расплава, отличающийся тем, что, с целью повышения дисперсности расплава, в расплав вводят ферромагнитный порошок, после чего расплав пропускают через зону действия знакопеременного электромагнитного поля». Снаружи магнитное поле, внутри — расплав полимера, а в нем — порошок. Схема МИППИМ, клетка 10.

Перестановка частей дает шесть схем, изменение состояния вещества — пять схем. Но вместе эти два приема дают не одиннадцать, а тридцать разных сочетаний! Получается, что число возможных схем быстро растет с увеличением числа используемых приемов. Чтобы проверить это предположение, введем еще один прием. До сих пор мы рассматривали схемы, в которых магнитное поле и изделие перемещались относительно друг друга поступательно. А если начать вращать поле относительно изделия? Или изделие относительно поля?

Авторское свидетельство № 413 170: «Способ получения неорганических пигментов, отличающийся тем, что, с целью повышения интенсивности, взаимодействие осуществляют во вращающемся магнитном поле в присутствии ферромагнитных частиц». Схема МИППИМ, и будь поле не вращающимся, изобретение относилось бы к клетке 22. Придется для схем с вращением построить вторую таблицу, точно такую, как первая, но с клетками от 31 до 60. Тогда изобретение по авторскому свидетельству № 413 170 займет клетку 52.

Оказывается, одну единственную схему магнитного фильтра можно было сразу же развернуть в шестьдесят (!) различных схем. За деревом стоял целый лес, но никто его не заметил...

Здесь может возникнуть вопрос: когда изобретение сделано, нетрудно найти ему место в таблице, а вот как сделать такое изобретение, которого еще не было?

Что ж, попробуем изобрести что-нибудь такое, чего еще не было. Действовать будем так: возьмем конструкцию, которая не имеет отношения к нашим таблицам, например не имеет магнитного поля, и введем это поле. Если полистать любой номер бюллетеня изобретений или журнала «Изобретатель и рационализатор», нетрудно выбрать подходящую конструкцию — прототип будущего изобретения. Вот, например, информация из «Изобретателя и рационализатора» (1977, № 11): «Чтобы убедиться в прочности соединительных элементов тяговой цепи скребкового конвейера, ее помещают в установку, которая, потаскав цепь взад-вперед через камеру с песком, дает по этому вопросу исчерпывающий ответ. На установку для испытания тяговых органов конвейера А. Г. Бойко получил авторское свидетельство № 557 961». Итак, внутри — изделие (цепь), снаружи — обычный песок, на который давят механические поля. Заменяем песок ферромагнитным порошком, введем магнитное поле. Получится установка, имеющая по сравнению с изобретением А. Г. Бойко существенные преимущества: благодаря магнитному полю можно легко менять нагрузку на цепь, создавать ударные, переменные, вращающие нагрузки. Такого изобретения еще нет! Пройдут годы, постепенно станет очевидным, что установка А. Г. Бойко громоздка, что сдавливать песок механическими усилиями сложно и что не удастся смоделировать сложные напряжения, например сочетание растяжения и кручения. Начнутся поиски новой идеи, перебор вариантов, пробы, ошибки... И в конце концов появится изобретение, которое мы только что получили с помощью таблицы.

Есть много конструкций, в которых механические усилия действуют на песок (или любое другое порошкообразное вещество, играющее роль инструмента). Почти во всех этих конструкциях песок можно заменить ферромагнитным порошком, а механические усилия — магнитным полем. Поищите также конструкции. Вполне возможно, что вы сделаете новое и полезное изобретение.

СКЛАД СНАРЯДОВ — И НИ ОДНОЙ ПУШКИ

Итак, есть простые приемы, позволяющие перестраивать известные машины, механизмы, приборы и получать нечто новое. Метод проб и ошибок, бывший с древнейших времен основным методом технического творчества, может быть заменен (во всяком

случае, дополнен) сознательным производством изобретений. Если, конечно, приемы окажутся достаточно сильными и универсальными.

Вернемся к задаче о дымовой трубе и попробуем применить наши приемы. Магнитный кран нам уже известен. А что если приспособить такой кран для открывания и закрывания трубы? Теоретически это возможно, однако при осуществлении этой идеи сразу возникают трудности. Во-первых, на вершине трубы придется установить тяжелый электромагнит. Во-вторых, пока труба перекрыта «пробкой» из ферромагнитных частиц, электромагнит все время будет расходовать электроэнергию. В-третьих, куда убирать ферромагнитные частицы, когда надо открыть трубу? Если «пробка» рассыплется и частицы порошка упадут вниз, не из чего будет потом снова создавать «пробку»... Может быть, использовать прием перестановки частей? Но как ни переставляй части — магнит, порошок, трубу, — ничего хорошего из такой перестановки не получится.

Возьмем другую задачу — о транспортировке жидкого шлака. Тут даже теоретически трудно представить, как использовать наши приемы. Жидкий шлак не поместить снаружи ковша... Установивать электромагниты? Зачем? Что это даст? И потом, это заведомо усложнит оборудование, а нам нужно предельно простое решение.

Выходит, известные нам приемы недостаточны для решения всех задач. Этого следовало ожидать. Ведь задач очень много, трудно рассчитывать, что замки к бесчисленным задачам удастся открыть всего тремя-четырьмя ключами. Можно привести такую аналогию: если бы химикам были известны только три-четыре химических элемента, состав подавляющего большинства веществ оставался бы загадкой. Как известно, химики, проанализировав множество различных веществ, открыли около ста элементов. Почему бы не поступить так и с приемами решения изобретательских задач? Проанализируем множество изобретений и получим если не полный, то во всяком случае большой список приемов. Правда, работа потребует изрядная. Нужно анализировать не всякие изобретения, а сначала отобрать сильные — третьего, четвертого, пятого уровней: нам ведь нужен список приемов, способных «брать» трудные задачи. Простые задачи, как мы видели, можно решать и без знания приемов.

Такая работа была проделана: 25 тысяч проанализированных изобретений дали список, включающий 35 сильных приемов. Потом число изученных изобретений было доведено до 40 тысяч,

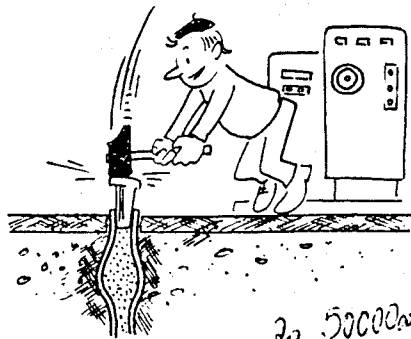
это дало еще пять приемов. Вдумайтесь в эти цифры: 40 тысяч проанализированных изобретений и 40 (всего 40!) сильных решений.

Вот названия этих приемов:

1. Принцип дробления
2. Принцип вынесения
3. Принцип местного качества
4. Принцип асимметрии
5. Принцип объединения
6. Принцип универсальности
7. Принцип «матрешки»
8. Принцип антивеса
9. Принцип предварительного противодействия
10. Принцип предварительного действия
11. Принцип «заранее подложенной подушки»
12. Принцип эквипотенциальности
13. Принцип «наоборот»
14. Принцип сфероидальности
15. Принцип динамичности
16. Принцип частичного или избыточного действия
17. Принцип перехода в другое измерение
18. Использование механических колебаний
19. Принцип периодического действия
20. Принцип непрерывности полезного действия
21. Принцип проскока
22. Принцип «обратить вред в пользу»
23. Принцип обратной связи
24. Принцип «посредника»
25. Принцип самообслуживания
26. Принцип копирования
27. Дешевая недолговечность взамен дорогой долговечности
28. Замена механической схемы электрической
29. Использование пневмоконструкций и гидроконструкций
30. Использование гибких оболочек и тонких пленок
31. Применение пористых материалов
32. Принцип изменения окраски
33. Принцип однородности
34. Принцип отброса и регенерации частей
35. Изменение агрегатного состояния объекта
36. Применение фазовых переходов
37. Применение теплового расширения
38. Применение сильных окислителей
39. Применение инертной среды
40. Применение композиционных материалов

Суть многих приемов в общем понятна и без пояснений, хотя некоторые приемы, на первый взгляд, кажутся странными. Скажем, прием 22: как это — «обратить вред в пользу»? Мы привыкли к тому, что вред надо уничтожать, его не должно быть. Можно привести такой пример. При изготовлении бумаги возникает вредное явление — бумажное полотно электризуется. Петрозаводский изобретатель Л. Т. Лось решил использовать электризацию (хотя бы и сниженную, остаточную) для получения положительного эффекта — сигнализации об обрыве бумажного полотна. При обрыве полотна электростатическое поле, естественно, исчезает, «обрывается». Несложный индикатор улавливает исчезновение поля, подает сигнал тревоги и включает регистратор, учитывающий время холостого пробега машины (авторское свидетельство № 187 559).

А вот изобретение с использованием того же приема: «Способ восстановления сыпучести смерзшихся грузов, отличающийся



тем, что, с целью ускорения процесса восстановления сыпучести материалов и снижения трудоемкости, смерзшийся материал подвергают воздействию сверхнизких температур» (авт. свидетельство № 409 938). Как видите, все наоборот: вместо того чтобы нагревать смерзшиеся материалы, их подвергают воздействию более глубокого холода.

Еще один пример. Попробуйте продавить песок сквозь узкую металлическую трубку — ничего не получится, не поможет никакое усилие. Даже если вставить в набитую песком трубку болт и сильно ударить молотком, песок все равно останется на месте, хотя стенки трубки «раздуются» от удара. Явление отрицательное, оно мешает, например, изготавливать бетонные изделия методом продавливания. Но разве нельзя найти применение способности трубки «раздуваться»? Разве нельзя использовать «раздувание» там, где нужно надежно заклинить трубку? Ведь как просто: вставил в отверстие трубку, заполненную песком, ударил — и трубка «раздулась», прочно закрепившись в отверстии. Чтобы заклинить в грунте анкер — стержень, к которому крепятся опоры высоковольтных ЛЭП или

части гидротехнических сооружений, приходится бурить скважины, опускать в них металлические стержни (анкеры), бетонировать и долго ждать, пока бетон прочно прихватит стержень. Почему бы не применить здесь «самозаклинивающиеся» трубки? И вот появляется авторское свидетельство № 222 967. Вредное явление стало приносить людям пользу.

Можно привести еще десятки примеров на прием 22. В каждом примере свои оттенки и различия. Собранные вместе они дают представление о всех особенностях и «хитростях» использования приема 22. Но приемов-то сорок! Значит, хорошая «коллекция» должна насчитывать сотни примеров. На их сбор уйдут годы, даже десятки лет. Есть более простой путь: один раз собрать хорошую «коллекцию» и размножить ее для изобретателей, которые затем сами могли бы пополнять ее новыми примерами, близкими к своей специальности.

В начале 70-х годов Общественная лаборатория методики изобретательства при Центральном Совете ВОИР составила такую «коллекцию». В объединении «Петрозаводскмаш» имени В. И. Ленина на основе этой «коллекции» впервые в стране был составлен альбом, в котором каждый прием был проиллюстрирован наглядными примерами. Чуть позже аналогичный альбом издали в Дубне для изобретателей и рационализаторов Объединенного института ядерных исследований. Теперь такими альбомами пользуются во многих городах. Надо подчеркнуть, что альбом — всего лишь основа «коллекции». «Охота» за новыми примерами и пополнение «коллекции» — занятие азартное, как и всякое коллекционирование. Хорошая находка не только приносит «коллекционеру-изобретателю» радость, но и дает ему новый инструмент для решения творческих задач.

Почти каждый «принцип» включает несколько приемов. Взять хотя бы «принцип перехода в другое измерение». В него входит целая группа приемов:

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

Б. Многоэтажная компоновка объектов вместо одноэтажной.

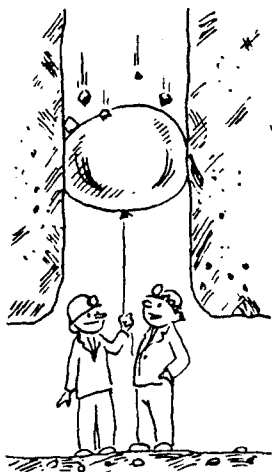
В. Наклонить объект или положить его «набок».

Г. Использовать обратную сторону данной площади.

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

Как видите, здесь целая группа приемов, хотя все они объединены общей идеей. Поэтому в списке — если считать не группы (принципы), а отдельные приемы — около ста приемов¹.

Работа над пополнением списка продолжается. Количество исследованных авторских свидетельств и патентов приближается к 70 тысячам. Удалось обнаружить еще десяток приемов. Они пока еще не очень типичны и используются редко, это своего рода изобретательская экзотика. О некоторых из них мы расскажем. Сейчас нам важно отметить другое: хороший список должен включать только сильные и современные приемы. Например, прием перестановки частей объекта не входит в список, так как для современных сложных задач он слабават. «Играя в кубики», мы



использовали только одну, достаточно сильную разновидность этого приема: вывернуть объект шиворот-навыворот, и эта разновидность входит в список как один из частных случаев приема 13. Список должен быть компактным, нет смысла раздувать его за счет включения приемов слабых, устаревших или узкоспециальных. Правда, у читателя может возникнуть вопрос: а если составить полный список приемов и вложить его в память ЭВМ или хотя бы сделать справочник? Об этом мы еще поговорим. Пока надо разобраться с другим вопросом: допустим, список — полный или неполный, большой или краткий — составлен; что это даст изобретателю?

А вот что. Некоторые задачи трудны, если их решать, не зная приемов, с помощью же приемов они легко решаются. Возьмем хотя бы задачу 6 о крышке для дымовой трубы. В списке есть прием 29: использовать надувные конструкции. А в «коллекции» примеров — такая информация: «При ремонтных работах в шахтах, особенно в вертикально восстающих штреках, часто приходится работать под градом камней, грозящих проломить голову. Шведские инженеры предложили оригинальный способ защиты от каменного дождя, не требующий ни длительной подготовки, ни

сложного оборудования. Шахтеры просто-напросто берут с собой нейлоновый баллон и надувают его у себя над головой. Баллон плотно заполняет собой все сечение и образует надежную защиту от камней, падающих с высоты до 25 метров. Надувать баллон нужно слабо, чтобы он лучше пружинил» («Изобретатель и рационализатор», 1967, № 2, с. 23). А по авторскому свидетельству № 628 026 эластичную надувную оболочку используют для заделывания пробойн в корпусе корабля. Подсказка предельно ясная: если надувным баллоном можно закрыть «колодец» в шахте и пробойну в корпусе корабля, подобным баллоном можно закрыть и дымовую трубу. Правда, возникает вопрос: как поднять баллон к вершине трубы? Но это совсем уж легкая задача, да и прием 8 дает новую подсказку: баллон надо наполнить легким газом, он сам поднимется. А опускать баллон можно с помощью прикрепленного к нему легкого тросика. Эта идея (технические детали мы сейчас опускаем) положена в основу патента США № 3 232 207.

С задачей 6 мы справились. Но вот задачу 5 (измерение давления газа внутри лампы) и задачу 7 (измерение глубины реки с самолета) с помощью списка приемов и обширной «коллекции» примеров решить не удастся, ставились опыты. Нет подходящего приема, нет примеров, прямо подсказывающих решение. Может быть, надо сделать более подробные списки приемов? Потратить еще 20, 30, 40 лет, исследовать сотни тысяч, миллионы изобретений и получить таблицу, содержащую тысячи приемов. Но чем больше таблица, тем больше надо перебрать вариантов, чтобы найти нужный. Снова перебор вариантов: тысячи приемов, десятки тысяч примеров... Где бы они ни хранились — в тетради, в книге, на перфокартах, в памяти ЭВМ, — их придется перебирать один за другим, как при обычном методе проб и ошибок.

Возникает досаднейшая ситуация. Мы знаем, что приемы сильны, знаем, что они способны «сразить наповал» любую задачу, если взять прием, подходящий именно для этой задачи. Приемы, взятые сами по себе, подобны снарядам без пушки. Что можно сделать, имея целый склад снарядов и не имея пушки, способной направить эти снаряды в цель?

Первые списки приемов без анализа изобретений, просто на основе опыта и интуиции стали создавать еще в начале XX века. Казалось бы, стоит немного уточнить списки, расширить их — и будет найдено мощное средство для решения изобретательских задач. Не получилось... Сейчас, спустя много лет, мы знаем: нужно найти правила использования приемов. Нужно найти такие правила, чтобы можно было для каждой задачи сразу и точно указать прием решения.

¹ Полный текст списка приемов с примерами см.: А. Б. Седюцкий. Г. И. Слугин. Вдохновение по заказу. Петрозаводск. «Карелия», 1977; Г. Альтшуллер. Алгоритм изобретения. Изд. 2. «Московский рабочий», 1973.

Итак, приемы решения изобретательских задач существуют! Факт, имеющий принципиально важное значение для теории решения изобретательских задач: есть кирпичи — значит, можно строить здание.

Поначалу построение теории кажется делом простым: нужно расклассифицировать задачи и для каждого класса указать соответствующие приемы. Но сразу же возникает вопрос: как классифицировать задачи?

Первая и вроде бы естественная мысль: задачи относятся к разным отраслям техники, они сами по себе разделены по отраслевому признаку — почему бы не воспользоваться этим для классификации задач?

К сожалению, приемы не признают отраслевых границ. Мы уже видели, что прием «обратить вред в пользу» одинаково хорошо срабатывает и при решении задачи, относящейся к производству бумаги, и при решении вопроса о разгрузке сгоревших материалов, т. е. задачи из совершенно другой области техники.

Может быть, взять за основу функциональные или структурные признаки? Механизмы и процессы нетрудно разделить на группы по назначению или по строению. Более того, для каждой группы нетрудно указать подходящие приемы. Вот, скажем, простая структура: два ролика и охватывающая их бесконечная лента. Типичная задача для такой структуры: как удлинить ленту, не увеличивая размеров механизма? Типичный прием решения: вынуть ленту в виде кольца Мёбиуса, т. е. разрезать ленту, повернуть один конец на 180° и снова соединить концы. Обычное кольцо имеет две поверхности — наружную и внутреннюю. Кольцо Мёбиуса — поверхность односторонняя: при прокручивании такого кольца наружная поверхность переходит во внутреннюю и наоборот. И вот авторское свидетельство № 236 278: шлифовальная лента в виде кольца Мёбиуса. Рабочая поверхность ленты вдвое увеличилась, а длина механизма осталась прежней. Далее: «мёбиусная» лента магнитного дефектоскопа (авт. св. № 259 449); ленточный фильтр (авт. св. № 321 266); металлическая лента в станке для электрохимической обработки (авт. св. № 464 429); лента в конвейере для нанесения полимерных покрытий (авт. св. № 526 395). И еще: лента для пишущих машинок, ленточный циферблат, ленточный токоъемник и т. д., и т. д. Почти полторы сотни патентов и авторских свидетельств на всевозможные ленты, свернутые в кольцо Мёбиуса... Можно четко сформулировать правило: «Если когда-нибудь встретишь механизм с бесконечной лентой, скрути ленту в кольцо, чтобы работали обе ее поверхности».

И все-таки структурный принцип не годится для классификации изобретательских задач. Прежде всего, структур очень много — сотни тысяч, если не миллионы. Приемов, пригодных для преобразования структур, тоже великое множество: ведь мы используем в сущности не универсальные приемы, а их мельчайшие осколки. Скрутить ленту в кольцо Мёбиу-

са — это всего лишь частный случай подприема «г» приема 17. Осколки приемов намного слабее самих приемов. Ну, свернули ленту в кольцо Мёбиуса, а что дальше? Как сделать следующее изобретение? И как быть в том случае, если ленточное устройство — простое или «мёбиусное» — вообще не годится и надо найти что-то принципиально новое?..

Наши попытки «с ходу» расклассифицировать изобретательские задачи оказались неудачными. И это не случайно. Мы взялись за классификацию задач, не разобравшись в том, что такое изобретательская задача.

Что же делает обычную техническую задачу изобретательской? В чем главный признак, главная особенность любой изобретательской задачи?

ПОЧЕМУ ТРУДНЫ ТРУДНЫЕ ЗАДАЧИ?

ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКАЯ СИТУАЦИЯ

В одном из экспериментов задача о перевозке шлака была предложена группе инженеров. Их познакомили с условиями задачи, дали возможность неделю поразмышлять, а потом попросили высказать и обсудить предложения. Вот запись этого обсуждения (буквы условно обозначают выступавших инженеров):

А: — По условиям задачи требуется уменьшить потери жидкого шлака при транспортировке. Этих потерь не будет, если мы приблизим шлакоперерабатывающую установку непосредственно к домне.

Б: — Во всем виновата твердая корка, образующаяся на поверхности шлака. В корке невозможно пробить отверстия у самых стенок ковша, поэтому происходит неполный слив жидкого шлака. Я предлагаю заранее закрепить металлические конусные пробки у самых стенок ковша, там, где образуется корка. Потом останется выдернуть пробки — и отверстия готовы.

В: — Мое предложение близко к предыдущему. Но я считаю более целесообразным оборудовать ковши сливными кранами, расположенными в донной части. Тогда можно будет без затруднения сливать весь жидкий шлак.

Б: — Это потребует замены всех ковшей. Кроме того, придется расположить шлакоперерабатывающую установку под путями, во всяком случае, ниже путей. Дорогостоящая реконструкция! Нет, проще сделать конусные пробки.

Г: — Расходы не страшны, если они дают результат. Мне не нравится, что корка вообще образуется. Ведь корка — это тоже потери. Нужно предотвратить образование корки. Но перестраивать для этого весь доменный цех, подтаскивать шлакоперерабатывающую установку к домне слишком сложно. Достаточно на ковшах установить горелки.

А: — А загрязнение воздуха отработанными газами горелок?..

Г: — Кухонная плита тоже загрязняет воздух, но никто не отказывается от плит.

Д: — А зачем вообще нужно расходовать шлак? Почему нельзя восстановить вещество шлака и снова использовать для выплавки чугуна?

А: — Это на грани фантастики. Потребуется исследование, пройдут годы. Потом придется перестраивать все производство.

Е: — Мне кажется, мы зря противопоставляем одну идею другой. Надо использовать все идеи. По возможности приблизим шлакоперерабатывающую установку к домне. По возможности будем подогревать шлак. На всякий случай установим и конусные пробки в зоне вероятного образования корки.

В: — Можно перемешивать шлак при перевозке.

Д: — Перемешивание будет способствовать более интенсивному охлаждению. Заморозим весь шлак. К тому же оборудовать каждый ковш мешалкой — тоже весьма недешево... А если изготавливать что-то из шлака прямо в пути?

Г: — Я согласен с тем, что от перевозок жидкого шлака надо отказаться. Ковш очень плохо приспособлен для сохранения тепла. А любая теплоизоляция — это существенное усложнение оборудования. Если, например, сделать крышку, придется ее то поднимать, то опускать. Сделать сливной кран? Также не так просто. После первого же рейса шлак затвердеет в кране. Нужно либо передвинуть шлакоперерабатывающую установку ближе к домне, либо сделать шлакопровод. Или то и другое.

Б: — Шлак будет застывать в шлакопроводе.

Е: — А что мешает сделать хорошую теплоизоляцию? Пусть она будет объемной и тяжелой, шлакопровод в отличие от ковша не нужно передвигать.

А: — Дорогое получится сооружение...

Д: — От корки можно избавиться, если платформу с ковшом очень быстро доставить от домны к шлакоперерабатывающей установке.

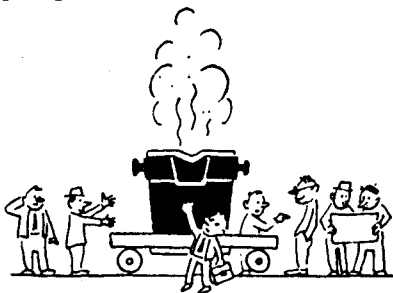
Е: — А как это сделать? Потребуется мощные мотовозы, придется переделать ковши, чтобы шлак не выплескивался. Пути тоже придется переделать... Нет, это как-то несерьезно. Я не понимаю, почему мы боимся этой корки? Пусть образуется корка. Ковш прибывает на шлакоперерабатывающую установку. Там можно подвести мощные горелки и расплавить корку. Чтобы не загрязнять атмосферу, поставим вытяжную трубу.

Д: — То есть построим печь, в которую можно поместить огромный ковш... Не проще ли взорвать корку?

А: — А взрывы не загрязняют атмосферу?

Б: — Все зависит от того, сколько у нас средств. Если средств мало, придется подогревать шлак, дешевле ничего не придумаешь. А если средств много, можно заказать новые ковши — с двойными стенками, теплоизоляцией. Даже с крышкой.

Е: — Поддерживаю эту мысль. Надо составить список проектов и указать ориентировочную стоимость. Это ведь нетрудно подсчитать. Заказчик выберет то, что нужно. Может быть, закажет сразу два проекта. Для немедленного внедрения — горелки. И одновременно что-нибудь подороже — для неспешной разработки, проверки.



Д: — Два плохих проекта не дадут в сумме одного хорошего. Нужен один хороший проект. Допустим, нагрев шлака. Но не горелками, а электронагревателями. Энергию можно взять у мотовоза.

В: — Первоначально у меня была идея оборудовать ковш сливными краями. Но, пожалуй, надежнее и проще все-таки сделать теплоизоляцию. Да, придется поднимать и опускать крышку. Но что тут страшного?

А: — Вся суть задачи в том, чтобы упростить процесс. А введение крышки — это усложнение процесса.

В: — Да, усложнение. Но зато не будет операций по пробиванию отверстий в корке. Не будет и операций по выбиванию застывшего шлака.

Е: — Я согласен с этим. Нужно оборудовать ковши крышками. Вот и все.

Б: — Я тоже согласен.

А: — Нам говорят: «Придумайте, как обойтись без крышки». А мы отвечаем: «Поставим крышку». Фактически мы отказываемся от решения задачи.

Б: — Во всяком случае никто не предложил ничего более эффективного, чем крышка.

А: — Хотя задача и состоит в том, чтобы найти что-то более эффективное.

Просматривая эту запись, можно заметить, что участники обсуждения по-разному поняли задачу. И дело здесь не в том, что условия изложены недостаточно четко. Обычно подобные задачи формулируются еще более расплывчато: «Транспортировка шлака обходится слишком дорого. Нужно что-то придумать». Или, на-

оборот, еще более узко: «Нужно найти эффективный способ пробивания отверстий в шлаковой корке».

То, что мы назвали задачей 8, на самом деле не задача, а лишь весьма неопределенная информация. В этой информации много лишнего, но, с другой стороны, вполне может не оказаться каких-то необходимых для решения данных. Исходную информацию, из которой предстоит выделить задачу, мы будем называть *изобретательской ситуацией*, или просто *ситуацией*. Ситуация — это описание устройства или процесса с указанием на какое-то недостающее качество.

Ситуации обычно лежат на виду, во всяком случае они хорошо известны каждому специалисту. Но ситуации в отличие от задач ничего не говорят о том, что допустимо менять и что менять недопустимо. Вот типичная ситуация: «Парусный корабль при слабом ветре развивает малую скорость. Как быть?» Такая ситуация порождает множество разных задач: как увеличить площадь парусов? как лучше использовать имеющиеся паруса? как вообще обойтись без парусов? как уменьшить сопротивление воды?.. Если бы в 1600 году кто-то поставил задачу вообще обойтись без парусов, это была бы ошибка, такую задачу в то время невозможно было решить. Но та же задача двести лет спустя привела к великому изобретению — созданию парохода.

Часто говорят, что правильная постановка задачи — половина решения. Мысль справедливая, но не завершенная. Нужно уточнить: поскольку правильная постановка задачи — половина решения, «выправить» задачу должен сам изобретатель. Нельзя требовать: «Поставьте задачу правильно, тогда я ее решу». Выработка правильных условий задачи — это и есть процесс решения. Абсолютно правильно поставленная изобретательская задача перестает быть задачей, ее решение становится очевидным.

Поначалу задача спрятана в изобретательской ситуации. Нужно уметь ее выделить. Бывает и так, что изобретателю предлагают уже выделенную задачу, но выделенную неправильно. В таких случаях приходится возвращаться от неверной задачи к исходной ситуации и уже потом решать новую задачу.

Давайте поглубже разберемся в том, что такое изобретательская ситуация. Это поможет нам сформулировать правила перехода от расплывчатой изобретательской ситуации к значительно более точной изобретательской задаче.

СИСТЕМЫ-ВАССАЛЫ И СИСТЕМЫ-СЕНЬОРЫ

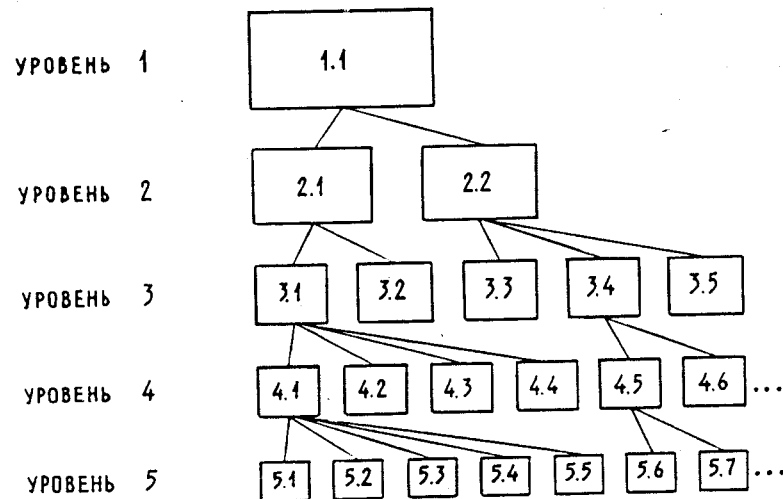
Весь окружающий нас мир населен техническими системами. Станок, телевизор, самолет, телефонная станция, завод — все это системы, состоящие из многих подсистем. Например, система «автомобиль» включает подсистемы «ходовая часть», «двигатель», «электрооборудование» и т. д. В свою очередь автомобиль входит в более крупную надсистему «автотранспорт», включающую множество автомобилей, заправочных станций, ремонтных баз, дорог и т. д.

Подсистемы, системы, надсистемы — понятия относительные. Скажем, электрооборудование — подсистема относительно автомобиля, но у электрооборудования есть свои подсистемы (освещение, зажигание). Получается нечто вроде феодальной иерархии: вассал подчиняется сеньору, который в свою очередь является вассалом более крупного сеньора, и т. д. Иерархия систем типична не только для техники, но и для объектов биологических (клетка — орган — организм — сообщество организмов) и астрономических (планета — солнечная система — местное звездное скопление — галактика — метagalaktika). Системность — одна из основных особенностей строения материального мира.

Важнейшее свойство любой технической системы состоит в том, что изменение одной части системы отражается на состоянии других ее частей и всей системы в целом. И наоборот, изменение системы в целом сказывается на состоянии ее частей. В разных системах эти взаимосвязи проявляются с разной силой. Иерархия систем может быть рыхлой, мягкой, с неглубокими и непрочными связями. В такой иерархии изменение одной подсистемы слабо сказывается на других подсистемах и на всей системе в целом. Иерархия может быть твердой, жесткой, с глубокими и прочными связями. Тогда даже небольшое изменение системы распространяется вбок (на другие системы), вверх (на надсистему, наднадсистему) и вниз (на подсистемы, подподсистемы).

Иерархия технических систем — по преимуществу иерархия жесткая, с глубокими и прочными связями. Точнее, на верхних ступенях этой иерархии, там, где расположены большие системы (автотранспорт, машиностроение, радиосвязь и т. д.), иерархия достаточно мягкая. Но чем ниже по иерархической лестнице, тем жестче становятся связи систем с подсистемами. Изобретателям приходится иметь дело именно с такими сравнительно небольшими и жесткими системами (двигатель, станок, радиоприемник и т. д.). Обрыв одного провода в системе зажигания может вывести из строя не только этот провод, но и всю систему зажигания, и надсистему (двигатель), и наднадсистему (автомобиль).

На фиг. 4 условно показаны пять ступеней иерархической лестницы. Предположим, нам известно, что при работе объекта 3.1 проявляется какое-то вредное свойство (или недостает какого-то полезного свойства). Существовать объект 3.1 сам по себе, мы бы твердо знали, что надо изменить именно его. Но объект 3.1 входит в иерархию систем. Это значит, что его состояние зависит не только от него самого, но и от объекта 3.2, и от подсистем 4.1, 4.2, 4.3, и от надсистемы 2.1, а может быть, и от объектов еще более высокого (1.1) или еще более низкого (5.1, 5.2...)



Фиг. 4

рангов. Отсюда множество самых различных толкований одной и той же изобретательской ситуации.

Конечно, можно последовательно рассмотреть все задачи, вытекающие из одной и той же ситуации. Так обычно и делают, хотя перескакивание с одной задачи на другую происходит не последовательно, а стихийно. Если считать, что одна ситуация может дать в среднем десять разных задач, то неуменно перейти от ситуации к одной правильно выбранной задаче означает снижение эффективности работы изобретателя в десять раз.

Предположим, двум восьмиклассникам дали уравнение

$$x^5 + 3x^4 + x^3 + 2x^2 + x + 12 = 0$$

и попросили найти численное значение неизвестного, подставляя

в уравнение различные целые числа. Один ученик сразу принял за работу: «Икс равен единице, подставим, посчитаем... Икс равен двум, подставим, посчитаем...» Другой сначала вспомнил правило: нечетная степень любого числа имеет тот же знак, что и первая степень. «Икс не может быть положительным числом, поскольку сумма положительных чисел не равна нулю. Значит, надо подставлять только отрицательные числа...» Ясно, что второму ученику легче прийти к решению: он сумел выделить из ситуации ту задачу, которую необходимо и достаточно решить. Помогло правило. Если бы изобретатель имел такие правила...

Что ж, допустим, есть правило, позволяющее уверенно переходить от ситуации к задаче. Изобретатель теперь твердо знает, что именно нужно изменить: «Чтобы шпак не остывал, нужно изменить ковш». Но ковш входит в иерархическую лестницу систем, при изменении ковша возникнут изменения в других системах и эти побочные изменения могут оказаться ненужными, вредными. Поставим, например, дополнительную теплоизоляцию: размеры ковша увеличатся, придется менять платформу, на которой установлен ковш. Выиграли в одном и проиграли в другом. Значит, трудная задача трудна еще и потому, что мы не знаем, как менять выбранную ступеньку иерархической лестницы систем. Даже небольшое изменение одного участка ступеньки может вызвать лавину нежелательных изменений всей ступеньки, соседних ступенек и вообще всей лестницы...

Здесь мы подходим к чрезвычайно важному понятию о техническом противоречии.

В МИРЕ ПРОТИВОРЕЧИЙ

Изобретательские задачи кажутся на первый взгляд легкими. Нужно измерить давление газа внутри лампы? Пожалуйста! Разобьем лампу, соберем газ, измерим давление, вот и все. И действительно так можно измерить давление. Но при этом, выиграв в одном (узнали, каково давление газа), мы проиграли в другом (сломали лампу), и проигрыш намного превысил выигрыш.

Обычная техническая задача превращается в изобретательскую именно тогда, когда, пытаясь использовать известные способы, приемы, устройства, мы наталкиваемся на противоречие: выигрыш сопровождается проигрышем. Допустим, мы решили сделать автомобиль комфортабельнее. Казалось бы, все очень просто: надо прежде всего увеличить размеры кузова. Но с увеличением размеров кузова повысится вес машины, возрастет сопротивление воздуха, снизится скорость... Когда технические проти-

ворения видит конструктор, он стремится найти компромиссное решение. Для гоночного автомобиля комфорт неважен, можно пожертвовать комфортом, но выиграть в скорости. Для междугороднего автобуса комфортом жертвовать никак нельзя, зато избытком скорости вполне можно поступиться. Изобретатель, в отличие от конструктора, должен противоречие устранить: сделать так, чтобы выигрыш был, а проигрыша не было.

Вот несколько типичных технических противоречий. Судите сами, легко ли их преодолеть.

1. Очень заманчиво делать ткани и одежду из прочных полимерных пленочных материалов. Но тут возникает противоречие. Ткань, идущая на одежду, должна иметь мельчайшие поры, чтобы пропускать воздух и пары воды. А если в пленочной ткани сделать поры, ее прочность резко снизится.

2. Чтобы увеличить производительность экскаватора, нужно сделать ковш побольше. Но большой ковш станет тяжелым, экскаватор будет расходовать энергию на подъем и опускание самого ковша. Если сделать ковш большим и легким, лишняя мощность не будет расходоваться, но легкий ковш не станет врезаться в грунт.

3. Чтобы паровой котел мало весил, желательно придать ему форму шара. При такой форме он будет хорошо выдерживать высокое давление и вес его будет небольшим. Но для обеспечения высокой производительности котла нужно, наоборот, сделать котел плоским, чтобы он имел как можно большую поверхность обогрева. Однако такой котел будет тяжелым.

4. Чтобы свая хорошо входила в грунт, она должна быть снизу как можно острее. Но у острой сваи маленькая площадь опоры, и для того чтобы свая хорошо несла большую нагрузку, нужно нижнюю часть сваи сделать, наоборот, расширенной, тупой.

5. Сила тяги тепловоза зависит от давления на колеса. Чтобы получить большое давление, приходится увеличивать вес тепловоза. Но тяжелый электровоз вынужден тратить много энергии на бесполезную перевозку своего собственного веса.

6. Многие современные радиотехнические устройства построены на применении микромодулей. Чем меньше микромодуль, тем больше деталей можно разместить в каждом кубическом сантиметре, но тем труднее его разбирать, если необходим ремонт.

7. На линиях электропередач высокого напряжения возникает «корона»: электричество уходит в воздух, заставляя его светиться. Чтобы уменьшить потери электричества, нужно увеличить диаметр провода. Но тогда резко увеличится вес провода, расход металла, усложнится постройка линий электропередач.

В описаниях изобретений иногда можно встретить очень четкое изложение противоречия и пояснение, каким именно образом это противоречие преодолевается. Вот, например, отрывок из описания изобретения к авторскому свидетельству № 233 539: «При разработке грунта роторными экскаваторами одним из основных показателей являются энергоемкость, зависящая от толщины стружки грунта, и коэффициент колебания внешней нагрузки (коэффициент дипампичности). Между ними существует техническое противоречие: чтобы снизить энергоемкость ротора при одной и той же скорости, требуется уменьшить число режущих элементов, а чтобы снизить коэффициент колебания внешней нагрузки, нужно увеличить число ковшей. Целью изобретения является снижение энергоемкости путем разделения функций резания и транспортирования грунта. Достигается это тем, что резание грунта осуществляется промежуточными замкнутыми режущими элементами, выполненными в виде парных стоек, которые имеют на свободных концах сменные ножи. Транспортирование грунта производится ковшами, причем для улучшения условия транспортирования расположенные между промежуточными замкнутыми режущими элементами ковши могут быть выполнены без режущей кромки».

Чаще, однако, в описаниях изобретений излагают только результат преодоления противоречия — новое устройство, новый процесс. Но если патент или авторское свидетельство выданы не на изобретение самого низшего (первого) уровня, можно восстановить суть преодоленного противоречия. Вот английский патент № 1 372 642. Описана спортивная парусная яхта: два небольших корпуса-поплавка, а между ними плоскость — доска, соединяющая поплавки. На этой плоскости располагается экипаж (один-два человека). В общем, самый обычный катамаран. Единственное отличие состоит в том, что мачта шарнирно установлена на передней кромке соединительной плоскости, благодаря чему мачту можно вращать вокруг точки опоры. Только и всего? И это изобретение? Да, изобретение. По простоте ответа нельзя судить о сложности задачи. Хороший ответ на изобретательскую задачу всегда прост. Но это отнюдь не значит, что легко преодолеть противоречие.

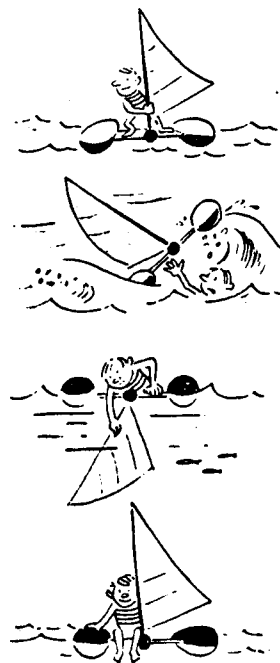
Катамараны отличаются высокой остойчивостью. Чем больше расстояние между корпусами, тем выше остойчивость катамарана. Но все-таки небольшие спортивные катамараны нередко перевертываются. Крутая волна, порыв ветра, неверный маневр — и яхта опрокинута. И вот тут высокая остойчивость катамарана оказывается вредной: чрезвычайно трудно снова перевернуть яхту, чтобы вернуть ее в прежнее положение. Четкое противо-

речие: расстояние между корпусами катамарана должно быть большим, чтобы яхта не переворачивалась, когда не надо, и это же расстояние должно быть небольшим, чтобы можно было перевернуть яхту, когда это надо. На первый взгляд кажется, что нужен катамаран, корпуса которого могут сдвигаться и раздвигаться. Но такая конструкция была бы сложной, тяжелой, причем даже при сдвинутых поплавках перевернуть опрокинутый катамаран все-таки нелегко. А ведь это надо сделать быстро и силами одного-двух человек, плавающих в воде!

В патенте № 1 372 642 предложена остроумная идея: если катамаран опрокинулся, его вообще не надо переворачивать, можно продолжать плавание и на перевернутом судне. В самом деле, весь катамаран — два поплавка и соединительная доска; обе стороны, верхняя и нижняя, одинаковы. Когда катамаран перевернулся, нижняя сторона стала верхней, только и всего. Можно забраться на соединительную плоскость и продолжать плавание. Единственное затруднение: мачта опрокинутого катамарана оказывается под водой... Теперь понятна суть патента. Если мачта укреплена шарнирно на передней кромке соединительной плоскости, можно легко освободить мачту, повернуть ее на 180 градусов и снова закрепить в рабочем положении. Очень небольшое изменение — мачта установлена на шарнире и поставлен этот шарнир на передней кромке соединительной доски, — но именно это небольшое изменение просто и исчерпывающе устраняет противоречие: вместо того, чтобы переворачивать катамаран, переворачивают только мачту. Кстати, это прием № 2 в списке типовых приемов.

Главное в изобретении — устранение технического противоречия. Сами по себе изменения, которые внесены в ту или иную конструкцию или в тот или иной процесс, могут быть совсем небольшими. Важно другое: чтобы эти изменения приводили к устранению противоречия.

Читатель может спросить: но есть же изобретения, которые не устраняют противоречия существующих технических систем,



а создают совершенно новые системы? Действительно, есть задачи, требующие создания новых технических систем «на пустом месте». Вот одна из таких задач:

Задача 9. На заводе, выпускающем сельскохозяйственные машины, был небольшой испытательный полигон, 100×50 м, на котором проверялись ходовые качества машин (трогание с места, поворот и т. д.). Выяснилось, что для выполнения нового большого заказа нужно испытывать машины с учетом существования почти ста различных видов почв. Строить сто полигонов очень дорого, да и территории такой нет. Везти машины на испытания в районы с разными почвами — еще дороже. Оба эти варианта непримлемы. Как быть?

Нужен полигон, на котором свойства почвы можно было бы менять простым нажатием кнопки: потребовалась, например, почва № 87, нажал кнопку — и на полигоне мгновенно возникает почва № 87... Ничего похожего на такую систему нет, поэтому нет и технического противоречия, которое надо преодолеть. Что ж, представим себе несуществующую систему: предположим, каждый раз на полигоне меняют почву. Работают экскаваторы, самосвалы, разного рода трамбовки, разрыхлители. Если нужно, удаляют несколько тысяч кубометров одного грунта и привозят такое же количество другого. Десятки мощных грузовиков, сотни рейсов туда и обратно, несколько напряженных дней работы — и почва заменена. Разумеется, это нереально — очень дорого, сложно и все равно нет возможности проводить испытания: много разных машин, много разных почв, где уж тут управиться, если на каждую смену почвы будут уходить 3—4 дня. Система настолько плоха, что ее не реализуют. Но в принципе она осуществима. И та новая система, которую нам предстоит найти, должна преодолеть противоречия, присущие этой воображаемой системе.

Другой пример — задача 5. Чтобы проверить давление газа в каждой лампе, надо разбить все лампы. Никто так не поступает, выгоднее просто отказаться от проверки давления газа. Но теоретически такой способ проверки возможен и, следовательно, есть техническое противоречие, которое надо преодолеть.

Предположим, противоречия возникают всегда — при любой попытке старыми, уже известными путями получить новый результат. Что дает нам знание этого факта? Разве теперь, когда мы знаем о существовании противоречий, нам легче решать задачи?

На эти вопросы можно ответить контрвопросом: а что дает врачу правильный диагноз? Зная, чем болен человек, можно принять обоснованное решение о его лечении.

Здесь необходимо кое-что уточнить. До сих пор мы говорили только о технических противоречиях. Но противоречие можно сформулировать как более поверхностно, так и, наоборот, более глубоко. Поэтому различают три типа противоречий:

1. *Административное противоречие*: «Надо получить то-то, но я не знаю, как это сделать». Например, надо измерить глубину реки с самолета, но как это осуществить, неизвестно. Такое противоречие порождает изобретательскую ситуацию. Как правило, административное противоречие лежит на виду, во всяком случае, его легко сформулировать, причем особой точности не требуется: как бы точно мы ни сформулировали административное противоречие, процесс решения от этого не облегчится.

2. *Техническое противоречие*: «Одно свойство системы противоречит другому ее свойству». Или: «Улучшение одной ~~части~~ системы приводит к ухудшению другой ее ~~части~~». Иногда, как мы видели, конфликтуют не части системы, а система и подсистема или система и надсистема. Но суть во всех случаях одна: выигрыш в чем-то одном приводит к проигрышу в другом. Например, повышение надежности приводит к увеличению веса.

Сформулировать техническое противоречие — значит перейти от ситуации к задаче. Поэтому правильный переход от административного противоречия к техническому — это существенный сдвиг в решении задачи.

3. *Физическое противоречие*: «Эта часть рассматриваемой системы должна находиться в таком-то физическом состоянии, чтобы удовлетворить одному требованию задачи, и должна находиться в противоположном физическом состоянии, чтобы удовлетворить другому требованию задачи».

Требования, указанные в условиях задачи (и в техническом противоречии), несовместимы из-за того, что для их выполнения одна и та же часть системы должна находиться в двух диаметрально противоположных физических состояниях: быть горячей и холодной, проницаемой и непроницаемой, электропроводной и неэлектропроводной, тяжелой и легкой, подвижной и неподвижной и т. д. Какое именно физическое противоречие скрыто в глубине технического противоречия — чаще всего неизвестно. Нужно каким-то образом добраться до физического противоречия. Но если мы знаем физическое противоречие, то изобретательская задача из туманной превратилась в конкретную и потому значительно более простую техническую или физическую задачу. Во многих случаях после выявления физического противоречия ста-

новится очевидным, какой прием или физический эффект надо применить, чтобы получить ответ.

Физическое противоречие — последний барьер на пути к ответу. И чем точнее сформулировано физическое противоречие, тем ниже этот барьер.

УСЛОЖНИМ ЗАДАЧУ, ЧТОБЫ ЕЕ УПРОСТИТЬ

Итак, трудная задача трудна по трем причинам: 1) сначала мы имеем дело не с задачей, а с изобретательской ситуацией — целым клубком задач, и нужно каким-то образом выделить из этого клубка единственно правильную задачу; 2) пытаюсь решить задачу обычными (известными, привычными) путями, мы наталкиваемся на техническое противоречие, и нужно каким-то образом докопаться до спрятанного в его глубине физического противоречия; 3) чтобы устранить физическое противоречие, нужно каким-то образом найти подходящий технический прием или физический эффект.

Всего три действия! Если их осуществить, трудная задача будет решена или, по крайней мере, превратится в задачу значительно более легкую. Загвоздка, однако, в том, что мы не знаем, каким именно образом выполнить эти действия. Легко сказать — перейти от ситуации к задаче. А как это сделать? Как искать физическое противоречие? Как подбирать нужный технический прием или физический эффект?

И слова возникает мысль: вот если бы существовали какие-то правила... Впрочем, совместимы ли творчество и правила? Разве одно не исключает другое? К этой проблеме мы еще вернемся. А сейчас просто констатируем: да, такие правила существуют.

Вот одно из них. Оно заключается в том, что любую изобретательскую ситуацию надо прежде всего перевести в мини-задачу по принципу: все остается так, как было, но исчезает вредное, ненужное качество или появляется новое полезное качество. Надо по возможности избегать изменений в системе — такова идея этого правила. Сначала выгоднее решить мини-задачу и уж потом, по мере необходимости, браться за задачи, связанные со значительными изменениями технической системы и всей иерархической лестницы. Допустим, решая задачу о шлаке, мы нарушили правило перехода к мини-задаче и придумали совершенно новый металлургический процесс. В самом идеальном случае пройдут десятки лет, пока будет спроектировано и построено новое оборудование. Десятки лет будут продолжать работать доменные печи, и по-прежнему будет теряться жидкий шлак.

Переход к мини-задаче имеет три важных преимущества:

1. Такой переход легко осуществить. Достаточно ввести дополнительное требование: техническая система и вся иерархическая лестница остаются без изменений (точнее, не усложняются), недостаток (он указан в изобретательской ситуации) исчезает. Например: «Система перевозки шлака остается прежней (не усложняется), но потери жидкого шлака сведены к нулю».

2. Переход к мини-задаче резко сокращает число вариантов, которые надо рассмотреть, чтобы решить задачу. Сразу отпадают все варианты, связанные со значительными изменениями системы. Так, в записи обсуждения задачи о шлаке явно не соответствуют мини-задаче следующие идеи: передвинуть шлакоперерабатывающую установку к доме; создать металлургический процесс с регенерацией шлака; оборудовать ковши перемешивающими устройствами; построить шлакопровод; создать скоростное оборудование для перевозки шлака; построить печь для вторичного подогрева шлака; построить ковши-термосы. Не годятся и предложения, которые не обеспечивают сохранения всего шлака в жидком состоянии: конусные пробки, сливной крап в нижней части ковша, разрушение шлаковой корки взрывом. Из двенадцати идей («под вопросом» остаются только две: подогревать шлак горелками (или электронагревателем) и оборудовать ковш теплоизолирующими крышками.

3. Найденное решение мини-задачи легко внедрить, поскольку нет необходимости что-либо перестраивать, переделывать. Представим себе, пока в порядке фантазии, хорошее решение задачи о шлаке. Скажем, достаточно бросить в ковш пачку поваренной соли — и скорость охлаждения шлака в сто раз уменьшится, жидкий шлак, не затвердевая, прибывает на шлакоперерабатывающую установку. При столь простом решении не существует проблемы внедрения: в течение одного дня можно хоть двадцать раз провести натурный эксперимент, способный убедить любого скептика.

Может показаться, что использование правила перехода к мини-задаче означает отказ от смелых, оригинальных изобретений. Это совсем не так. Мини-задача ориентируется не просто на минимальные изменения того, что есть. Она, словно нарочно, требует почти невозможного и дерзкого: незначительными изменениями добиться максимального результата. Изобретатель как бы сам себе утяжеляет задачу, вводя дополнительное требование: нужный результат должен быть достигнут без усложнения системы. Сделать задачу более тяжелой, чтобы легче было ее решать, — путь парадоксальный, и нет ничего удивительного в том, что этот путь часто ведет к красивым и неожиданным изобретательским идеям.

Рассмотрим это на любопытном примере.

Задача 10. Предприятие выпускает приборы в цилиндрических пластмассовых корпусах. Готовую продукцию надо покрыть тонким слоем специальной защитной краски. Использовать электростатические способы окраски по ряду причин невозможно. Окраску ведут обычными распылителями: в течение 15—20 секунд распылители наносят краску на цилиндр, затем в окрасочную камеру поступает следующий цилиндр и т. д.

К сожалению, окраска идет слишком медленно. Повысить скорость окраски нетрудно: если пустить распылитель на полную мощность, цилиндр покроется краской за доли секунды. Но при этом будет практически невозможно получить тонкое и ровное покрытие. Лишнее мгновенно — и слой краски будет слишком толстым, образуются потеки. И наоборот: чуть меньше, чем надо, — и где-то останутся незакрашенные места.

Краскораспылители — приборы грубоватые и капризные. Режим их работы зависит от многих, порой трудноуловимых причин. Поэтому приходится вести окраску медленно, в режиме, при котором одна-две секунды не имеют особого значения. Как быть?

Теперь вы знаете: задача 10 на самом деле не задача, а типичная изобретательская ситуация. Она может быть превращена в самые различные задачи: как вообще избежать необходимости окрашивать приборы? как изменить распылители, чтобы они работали стабильнее? как лучше вести контроль за процессом окраски? как изменить краску? как изменить условия окраски?.. Эксперименты с этой ситуацией показали, что в подавляющем числе случаев ситуацию переводят в задачу на улучшение контроля за ходом покрытия. Это представляется очевидным: чем точнее контроль, тем быстрее можно вести окраску. Однако быстрый и точный контроль



требует применения сложных электронных устройств. Механическое оборудование, которое по команде контрольной аппаратуры выводит прибор из зоны окраски, также получается весьма сложным, потому что необходимо обеспечить вывод прибора за сотые доли секунды. Теоретически все это осуществимо, но практически настолько сложно и дорого, что выгоднее вести окраску медленно, старым способом.

Переведем теперь эту ситуацию в мини-задачу: все остается как было, но приборы быстро покрываются тонким и ровным слоем краски. На первый взгляд, задача стала значительно сложнее,

она теперь кажется нерешимой. Подумать только: распылители гонят краску на полную мощность, притом делают это неравномерно, а краска, как по волшебству, ложится тонким и ровным слоем... На самом же деле после перехода к мини-задаче отпали наиболее трудные пути решения: теперь мы не будем вести контроль за процессом окраски, а постараемся так изменить этот процесс, чтобы он хорошо шел без всякого контроля. Сколько бы ни поступало краски, на изделии должен оставаться только тонкий и ровный слой. *Уже есть, и даже не надо — ни за что*

Вместо неопределенной и трудной ситуации перед нами теперь четкая и легкая задача: цилиндр покрыт избытком краски; как убрать этот избыток, оставив лишь тонкий слой? Это уже, в сущности, чисто физическая задача. Здесь тоже есть определенные правила решения, потом мы с ними познакомимся, а пока просто рассмотрим несколько возможных вариантов решения. Чтобы убрать избыток краски, нужно приложить силу. Каким образом это можно сделать? Простейшие способы: потрясти или вращать цилиндр. Последняя идея и отражена в авторском свидетельстве № 242 714: цилиндр окунают в бак с краской, а затем вращают — центробежная сила сбрасывает лишнюю краску. Меняя число оборотов, можно регулировать толщину остающегося покрытия. Способ очень простой и эффективный.

Конечно, переход от ситуации к мини-задаче отнюдь не гарантирует, что будет получена задача, решение которой почти очевидно. Преобразовав ситуацию в мини-задачу, мы делаем лишь первые шаги к решению. Но это очень важные шаги.

Возьмем для примера еще одну задачу.

Задача 11. Антенна радиотелескопа (она размещена в пластмассовом куполе) находится в местности, где часто бывают грозы. Для защиты от молний вокруг антенны поставили металлические штыри-громоотводы. Но эти штыри задерживают радиоволны, создают радиотень. Поставить молниеотводы на антенну невозможно. Как быть?

Обычно при решении этой задачи предлагают различные конструкции выдвижных молниеотводов. Их использование, однако, требует организации чрезвычайно громоздкой и все-таки ненадежной службы контроля за состоянием атмосферы.

Переход к мини-задаче сразу отсекает этот путь, казавшийся наиболее естественным. Как и в предыдущем случае, нужно оставить все как было. Никаких выдвижных молниеотводов, никакой службы контроля. Молниеотводы остаются, но, словно по волшебству, перестают давать радиотень.

Решения задачи пока не видно. Однако где-то уже проглядывает физическое противоречие: молниеотвод должен быть диэлектриком, чтобы пропускать радиоволны, и должен быть проводником, чтобы ловить молнию. Для обычного мышления такая формулировка — явный тупик. Но ведь мы исследуем мышление необычное, парадоксальное, изобретательское...

* * *

Около двенадцати столетий назад, в 800 году, происходила коронация Карла Великого. По ритуалу возложить корону на Карла должен был папа римский. Перед Карлом возникла нелегкая задача. Коронация была нужна для укрепления власти, поэтому политические соображения диктовали необходимость ее проведения «по всей форме». С другой стороны, из-за политических же соображений было совершенно недопустимо, чтобы папа римский короновал Карла, поскольку получалось, что папа выше императора: раз папа дал корону, он может когда-нибудь и забрать ее...

Четкое физическое противоречие. И Карл нашел способ его преодолеть. Если использовать современную терминологию, Карл разделил противоречивые требования в пространстве и во времени. Когда папа протянул корону, Карл, не дожидаясь, пока корона будет возложена ему на голову, перехватил корону на полдороге и надел ее своими руками!

Тысячу лет спустя, в декабре 1804 года, в парижском соборе Нотр-Дам происходила коронация Наполеона. И снова возникла аналогичная задача: корону следовало принять... и не следовало. Но Наполеон уже знал прием преодоления этого противоречия, и как только Пий VII приносил корону, Наполеон перехватил ее — все произошло, как при коронации Карла Великого.

Творческая задача, к какой бы области деятельности она ни относилась, всегда содержит противоречие, которое надо устранить, преодолеть или, в крайнем случае, резко ослабить. Самая главная особенность задачи, делающая ее творческой, — это наличие в задаче противоречия.

Число задач огромно, практически безгранично. Но число противоречий (и приемов их преодоления) сравнительно невелико. Поэтому задачи независимо от того, к какой отрасли техники они относятся, следует классифицировать по виду содержащихся в них противоречий. Если известен вид противоречия, можно без особых затруднений указать и прием, устраняющий противоречие. Допустим, противоречие заключается в том, что деталь должна двигаться и не должна двигаться. Разделим эти противоречивые требования в пространстве: пусть одна часть детали движется, а другая часть остается неподвижной. Или во времени: деталь может то двигаться, то прекращать движение. Можно «развести» противоречивые требования, изменив строение детали: деталь в целом будет неподвижной, а ее частицы приобретут подвижность. Можно изменить природу движения: пусть деталь

колеблется — такой «шаг на месте» тоже совмещает несовместимое... Подобных приемов, устраняющих противоречие «подвижный — неподвижный», около десятка. Выбрать нужный прием в большинстве случаев нетрудно, поскольку условия задачи сразу указывают, какие приемы заведомо не годятся. В сущности, вся проблема в том, чтобы правильно «обработать» задачу и докопаться до физического противоречия.

Нужны правила «обработки» задачи. Пока мы знаем только одно правило: как от изобретательской ситуации перейти к мини-задаче. А как добаться до содержащегося в задаче физического противоречия?..

БИТВА ЗА ПРОСТОТУ: ОТ ЗАДАЧИ — К ЕЕ МОДЕЛИ

МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ

Если внимательно проследить за ходом рассуждений при решении задачи об окраске приборов, нетрудно подметить интересную особенность. Краскораспылителю можно задать один из трех режимов: максимальный, минимальный, средний. Использование любого из этих режимов не нарушает правила перехода к мини-задаче. Но мы почему-то выбрали максимальный режим, и это сразу привело к упрощению задачи. При максимальном режиме краска подается в столь большом количестве, что капельки сливаются в сплошной поток; вместо распыления можно просто лить краску или окунуть прибор в бак. Нанесение краски в явно избыточном количестве — очень простая операция, не требующая никакой регулировки. Следовательно, выбрав максимальный режим, о нанесении краски можно не беспокоиться. Вся проблема теперь сводится к одному: как удалить избыток краски. Трудная задача стала легкой.

Что это — случайная удача или закономерность?

Выбор среднего режима и попытаться сделать его оптимальным — значит решать задачу «в лоб». Задача потому и задача, что напрямик ее решать трудно. Кто-то уже пытался действовать напрямик, но не достиг успеха — именно поэтому и возникла задача. Выгоднее пойти новыми путями — в охоту, то есть выбрать минимальный или максимальный режим. Допустим, распылители работают на минимальном режиме. Прибор покрывается краской очень медленно, за десять минут или даже за полчаса. В этом случае нетрудно получить тонкое и ровное покрытие, прервав окраску в нужный момент. Поскольку краска наносится медленно, не имеет значения, прервем ли мы процесс минутой раньше или минутой позже. Явный выигрыш в качестве окраски... и проигрыш во времени, в производительности. Возникает очень крепкое техническое противоречие: время — объект, который не поддается

изменениям. Лишь в редких случаях удается как-то «обмануть» время. Например, если окраску совместить с какой-то другой операцией, затраты времени на окраску можно не учитывать. Но совместить окраску со сборкой или с испытанием прибора практически невозможно, одна операция будет мешать другой. Остается второй обходный путь: краску подают в максимальном режиме, а потом избыток убирают. Объектом в этом случае является краска, а работать с веществом неизмеримо легче, чем со временем: вещество можно растянуть, сжать, скрутить, раздробить, нагреть и т. д. Веществом мы умеем управлять, а управление временем пока остается темой фантастических романов.

Проверим эти соображения еще на одной задаче.

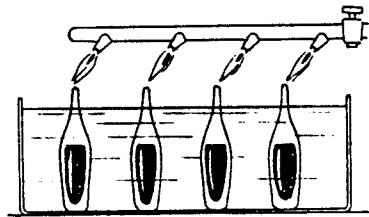
Задача 12. После заполнения ампулы лекарством нужно запаять капилляр. Сделать это надо осторожно, чтобы не нагреть лекарство. Ампулы устанавливают в кассету, пять рядов по пять ампул, капиллярами вверх. Подводят групповой нагреватель, и над каждым капилляром оказывается горелка. Схема простая, но капризная: чуть длиннее пламя у какой-нибудь горелки — лекарство в ампуле перегреется, испортится, чуть короче пламя — капилляр останется непаянным. Даже при идеально ровном пламени много брака: «недодержал» ампулы — и некоторые не запаялись, «передержал» — и где-то испортилось лекарство... Как же быть?

Попытки решить эту задачу обычно идут по трем направлениям: 1) нельзя ли запаявать капилляры не газовыми горелками, а чем-то иным? 2) а если как-то изменить горелки, чтобы их пламя было более стабильным? 3) может быть, просто прикрыть ампулы экраном с отверстиями, в которое пройдут только верхушки капилляров?

Все эти пути не ведут к удовлетворительному ответу. Конечно, можно запаявать капилляры не горелками, а чем-то иным. Но для этого потребуется новое оборудование, следовательно, неизбежны значительные затраты времени и средств. А как быть с запайкой сегодня? Нет надежды и на быстрое и эффективное усовершенствование горелок: нестабильность пламени связана с самим принципом их работы. Экран с отверстиями для капилляров, казалось бы, достаточно простое решение, но сразу же возникает затруднение: если диаметр отверстия хотя бы на миллиметр больше диаметра капилляра, огонь пройдет к корпусу ампулы; если же разница в диаметрах незначительна, резко повышается трудо-

емкость запайки — надо очень осторожно вставлять тонкие и ломкие капилляры в отверстия, чтобы капилляры не соприкасались со стенками отверстий.

Теперь мы знаем: решать задачу надо иначе. Прежде всего, пока перед нами не задача, а изобретательская ситуация. Для перехода к задаче введем дополнительное требование: исходная система остается без изменений, но недостаток исчезает. Тем самым мы сразу отсекаем множество вариантов, связанных с использованием каких-то иных нагревателей. Отпадают и варианты, требующие изменения газовых горелок. Может показаться, что



мы перешли к более сложной задаче: нужно хорошо запаять капилляры заведомо плохими, не поддающимися тонкой регулировке газовыми горелками. Тут уже знакомый нам психологический барьер, на самом деле задача резко упростилась и теперь очень похожа на задачу об окраске приборов (нужно

хорошо окрашивать приборы плохими распылителями).

Пусть горелки, как распылители в задаче об окраске, работают на полную мощность. Незапаянных ампул наверняка не будет. Остается только убрать, потушить избыточное пламя — и задача решена. Огонь тушат водой — это общеизвестно. Поместим кассету с ампулами в воду так, чтобы над водой поднимались только верхушки капилляров. Огонь оплавит эти верхушки, а вода (ее можно сделать проточной) защитит от перегрева корпуса ампул. Задача решена (авторское свидетельство № 264 619).

Сформулируем правило. Каждое техническое противоречие можно изложить двояко: «При улучшении А ухудшается Б» или «При ухудшении А улучшается Б». Нужно использовать ту формулировку технического противоречия, которая обеспечивает наибольшую производительность основного действия системы. В задаче 12 возможны две формулировки технического противоречия: «Если огонь заведомо мал, ампулы не перегреваются, но некоторые ампулы могут остаться незапаянными» и «Если огонь заведомо велик, ампулы перегреваются, но зато наверняка запаяются». Согласно правилу, в данном случае надо исходить из второй формулировки, поскольку основное действие — запайвание.

Выбирая одну из двух возможных формулировок противоречия, мы резко сокращаем поле поисков, и это не менее важно, чем переход от ситуации к задаче.

Задача 13. Если при изготовлении бетона добавить в него алюминиевую пудру, то в результате взаимодействия алюминия с водой выделяются пузырьки водорода. Эти пузырьки вспенят, вспучат бетонную массу — получится пенобетон, отличный теплоизоляционный материал. К сожалению, процессом изготовления пенобетона очень трудно управлять. Высота вспучивания зависит от множества факторов: точности дозировки составляющих, температуры бетона и воздуха, колебаний атмосферного давления, вида цемента и его свежести и т. д. В огромном цехе, заставленном ваннами-формами, приходится поддерживать постоянную температуру, избегать сквозняков, сотрясений... И все равно в разных формах пенобетон поднимается на разную высоту: иногда останавливается где-то на середине формы, иногда неудержимо ползет через край.

Теперь, зная правила, мы легко решим эту задачу. Достаточно двух простых действий. Сначала перейдем от ситуации к задаче: «Все остается по-прежнему (или даже упрощается), но пенобетон во всех формах поднимается на одинаковую высоту». Затем упростим задачу, отбросим один из двух обходных путей (назовем это *переходом к модели задачи*): «Пенобетон вспенивается максимально сильно, однако останавливается точно на заданном уровне». Решение очевидно: алюминиевая пудра насыпается с избытком, пенобетон рвется вверх — и останавливается, удерживаемый какой-то плоскостью, крышкой. На это изобретение выдано авторское свидетельство № 149 701, причем изобретателю было очень нелегко прийти к идее, кажущейся нам теперь такой очевидной...

В задаче обычно упоминается много элементов, а в модели задачи остаются только два конфликтующих элемента. Так, в условиях задачи 10 говорится о краске, распылителях, слое краски на изделии и, наконец, о самом изделии. После перехода к модели задачи сохраняются всего два элемента — изделие и избыточный слой краски на нем. Именно здесь, между двумя этими элементами, и возникает конфликт: избыточный слой краски «хочет» удержаться на изделии, а изделие «хочет» избавиться от лишней краски. В задаче об ампулах модель тоже образована двумя конфликтующими элементами: ампулой и избыточным пламенем; горелки и кассета остаются вне модели.

Переход к модели задачи сразу отбрасывает все несущественное, оставляя главное — конфликтующие части системы. Вместе с тем построение модели заставляет вспомнить о тех частях системы, которые имеют важнейшее значение для решения задачи, но почему-то не попали в текст ситуации или в условия задачи.

Например, в условиях задачи 13 упоминаются бетон, вода, алюминиевая пудра, форма, обогреваемое помещение цеха. А в модели задачи только два элемента — избыточно расширяющийся пенобетон и внешняя среда над ним. Бетон «хочет» остановиться на нужном уровне, а среда «не хочет» задерживать бетон, свободно его пропускает. Обратите внимание: из всех элементов, упоминаемых в условиях задачи, в модель вошел только пенобетон (причем избыточно расширяющийся). Второй элемент конфликтующей пары в условиях задачи назван не был, он лишь подразумевался; нам пришлось вспомнить о нем и ввести его в модель задачи, чтобы построить конфликтующую пару.

В модель задачи всегда входит изделие — то, что выпускается, обрабатывается, перемещается, измеряется, наблюдается и т. д. Не включить в конфликтующую пару изделие — значит отказаться от мини-задачи, отступить к исходной ситуации. Вторым элементом конфликтующей пары должна быть та часть системы, которая конфликтует с изделием. Краскораспылитель — без краски — с изделием не взаимодействует и не конфликтует. А вот избыточный слой краски, нанесенный на изделие, находится в явном конфликте с изделием: он должен уйти, ведь он избыточный, и он должен остаться, потому что несет в себе и нужный слой.

В задаче описана вся техническая система, а в модели задачи — только мысленно выделенный «конфликтный» участок системы. Перед нашим мысленным взором висит в пространстве пенобетон, причем не просто висит, а еще и расширяется вверх. Реально такую картину не увидишь, но модель задачи — это воображаемая схема. Как всякая схема, она обязана отражать главное, суть, принцип — и не должна включать ничего лишнего.

ВЕПОЛЬ — «МОЛЕКУЛА» ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Итак, от ситуации надо (по правилам!) перейти к задаче, а от задачи (опять-таки по правилам!) — к модели задачи. Напрашивается вопрос: нельзя ли совершить третий переход, чтобы еще ближе подойти к ответу?

Приглядимся внимательнее к известным нам моделям задач. В задаче об окраске приборов модель включает два вещества — краску и прибор. Ответ на задачу: надо заставить эти вещества вращаться, т. е. надо приложить энергию. В задаче об ампулах модель образована одним веществом (ампулой) и энергией (пламенем). Ответ: надо ввести второе вещество (воду). Закономерность напрашивается сама собой: *чтобы построить техническую*

систему, нужны два взаимодействующих вещества и энергия для их взаимодействия.

Правильно ли наше предположение? Не рано ли мы произнесли слово «закономерность»? Обратимся к описаниям изобретений и посмотрим, проявляется ли предполагаемая закономерность в создании новых технических систем.

Авторское свидетельство № 461 722: «Способ удаления сучьев с деревьев с применением охватывающего дерево режущего устройства, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности при одновременном снижении затрат энергии, предварительно спиленному дереву в вертикальном или близком к вертикальному положению обеспечивают возможность свободного падения через охватывающее его режущее устройство, при встрече с резцами которого сучья срезаются или обламываются у их основания за счет инерции падающего дерева». Даны вещество (дерево) и сила тяжести (гравитационная энергия, гравитационное поле). Введено второе вещество (пож). Возникла техническая система, способная выполнять определенную работу.

Авторское свидетельство. № 319 460: «Способ оваллизации твердых хрупких материалов, например зерен абразивных порошков, путем разгона, соударения и трения их о стенки камеры, отличающийся тем, что, с целью расширения диапазона зернистобработываемых материалов, разгон абразивных частиц производят в смеси с ферромагнитными частицами под воздействием переменного, например бегущего, электромагнитного поля статора, служащего камерой, в которой производят оваллизацию». Дано вещество (абразивный порошок), введено второе вещество (ферромагнитный порошок) и электромагнитное поле.

Авторское свидетельство № 470 503: «Способ очистки воды пропусканием ее через сорбент с последующей регенерацией водой, отличающийся тем, что, с целью повышения степени очистки, сорбент помещают в поле электрического тока». Даны два вещества (вода и сорбент), введено электрическое поле.

Изобретений, в которых достраивается «треугольник», так много, что можно уверенно говорить о закономерности: *минимальная техническая система обязательно включает два взаимодействующих вещества и поле (энергию)*. В качестве таких веществ обычно выступают изделие и инструмент (или часть инструмента, непосредственно взаимодействующая с изделием) или же объект (изделие) и внешняя среда (играющая роль инструмента). Знание этой закономерности позволяет решать многие изобретательские задачи. Построив модель задачи, нетрудно определить — что дано и что нужно ввести для постройки «треугольни-

ка»: один элемент или два и какие именно — вещество, поле, два вещества, поле и вещество.

Кстати, о слове «треугольник». В математике изучение свойств треугольника имеет настолько важное значение, что выделено в специальный раздел — тригонометрию. Вызвано это тем, что треугольник — минимальная геометрическая фигура. Любую сложную фигуру можно представить в виде суммы треугольников. Умея определять стороны и углы треугольника, можно произвести любые вычисления, связанные со сложной фигурой. «Технический треугольник» — система из двух веществ и поля — играет в решении изобретательских задач столь же важную роль, как геометрический треугольник в математике.

«Технический треугольник» получил название *веполь* (от слов «вещество» и «поле»), а раздел теории решения изобретательских задач, изучающий свойства веполей, называется *вепольным анализом*.

Понятие «поле» имеет в вепольном анализе широкий смысл: кроме четырех полей, «узаконенных» в физике (электромагнитное, гравитационное, поля сильных и слабых взаимодействий), веполь может включать «поля» тепловые и механические. В сущности, «поле» в веполе — это энергия, прикладываемая к инструменту или изделию для выполнения полезной работы.

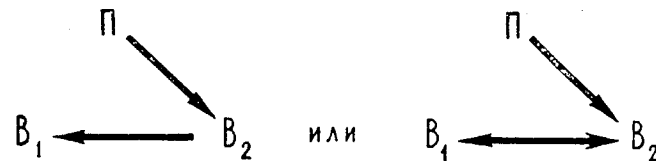
Термин «вещество» тоже понимается в широком смысле слова: «веществами» могут быть, например, плотина и вода, винт и гайка, снаряд и танк, молоток и гвоздь... Предположим, рассматривается задача о повышении скорости движения ледокола во льдах. Для этой задачи простейшей моделью может служить веполь, включающий лед (изделие), ледокол (инструмент) и механическое поле сил, приложенных к ледоколу для взаимодействия ледокола со льдом. Реальный ледокол — сложная техническая система со многими свойствами. Но «ледокол», входящий в веполь, — просто вещество, взаимодействующее с другим веществом (льдом) благодаря полю механических сил. Нечто подобное мы имеем при записи формул химических веществ. Записав, например, формулу H_2O , мы отбрасываем множество признаков, присущих воде (масса, движение, температура, цвет и т. д.). Запись выделяет только главный для химии факт: молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода.

Веполь — модель технической системы. Веполь условен и отражает только одно (но главное для данной задачи) свойство системы. Например, в задаче «Как повысить скорость движения ледокола во льдах?» веполь не включает воду, хотя реальный ледокол без воды не может двигаться. Для веполя в этой задаче

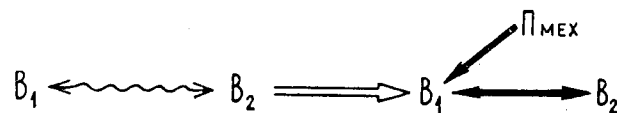
безразлично, является ли ледокол атомным, дизельным или паровым, — важно только механическое проникновение одного вещества в другое.

Одна и та же техническая система в разных задачах может иметь различную вепольную модель. Например, в задаче «Как увеличить сопротивление ледокола сжатию льда?» лед играет роль инструмента, а обрабатываемым изделием является ледокол.

Веполь — понятие простое, легко поддающееся наглядному графическому изображению. Поле обозначают буквой П, вещества — буквами B_1 (изделие) и B_2 (инструмент), направление действия поля и веществ показывают стрелками. Например,

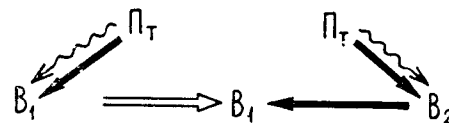


Вепольный «язык» позволяет записывать — что *дано* (т. е. модель задачи) и что *получено* в результате решения. Вот запись решения задачи об окраске:



Волнистая стрелка символизирует неудовлетворительное взаимодействие. Двойная стрелка заменяет слова «для решения задачи надо перейти к». B_1 — прибор (изделие), B_2 — краска (часть инструмента, непосредственно взаимодействующая с изделием). Запись читается: «Модель задачи — два вещества, неудовлетворительно взаимодействующие друг с другом. Для решения задачи надо перейти к веполю, в котором механическое поле действует на изделие, взаимодействующее с краской».

Избыточное действие можно показать и двумя стрелками: прямой (полезная часть действия) и волнистой (вредная, ненужная часть действия). Поэтому запись решения задачи о запайке ампул выглядит так:



Тепловое поле избыточно действует на B_1 (изделие): часть действия полезна, а другая часть вредна. Для решения задачи необходимо перейти к веполю, в котором B_2 (инструмент) пропускает полезное действие и задерживает вредное, ненужное. Эта запись наглядно показывает, в чем смысл построения веполя. Даны вещество и поле, плохо взаимодействующие друг с другом. Изменить это плохое взаимодействие трудно, и мы идем в обход — подбираем вещество B_2 , которое хорошо взаимодействует с полем. Такое вещество всегда легко подобрать. Остается обеспечить хорошее взаимодействие между B_2 и B_1 — и задача решена.

Задача 14. После сборки агрегатов холодильников нужно проверить, нет ли течи в агрегатах, не проходит ли сквозь неплотности и отверстия рабочая жидкость. Очень важно обнаружить даже маленькую просочившуюся капельку жидкости. Но сделать это трудно: приходится очень тщательно осматривать каждый участок агрегата, а на это требуется слишком много времени. Что вы предлагаете?

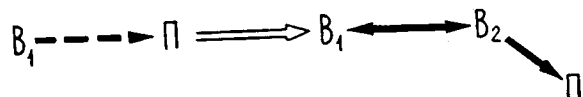
Модель этой задачи построить нетрудно: дано вещество (капелька жидкости), требуется его обнаружить:



Пунктирная стрелка заменяет слова «нужно получить сигнал на выходе». Поскольку сигнал — это поле (акустическое, электромагнитное, оптическое и т. д.), допустимо записать модель и так:



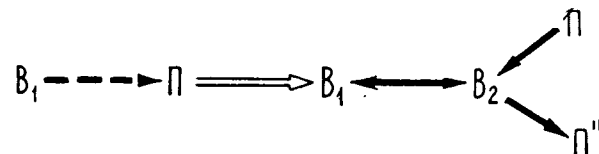
Теперь мы, не задумываясь, можем сказать, как надо преобразовать модель задачи, чтобы прийти к ответу. Для построения веполя недостает второго вещества, следовательно, его необходимо ввести:



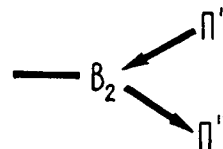
Если бы «сигнальное поле» можно было получить от B_1 , задача просто не возникла бы. Поэтому в правой части записи стрелка к Π может идти только от B_2 . Очевиден и смысл решения:

B_1 не дает хорошего «сигнального поля», и мы идем в обход — добавляем в B_1 некое вещество B_2 , которое перемещается вместе с B_1 , но в отличие от него способно создавать «сигнальное поле». Задача свелась к подбору вещества B_2 . Здесь тоже существуют определенные правила, о них мы поговорим позже, а пока посмотрим ответ на задачу 14. По авторскому свидетельству № 277 805 в рабочую жидкость холодильника добавляют очень небольшое количество люминофора и освещают агрегат холодильника ультрафиолетовым светом. Даже самая маленькая капля, если она просочилась, начинает ярко светиться.

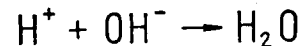
Уточним теперь вепольную запись решения:



В этой записи Π' означает поле на входе (невидимое ультрафиолетовое излучение), Π'' — поле на выходе (видимое излучение люминофора), легко поддающееся управлению (обнаружению, измерению, изменению). Вепольные формулы такого типа вообще очень характерны для решения задач на обнаружение и измерение. При этом вещество B_2 и поля Π' и Π'' могут быть самыми различными, но группа



сохраняется во всех случаях, поскольку мы имеем дело с одним и тем же типом преобразования. Как в химии: например, запись



соответствует определенному типу реакции (нейтрализация). При этом безразлично, какая конкретно взята кислота (серная, соляная и т. п.) и какая взята щелочь (гидроксид калия, гидроксид натрия и т. д.). Запись говорит лишь о типе реакции.

Вообще вепольные формулы во многом схожи с формулами химическими. Подобно химическим формулам, отражающим глав-

ные химические признаки вещества — состав и структуру его молекул, вепольные формулы отражают главную физическую особенность технической системы — вещественно-полевой состав и структуру. Химические формулы позволяют записывать превращения веществ, идущие по определенным законам. Точно так же вепольные формулы дают возможность записывать преобразования технических систем, подчиняющиеся своим законам. Типичным химическим реакциям (соединения, разложения и т. д.) соответствуют типичные вепольные преобразования.

ПЯТЬ ПРОСТЫХ ПРАВИЛ

Простейшее правило вепольных преобразований нам уже знакомо, остается точнее его сформулировать.

1. *Правило достройки веполя.* Если по условиям задачи дана невепольная система (один элемент) или неполная вепольная система (два элемента), то для решения задачи необходимо достроить систему до полного веполя.



Правило это вытекает из самого понятия «веполь»: работоспособная техническая система должна, как минимум, иметь два вещества и поле. В изобретательской практике часто встречаются задачи типа: «Дано одно вещество, нужно им управлять (обнаруживать, измерять, изменять, перемещать и т. д.)». Распространенная ошибка состоит в том, что рассматривают различные варианты прямого действия на вещество. Правило 1 указывает эффективный обходный путь и позволяет сразу сказать, каким будет тип ответа на задачу (добавить вещество, добавить поле и т. д.).

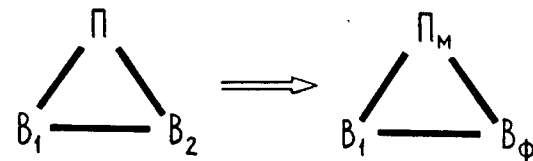
Переход от одного вещества (или одного поля) к вепольно равносильно применению группы приемов, устраняющих физическое противоречие. Например, в задаче о запайке ампул физическое противоречие состоит в том, что огонь должен действовать на ампулы, чтобы их запаять, и не должен действовать на ампулы, чтобы их не перегреть. При построении веполя подобные противоречия автоматически снимаются благодаря тому, что поле действует через второе вещество (или в присутствии второго вещества); действие есть и действия (непосредственного) нет.

Еще одна важная особенность достройки веполя: техническая система эффективна только в том случае, если она поддается управлению. Достраивать веполь надо так, чтобы в нем обязательно был хотя бы один хорошо управляемый элемент. В задаче об окраске таким элементом служит поле центробежных сил: меняя число оборотов, можно регулировать толщину остающегося на изделии слоя краски. В задаче о запайке ампул управляемый элемент — вода, в которой размещены ампулы. Меняя уровень воды, можно регулировать глубину проникновения пламени.

Как мы уже видели, в задачах на измерение требуется получить хорошо управляемое «сигнальное поле» на выходе системы. Поэтому для удобства чтения вепольных формул желательно поля на входе записывать над строчкой, а поля на выходе — ниже строчки, в которой записаны взаимодействующие вещества.

2. *Правило перехода к феполью.* Вепольные системы имеют тенденцию переходить в системы *фепольные*, т. е. системы с магнитным полем и ферромагнитным веществом, взятым в виде порошка.

Правило это можно записать так (линии обозначают взаимодействие в общем виде, без указания, куда направлено действие):

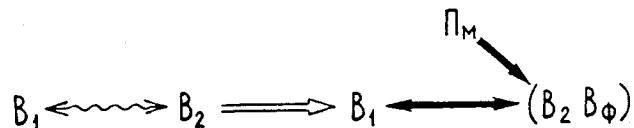


Тенденция к увеличению степени дисперсности B_2 , замене «сплошного» инструмента «порошковым» (или же состоящим из еще более мелких частиц, например молекул или ионов) типична для всех вепольных систем. Чем меньше рабочие частицы инструмента, тем гибче и точнее инструмент, тем легче им управлять. Но управление отдельными частицами, естественно, возможно только с помощью полей и прежде всего с помощью легко генерируемого и легко управляемого магнитного поля. Поэтому в «вепольном мире» часто встречаются феполи — вепольные системы, в которых инструментом служат магнитные частицы, управляемые магнитным полем.

Вспомним хотя бы задачу 9 — об испытательном полигоне для завода сельхозмашин. Задача очень трудная, если решать ее без вепольного анализа, и очень простая, если использовать вепольный анализ. Дано вещество (грунт), надо ввести второе вещество и поле. Поле будет менять второе вещество (нетрудно подобрать поле, которое хорошо взаимодействует с каким-то веществом),

а поскольку второе вещество связано с первым, будут меняться и свойства смеси обоих веществ. Руководствуясь правилом перехода к феполу, введем ферромагнитный порошок и магнитное поле. В зависимости от силы магнитного поля частицы ферромагнитного порошка, сцепляясь, образуют грунт разной прочности: на одном полигоне можно имитировать самые различные почвы.

Переход к феполу возможен и в тех случаях, когда уже даны два взаимодействующих вещества, — ферромагнитные частицы вводятся в одно из этих веществ:

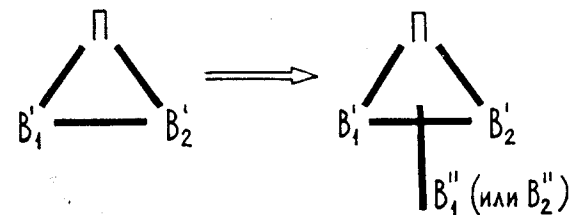


Вместо неферромагнитного и потому трудно управляемого вещества B_2 получается комплекс $(B_2 B_\Phi)$, легко поддающийся управлению с помощью магнитного поля. Примером может служить изобретение по авторскому свидетельству № 261372: «Способ проведения процессов, например каталитических, в системах с движущимся катализатором, отличающийся тем, что, с целью расширения области применения, создают движущееся магнитное поле и применяют катализатор с магнитными свойствами». Катализатор B_2 и вещество B_1 , на которое он действует, надо как-то перемешивать, перемещать относительно друг друга. Приходится использовать громоздкие и малоэффективные механические мешалки или надеяться на перемешивание тепловыми потоками. Но если соединить частицы катализатора с частицами ферромагнитного вещества, получится катализатор, легко поддающийся управлению магнитным полем — в этом суть изобретения.

3. *Правило разрушения веполя.* Наверное, у читателя уже давно возник вопрос: не все задачи сводятся к достройке веполя, должны быть и обратные задачи на разрушение веполей. Как действовать в этих случаях? Чтобы разрушить ненужный или вредный веполь, между двумя имеющимися веществами должно быть введено третье, являющееся видоизменением одного из двух данных веществ.

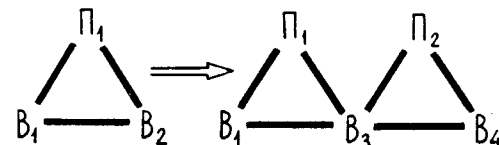
Веполь может быть разрушен разными путями: удалением или заменой элементов, введением различных дополнительных элементов. Но при этом возникают затруднения: проще всего разрушить веполь введением третьего вещества, однако условия задачи обычно накладывают запрет на введение посторонних веществ. «Соль» правила 3 в том, чтобы ввести третье вещество и в то же время его не вводить. Чтобы осуществить эту противоречивую

операцию, нужно изготовить третье вещество из уже имеющихся веществ. Тогда третье вещество будет и его не будет — оно сделано из имеющихся веществ и может рассматриваться как их часть:



При движении на больших скоростях подводные крылья подвергаются кавитационной эрозии: кавитация разъедает металл, разрушает поверхность крыльев. Конечно, можно покрыть крылья каким-то защитным слоем. Но и это покрытие, даже самое прочное, будет съедено кавитацией. По правилу 3 покрытие надо выполнить либо из видоизмененного металла (это ничего не дает, как мы видели), либо из видоизмененной воды, например льда. Лед будет разрушаться, как любое покрытие, но лед можно восстанавливать, ведь вокруг сколько угодно воды! Такова суть изобретения по авторскому свидетельству № 412062: в местах, подверженных кавитационной эрозии, постоянно намораживают тонкий слой льда.

4. *Правило перехода к цепному веполу.* Вепольные системы имеют тенденцию к развитию B_2 в самостоятельный веполь:

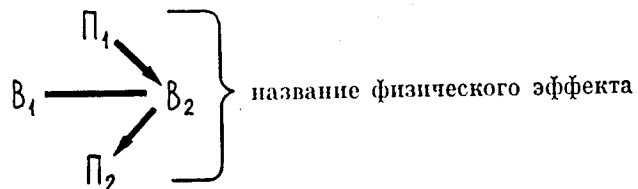


В свою очередь B_4 может образовывать новый веполь, состоящий из B_5 , B_6 и П_3 и т. д. Такие веполи называют *цепными*.

Задача 15. До сих пор в технике используется один из древнейших механизмов — клин. Но клиновым устройствам присущ принципиальный недостаток: клин трудно извлекать. Были сконструированы разного рода «складывающиеся» клинья, но они оказались сложными и ненадежными. Что вы предлагаете?

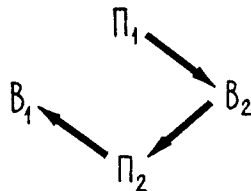
Модель этой задачи можно представить в виде веполя: клин, поверхность, на которую он давит, и механическое взаимодействие между ними. Веполю включает все три элемента, но ни один из них не поддается легкому управлению, отсюда и несовершенство системы. По авторскому свидетельству № 428 119, клин разделен на две части: собственно клин и прокладку, выполненную из легкоплавкого вещества. Когда надо извлечь клин, прокладку нагревают, она размягчается, и клин легко извлекается. Это изобретение вполне могло быть сделано еще в древнем Египте...

5. *Правило выявления физэффектов.* Если в задаче дан веполю с полем Π_1 , а на выходе требуется получить поле Π_2 , то название нужного физического эффекта можно узнать, соединив названия полей Π_1 и Π_2 :



Например, если дано механическое поле, а на выходе желательно получить магнитное поле, необходим механомагнитный эффект (магнитоупругий эффект). Зная название нужного эффекта, можно подобрать B_2 , реализующее этот эффект, или развернуть B_2 в цепной веполю, в котором B_4 сможет реализовать необходимый эффект.

В задачах на изменение B_1 (обработка, перемещение и т. д.) поле Π_2 нужно для действия на B_1 :



Правило 5 сохраняет силу и в этом случае.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ

Теперь в нашем распоряжении набор правил: правила перехода от ситуации к задаче и далее к модели задачи, пять правил веполюных преобразований. Давайте потренируемся. Попробуйте

самостоятельно решить несколько задач. *Решить задачу — значит указать правила, на основе которых предлагается решение, и уж затем дать ответ.* Простое угадывание ответа совершенно бесполезно, смысл тренировки именно в применении правил. Позже мы вернемся к этим задачам, и вы сможете проверить, верно ли были использованы правила.

Тренировочные задачи, в общем, довольно просты. Их условия содержат все сведения, необходимые для решения. Если в ответе используется физический эффект, то это простой эффект, наверняка знакомый вам по школьной физике или уже упоминавшийся в этой книге. Только одна задача связана с чуть более сложным физэффектом, но вам не обязательно его знать: достаточно, пользуясь правилом 5, указать название эффекта.

Итак, задачи для тренировки.

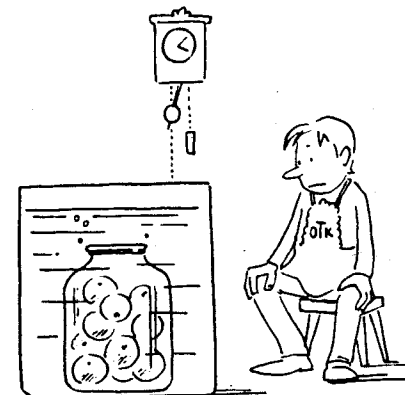
Задача 16. При выплавке стали возникает необходимость перемешивать расплавленную сталь со шлаком (шлак поглощает примеси). Для этого используют мешалку, сделанную также из стали. Недостаток: мешалка быстро плавится. Сделать мешалку из тугоплавкой стали или из титана — дорого. Сделать мешалку из керамики нельзя: керамическая мешалка быстро разрушится, появятся непухлые примеси.

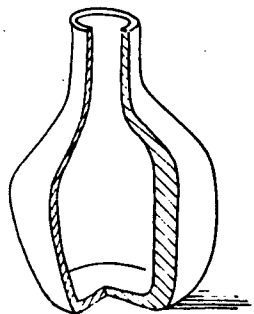
Как быть?

Задача 17. Имеется термопластический материал (пластмасса). Из него надо изготовить покрытие — листы метр на метр с ворсинками, т. е. с выступами из того же материала в виде «иглолечек». Количество ворсинок — десятки на квадратный сантиметр. Высота ворсинок 5—10 мм.

Нужен способ изготовления — простой, высокопроизводительный, дешевый (предполагается организация соответствующего цеха).

Задача 18. На консервном заводе часть продукции (огурцы) выпускают в литровых стеклянных банках с металлическими крышками. Необходимо проверить каждую банку на герметичность — достаточно ли плотно крышка закрывает горловину банки. Для этого банки опускают в ванну с водой и смотрят, появятся ли пу-





Фиг. 5

зырьки воздуха над банкой (вода проникает через неплотности внутрь банки и вытесняет воздух). Способ очень медленный и ненадежный: контролер может и не заметить маленьких пузырьков воздуха.

Как быть?

Задача 19. Для исследовательских целей были заказаны несколько тысяч пустотелых керамических изделий, похожих на вазы, но неправильной формы (продольный разрез показан на фиг. 5). Изготовить такие изделия нетрудно. Но после изготовления нужно промерить толщину стенок, а сделать это, не разбивая изделия, не так-то просто. На заводе-изготовителе сказали: «Мы сделаем эту штуку из двух половинок. Промерим стенки, потом как-нибудь склеим изделие». Заказчик не согласился: изделие должно быть целым, никакие склеивания недопустимы. Что вы предлагаете?

Задача 20. При заправке ракеты жидким кислородом возникает проблема отделения от жидкого кислорода нерастворившегося газообразного кислорода. Будем считать, что предотвратить возникновение пузырьков невозможно. Суть задачи в том, чтобы очистить от пузырьков поток жидкого кислорода, поступающий по трубопроводу.

Задача 21. В устройстве для совмещения микроминиатюрных элементов радиоэлектронных схем одна из деталей передвигается с помощью микрометрического винта. Потребовалось повысить точность передвигения. Но микрометрические винты не обеспечивают требуемой точности. Как быть?

Задача 22. Измерение сверхвысоких напряжений порядка 2000—2500 киловольт и токов в проводниках, находящихся под этим напряжением, представляет собой сложную техническую задачу. Приходится воздвигать огромную конструкцию, имеющую изоляцию на полное напряжение. Такие «этажерки» из изоляторов достигают высоты 10—12 м. Измерение напряжений и токов по коронному разряду не годится, так как для определения параметров короны, в свою очередь, надо знать напряжение.

Нужен простой и дешевый способ измерения сверхвысоких напряжений в проводниках, находящихся под этим напряжением.

* * *

Перебор вариантов так долго был единственным методом решения творческих задач, что сами эти понятия — «перебор вариантов» и «творчество» — стали почти синонимами. Перебирать варианты — дело простое, и сейчас, когда в книге появились формулы, читатель может сказать: «А ведь раньше было проще...»

Да, решать задачи методом проб и ошибок просто: не нужно ни правил, ни формул. Но получить сильный ответ, используя этот метод, очень трудно. За простоту (точнее — за примитивность) метода приходится платить потерями времени, бесконечными пробами, отсутствием какой бы то ни было гарантии, что ответ, в конце концов, будет получен.

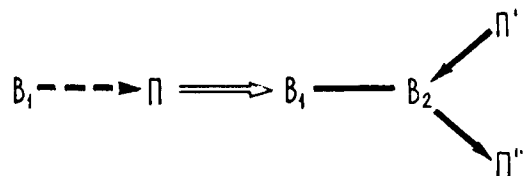
Теория решения изобретательских задач сложнее метода проб и ошибок, но зато не приходится тратить годы на перебор вариантов: к ответу можно прийти, используя правила и формулы.

Кстати, о формулах. Они напоминают химические формулы. Казалось бы, какая разница — записать реакцию словами или специальными символами? На первых порах, пока речь идет о простых реакциях, особой разницы нет. Но химическая символика дает компактный и наглядный язык для описания сложных процессов, и чем сложнее реакция, тем нагляднее видны преимущества символической записи.

Вепольные правила и формулы позволяют разглядеть под внешней оболочкой то, что составляет глубинную суть задачи и ее решения. Помните, как в известной сказке козленок, научившись считать до десяти, считал всех встречных подряд? Козленка можно понять, он испытывал радость применения нового знания. В вепольном анализе обычно приходится считать всего до трех, но когда перелистываешь бюллетень изобретений и видишь, что десятки, сотни, тысячи новшеств сделаны по принципу «достроим систему до трех элементов», тоже испытываешь волнующую радость понимания... Вот авторское свидетельство № 471 528: чтобы измерить плотность потока капель, в жидкость добавляют люминофор и освещают поток ультрафиолетовым излучением. Имеется одно вещество, для построения веполя добавлено второе вещество и поле. В авторском свидетельстве № 305 395 даны два вещества: жидкость и в ней инородные частицы — поэтому для построения веполя введен третий элемент, поле. Чтобы обнаружить и сосчитать частицы, на жидкость действуют электромагнитным излучением и регистрируют форму и амплитуду рассеянных частицами колебаний.

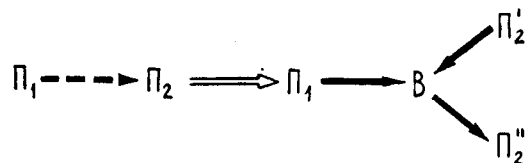
Подобно рентгену, вепольный анализ высвечивает то, что скрыто под внешней оболочкой задачи. Случайные детали оттесняются, и проступают

главные, типичные признаки. Сравним, например, два изобретения. Для определения степени затвердевания полимеров в полимер добавляют магнитный порошок и измеряют магнитное поле (авт. св. № 239 633). И другое изобретение: для измерения температуры во вращающихся и труднодоступных объектах кладут в заданное место алмазное зерно и о температуре судят по изменению оптического поля — у зерна меняется показатель преломления (авт. св. № 415 516). Изобретения разные, но записываются они одной и той же общей формулой:



Имеющееся вещество плохо взаимодействует с полями и потому не дает сигнала («сигнального поля»). Вещество должно взаимодействовать с полями, чтобы давать сигнал, и не должно этого делать, чтобы оставаться самим собой. Противоречия преодолеваются тем, что вводится вещество-посредник B_2 , которое меняет свои свойства в зависимости от изменения свойств B_1 , но в отличие от B_1 легко взаимодействует с тем или иным полем.

Если теперь нам встретится задача того же класса, мы сразу можем дать общую формулу решения. Взять хотя бы задачу 22. Правда, там речь идет об измерении поля, а не вещества, но все равно задача похожая. А раз так, мы можем сразу записать решение в общем виде:



Поле Π_1 не дает сигнала. Вводим вещество, меняющееся в зависимости от состояния поля Π_1 и в то же время хорошо взаимодействующее с другим полем Π_2 . Конечно, это еще не окончательный ответ. Но теперь известно, что нужно использовать вещество, которое, находясь в поле Π_1 , меняет свои электромагнитные или оптические свойства. Найти такое вещество нетрудно, это, как говорится, дело техники. Впрочем, здесь тоже есть свои правила.

КРЫЛЬЯ ДЛЯ ИКАРА

ОШИБКА ДЕДАЛА

История не сохранила имен первых изобретателей. Мы не знаем, кто изобрел копье, глиняную посуду, колесо и многое другое. Первое имя, дошедшее до нас, — Дедал. Тот самый Дедал, который смастерил крылья для Икара. Конечно, Дедал — личность мифологическая, но легенда о нем резко выделяется среди других легенд и мифов древних греков. Дедал — не бог, не титан, не герой. Легенда о нем поразительно жизненна, она похожа на биографию реального человека, биографию, в которой вымысел перемешан с правдой.

Дедал, гласит легенда, — великий афинский художник, скульптор, зодчий. Дедалу принадлежит ряд крупнейших изобретений, в том числе топор и бурав. Гений и злодейство, по утверждению Пушкина, несовместимы. Но гениальный Дедал был изрядным злодеем. Он без колебаний убил своего племянника и ученика Тала, увидев, что тот превзошел учителя. Естественно, Дедала приговорили к смерти. И он убежал на остров Крит, к царю Миносу. Там, на Крите, с почетом принятый Миносом, Дедал соорудил знаменитый Лабиринт для Минотавра, чудовищного полубыка-получеловека. За исключением упоминания о Минотавре, все остальное выглядит вполне достоверно. Реалистично и дальнейшее: Дедалу в конце концов наскучило сидеть на Крите, однако Минос ни за что не хотел отпускать прославленного мастера. Крит оказался тюрьмой для Дедала...

И вот Дедал замыслил побег. Единственно возможным путем — по воздуху. Из перьев, воска и льняных ниток он соорудил две пары крыльев — себе и своему сыну Икару. Перед побегом Дедал подробно объяснил Икару, как надо лететь. Когда значительная часть пути была преодолена, Икар, забыв наставления отца, стал подниматься ввысь, к Солнцу. Жаркие солнечные лучи растопили воск, которым были скреплены перья, и Икар с огром-

ной высоты упал в море. Напрасно Дедал кружился над волнами и звал Икара. Ответа не было, Икар погиб. Ну, а Дедал, гласит легенда, долетел до Сицилии и нашел приют у царя Кокала...

Удивительно романтичная история! Не бог и не полубог, а обычный человек, притом далеко не безгрешный, проявляет чудеса изобретательности и, чтобы обрести свободу, создает крылья, поднимается в небо.

Герой легенды — Дедал, но с веками акценты сместились: почему-то Икара помнят лучше, чем Дедала. Что ж, в безрассудном порыве ввысь, в «безумстве храбрых» есть что-то очень привлекательное...

Перед отлетом Дедал четко изложил два основных правила безопасности. Более того, он объяснил, почему нужно соблюдать эти правила. Если лететь слишком низко, сказал он, соленые брызги намочат крылья, сделают их тяжелыми, поэтому нельзя опускаться к волнам. Подниматься слишком высоко тоже нельзя, потому что Солнце растопит воск. Правила очень четкие, притом их только два — и все же Икар погиб. В легенде отражено истинное человеческое свойство, слабость и сила человека — стремление нарушать правила.

Дедал, немало поживший на свете и, наверное, неплохо разбирающийся в людях, тем не менее совершил роковую ошибку: не предусмотрел, что правила могут быть нарушены. Теорию решения творческих задач без всякой натяжки можно сравнить с крыльями, поднимающими человека ввысь. Но теория включает множество правил — и каждое из них может быть нарушено.

Одному инженеру предложили сделать запись решения задачи о шлаке, используя правила вепольного анализа. И вот что получилось:

«Изделием в задаче является шлак, его надо обрабатывать (перевозить). Инструмент — ковш, в нем перевозят расплав. В верхней части расплава образуется твердая корка. Устранить образование корки можно тремя основными способами:

1. Создавать тепловую изоляцию на поверхности расплава. Для этого можно использовать тугоплавкие композиции на основе графита.

2. Перемешивать расплав во время перевозки. Правда, при этом будет происходить более интенсивное охлаждение расплава. Этот вариант приемлем лишь при небольшом расстоянии между пунктами перевозки.

3. Применить подогрев верхнего слоя расплава. Можно насыпать сверху слой кокса. Кокс будет гореть, обогревая шлак».

Модель задачи составлена неверно: ковш не конфликтует со шлаком. У ковша свое назначение — перевозка шлака, и ковш

вполне с этим справляется. Конфликт возникает между горячим шлаком и холодным воздухом (холодной внешней средой): шлак «хочет» нагреть воздух, а воздух «хочет» охладить шлак. В этой борьбе перевес на стороне воздуха, постепенно отбирающего тепло у шлака. В модели задачи два вещества и тепловое поле, т. е. дан веполь, однако веполь ненужный, вредный.

Впрочем, главная ошибка не в том, что модель составлена неверно. Сказав несколько слов о модели, инженер перешел к перебору вариантов, вообще не имеющему никакого отношения к вепольному анализу. Только-только начала выстраиваться цепочка логических рассуждений, как метод проб и ошибок разорвал логику... Интересно, что в записи есть идея введения разрушающего веполь вещества. Но этим веществом оказываются либо тугоплавкие композиции на основе графита, либо горящий кокс. Тут явное отступление от правила разрушения веполей, и за это приходится расплачиваться: графитные композиции слишком дороги, а горящий кокс интенсивно загрязняет атмосферу. Правило не случайно указывает: вводимое вещество должно быть и его не должно быть, а для этого надо применить вещество, являющееся видоизменением имеющихся веществ.

Есть только одна возможность правильно использовать любое правило: надо точно выполнить то, что требуется. Зато нарушить правило можно множеством самых различных способов. Поэтому ни отдельные правила, ни набор правил еще не гарантируют успешного решения задач. Необходимо объединить правила в жесткую систему и снабдить эту систему «правилами против нарушения правил». Нужна программа, заставляющая последовательно применять правила и делать это без отклонений и без ошибок. Во всяком случае, без значительных отклонений и без грубых ошибок.

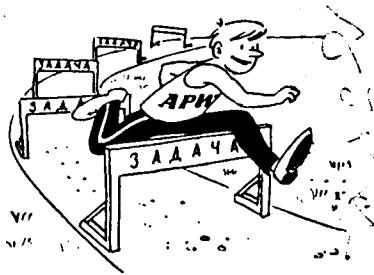
АРИЗ: ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО

Такая программа, разработанная в нашей стране, получила название *Алгоритм решения изобретательских задач* (АРИЗ). Слово «алгоритм» еще не так давно применялось только в узком смысле: этим словом обозначали определенную последовательность математических действий. Например, алгоритм деления одного числа на другое, алгоритм извлечения квадратного корня и т. д. Ныне слово «алгоритм» используют и в широком смысле, подразумевая любую, не обязательно математическую, последовательность операций. В таком смысле использовано слово «алгоритм» и в АРИЗ: процесс решения изобретательской задачи разделен

на отдельные операции, которые выполняются последовательно и по правилам.

Первые модификации АРИЗ, появившиеся в конце 40-х годов, были еще очень неудобны для применения. С годами АРИЗ совершенствовался, и нынешний АРИЗ-77 похож на первые модификации не больше, чем современный реактивный лайнер похож на первые самолеты-этакерки. Индекс 77, кстати, показывает год вступления «в строй»; каждые 5—6 лет вводится новая, более совершенная модификация АРИЗ.

АРИЗ-77 разбивает процесс решения задачи на семь частей. Каждая часть состоит из последовательных шагов (операций):



1.1, 1.2, 1.3 и т. д. Многие шаги в свою очередь делятся на подшаги, обозначаемые буквами. Первая часть АРИЗ помогает осуществить переход от изобретательской ситуации к задаче. Вторая часть — построение модели задачи. Из системы, включающей многие элементы, выделяются два конфликтующих элемента, указывается суть конфликта — техническое противоречие. Иногда в модели за-

дачи оказывается только один элемент, как, например, в задаче 9 о полигоне для завода сельхозмашин. В этих случаях можно, не продолжая анализа, сказать: решение заключается во введении второго вещества и поля. Чаще, однако, приходится иметь дело с моделью из двух конфликтующих элементов, а иногда и из трех. В таких задачах необходимо выявить физическое противоречие — этому посвящена третья часть АРИЗ-77.

Исключительно важное значение для всего процесса решения имеет шаг 3.2 — определение идеального конечного результата (ИКР), т. е. выработка идеального решения. Две точки на плоскости можно соединить бесчисленными линиями, но только единственная линия, прямая, соответствует кратчайшему пути от одной точки к другой. Точно так же любая задача в принципе может иметь множество ответов. Но наилучший ответ всегда один: это такой ответ, в котором требуемый результат достигается сам собой, «без ничего», без перестройки системы, без затраты материалов, энергии, средств — словно по мановению волшебной палочки. Разумеется, реально достичь такого идеала невозможно. ИКР служит лишь маяком, позволяющим ориентироваться на самое лучшее из решений. Реальное решение должно быть максим-

ально близко к ИКР, а чтобы этого добиться, нужно, естественно, знать ИКР.

Четвертая часть АРИЗ начинается с проверки применимости простейших способов устранения физического противоречия (шаг 4.1). Но, конечно, далеко не всегда с противоречием удастся расправиться столь простыми способами. Тогда на помощь изобретателю приходит вепольный анализ: он позволяет выделить основные классы моделей задач и указать типичные пути решения для каждого класса.

Попытки классифицировать изобретательские задачи предпринимались не раз и всегда безуспешно: классификация несколько не облегчала процесс решения. Обычно в основу классификации брались признаки функциональные (задачи на нагревание, задачи на перемещение и т. д.) или отраслевые (задачи судостроительные, задачи авиационные и т. д.). Признаки эти отражают внешние особенности задач, поэтому основанная на них классификация дает лишь видимость порядка. Иное дело — вепольная классификация моделей задач. Подобно классификации химических элементов по структуре электронных оболочек их атомов, классификация моделей задач опирается на глубинные, фундаментальные признаки. Все модели делятся на три типа в зависимости от того, из скольких элементов состоит модель: одного, двух или трех (более сложные модели можно привести к этим трем типам). Три типа моделей включают два десятка типичных классов, причем отнесение модели к тому или иному классу определяется такими «вепольными» факторами, как наличие полей и веществ, допустимость или недопустимость введения добавок и т. д. Существенно отличаются друг от друга и модели задач «на изменение» и «на измерение» — мы уже говорили о различии их вепольных формул.

Каждый вепольный класс задач имеет свои типовые приемы решения. Если, например, в модели одно вещество, задача решается достройкой веполя (добавим поле и еще одно вещество). Если в модель входят два вещества, задача решается добавкой одного элемента — поля. И так далее. АРИЗ-77 снабжен списком типичных вепольных моделей задач; для этих моделей указаны вепольные преобразования, ведущие к решению. Использование этого списка (шаг 4.2) позволяет уверенно «расправляться» со многими задачами. Но бывает и так, что вепольное преобразование ясно, а вот как его осуществить, какой физический эффект использовать — неизвестно. В конце предыдущей главы упоминалось авторское свидетельство № 415 516: для определения температуры в труднодоступных местах используют свойство алмазного зерна менять показатель преломления в зависимости от измене-

ния температуры. В вепольной форме получить эту идею очень легко, но чтобы перейти к конкретному решению, нужно знать соответствующий физический эффект. Поэтому АРИЗ-77 включает таблицу применения физических эффектов и явлений. Составленная на основе анализа большого числа (свыше 12 000) сильных «физических» изобретений таблица показывает, какие эффекты дают найденные результаты при осуществлении тех или иных физических действий (например, какие эффекты обеспечивают поддержание определенной температуры объекта или изменение его размеров, перемещение, разрушение и т. д.).

В старых модификациях АРИЗ большую роль играло применение таблиц устранения технических противоречий. Таблицы указывали, какие приемы (из 40 основных) надо использовать в зависимости от вида технического противоречия¹. В АРИЗ-77 анализ задачи ведется глубже, до физического противоречия. Поэтому таблица устранения технических противоречий применяется (шаг 4.4) только как вспомогательная — для контроля полученного решения.

Посмотрите в конце книги приложения 1 и 2 — фрагменты АРИЗ-77 и таблицы применения физических эффектов². В этих фрагментах хорошо видны главные особенности алгоритма: решение задачи идет по четкому плану, шаг за шагом, причем для решения выявляется физическое противоречие, спрятанное в «недрах» задачи, а для преодоления этого противоречия используются таблицы, полученные анализом десятков тысяч наиболее сильных изобретений и представляющие собой сконцентрированную информацию об опыте нескольких поколений изобретателей. Решение идет по четкой программе, зона поисков методически сжимается: от технической системы (шаг 2.1) к паре конфликтующих элементов (шаг 2.2.), затем к одному элементу, который предстоит изменить (шаг 3.1), и, наконец, к «больной» зоне этого элемента (шаг 3.3) — тому участку, где «прячется» физическое противоречие.

Так же методично ведется определение изменений, которым надо подвергнуть выделенную зону, чтобы решить задачу. Сначала формулируется идеальное решение (шаг 3.2) без учета, возможно ли его достичь и как именно. Затем совершается переход к вепольному решению (шаг 4.2), уже реальному, но еще очень общему. Далее следует физическое решение (шаг 4.3), уточняю-

щее — какие именно вещества и поля должны быть использованы. И только после этого формулируется техническое решение (шаг 4.5), переводящее физическую идею изобретения в конкретную техническую схему.

В пятой части АРИЗ полученное решение подвергается тщательной проверке, причем прежде всего исследуют соответствие между полученным ответом и ИКР (шаг 5.1). В первых четырех частях поле поисков планомерно сужалось. В шестой части идет обратный процесс: изучается возможность распространения изменений одной части системы на всю систему и даже надсистему. Речь тут идет о выгодных изменениях. Допустим, задача о шлаке решена так, что шлак при перевозке «сам собой» остается жидким. Появляется возможность отказаться от копровой установки для пробивания отверстий в корке шлака, можно подальше расположить шлакоперерабатывающие установки. Неразумно было бы не использовать такие возможности.

Найденную идею необходимо развернуть в комплекс идей. Как это делается, мы уже видели. Строятся таблицы, исходная идея трансформируется, видоизменяется: вместо одного изобретения возникает целый букет новшеств, относящихся порой к самым различным отраслям техники.

Весьма своеобразна и седьмая часть АРИЗ-77: реальный ход решения задачи сравнивается с теоретическим, записываются отклонения, например отход реального ответа от того, что подсказывают таблицы. Как уже упоминалось, через каждые пять-шесть лет вступает в строй новая модификация АРИЗ. Этот процесс можно ускорить, если регулярно собирать и анализировать отклонения записей решения задач от теоретического хода решения, предусмотренного АРИЗ. Обучение решению задач ведется в основном организованно — в институтах повышения квалификации, в университетах и школах технического творчества, на курсах и семинарах. Поэтому записи решения задач (во всяком случае, значительную часть этих записей) можно собрать для систематического исследования: какие ошибки допущены по вине АРИЗ? какие ошибки обусловлены несовершенством обучения? какие ошибки допущены самим обучающимся? как изменить АРИЗ, чтобы избежать этих ошибок? Такое исследование ведется давно, именно поэтому АРИЗ постоянно совершенствуется. Вопросы седьмой части АРИЗ позволяют значительно повысить эффективность исследования: яснее становится ход мыслей человека, решающего задачу.

¹ См., например, таблицу в книге: Г. Альтшуллер. Алгоритм изобретения. Изд. 2. М., «Московский рабочий», 1973.

² Полный текст АРИЗ-77 с приложениями см. в кн.: Г. С. Альтшуллер. Творчество как точная наука. М., «Советское радио», 1979.

Чем точнее программа решения изобретательских задач (шаги) и чем богаче ее информационное обеспечение (таблицы), тем сильнее тянут они в сторону «диких», неожиданных вариантов, против которых решительно восстает здравый смысл. Допустим, АРИЗ подсказывает такую идею: «Нужно сохранить плак горячим? Прекрасно! Необходимо бросить туда лед...» В борьбе необычной идеи со здравым смыслом почти всегда, увы, побеждает здравый смысл, и неожиданная идея отвергается... Поэтому АРИЗ должен иметь шаги, позволяющие управлять психологическими факторами: «включать» и «выключать» воображение, гасить психологическую инерцию, обеспечивать направленное, без шараша из стороны в сторону, движение мысли.

По своей природе мышление очень подвижно, мысль подобна капельке ртути — как ее схватить, удержать, не дать уйти в сторону?..

В великолепной повести Л. Соловьева «Насреддин в Бухаре» есть такой эпизод. Эмир бухарский приказал Насреддину, скрывающемуся под видом мудреца Гуссейна Гуслия, исцелить ростовщика Джафара. Не выполнить приказ было невозможно, но и исцелить Джафара Насреддин не мог и не хотел. Единственный выход состоял в том, чтобы свалить вину за неудавшееся исцеление на самого ростовщика.

«Лицо Ходжи Насреддина вдруг прояснилось. Он облегченно вздохнул и, откинувшись, расправил плечи.

— Дайте мне одеяло! — сказал он звучным голосом. — Джафар и все остальные, подойдите ко мне!

Он выстроил родственников кольцом, а ростовщика посадил в середине на землю. Потом он обратился к ним со следующими словами:

— Сейчас я накрою Джафара этим одеялом и прочту молитву. А все вы, и Джафар в том числе, должны, закрыв глаза, повторять эту молитву за мной. И когда я сниму одеяло, Джафар будет уже исцелен. Но я должен предупредить вас об одном необычайно важном условии, и если кто-нибудь нарушит это условие, то Джафар останется неизлеченным. Слушайте внимательно и запомните.

Родственники молчали, готовые слушать и запоминать.

— Когда вы будете повторять за мною слова молитвы, — раздельно и громко сказал Ходжа Насреддин, — ни один из вас, ни тем более сам Джафар, не должен думать об обезьяне! Если кто-нибудь из вас начнет думать о ней или, что еще хуже, представлять ее себе в своем воображении — с хвостом, красным задом,

отвратительной мордой и желтыми клыками — тогда, конечно, никакого исцеления не будет и не может быть, ибо свершение благочестивого дела несовместимо с мыслями о столь гнусном существе, как обезьяна...»

Разумеется, никто не смог не думать об обезьяне:

«И вот на лице одного Ходжа Насреддин заметил тревогу и смущение; второй родственник начал кашлять, третий — путать слова, а четвертый — трести головой, точно бы стараясь отогнать навязчивое видение. А через минуту и сам Джафар беспокойно заворочался под одеялом: обезьяна, отвратительная и невыразимо гнусная, с длинным хвостом и желтыми клыками, неотступно стояла перед его умственным взором и даже дразнилась, показывая ему попеременно то язык, то круглый красный зад, то есть места наиболее неприличные для созерцания мусульманина...»¹.

Когда изобретатель пытается решать задачу по правилам, метод проб и ошибок врывается в рассуждения подобно этой обезьяне. Разница лишь в том, что не нужно подсказки Насреддина: мы привыкли к методу проб и ошибок, и привычка срывается сама, без подсказки.

Средства управления психологическими факторами, используемые в АРИЗ-77, неприметны, не бросаются в глаза, но они достаточно эффективны. Прежде всего, это сама программа, упорядочивающая, направляющая, организующая процесс решения. Некоторые шаги, имеющие, казалось бы, целью только обработку задачи, фактически являются и операциями психологическими: они меняют не только задачу, но и ее восприятие человеком. Таков, например, шаг 2.1. Тут не просто записывается задача, выделенная из ситуации, но одновременно идет освобождение условий задачи от специальных терминов, навязывающих старые, привычные представления об объекте и потому усиливающих психологическую инерцию. Имеет «психологическую силу» и шаг 3.2 (определение ИКР), он создает определенную установку — нацеленность на идеальное решение. А вот шаг 1.9 — чисто психологический: нужно осуществить — по определенной программе — серию мысленных экспериментов, меняя образ технической системы, данной в условиях задачи. Начнем, например, уменьшать размеры системы, доведем эти размеры почти до нуля (система состоит из одной молекулы). В предельно уменьшенной системе возникнут новые особенности, проявятся свойства, ранее остававшиеся в тени. Несколько таких операций (резко увеличим размеры системы,

¹ Леонид Соловьев. Повесть о Ходже Насреддине. М., «Молодая гвардия», 1958, с. 144—145.

уменьшить скорость ее действия и т. д.) — и появится новое представление о системе, значительно более широкое и гибкое. Обратите внимание: эти мысленные эксперименты (шаг 1.9) выполняются до анализа задачи. Тут своего рода психологическая подготовка, предшествующая атаке и помогающая уловить и принять неожиданные идеи, когда они появятся.

Шаг 1.9 — один из самых своеобразных механизмов АРИЗ, и мы еще к нему вернемся.

СТАЛЬНЫЕ ЖЕРНОВА ПРОГРАММЫ

Итак, АРИЗ держится на трех китах: 1) по четкой программе, шаг за шагом, ведется обработка задачи, выявляется и исследуется физическое противоречие, делающее задачу задачей; 2) для преодоления противоречий используется сконцентрированная информация, вобравшая опыт нескольких поколений изобретателей (таблицы типовых моделей задач, таблицы применения физэффектов и т. д.); 3) на протяжении всего хода решения идет управление психологическими факторами: АРИЗ направляет мысль изобретателя, гасит психологическую инерцию, настраивает на восприятие необычных, смелых идей.

Посмотрим внимательнее, как работает программа анализа задачи.

Задача 23. Чтобы получить расплав окиси бериллия, необходимый для выращивания кристаллов, используют индукционный нагрев токами высокой частоты. Окись бериллия нагревают индуктором, расположенным снаружи. Тигель, в котором находится окись, интенсивно охлаждают, в результате чего на стенках тигля образуется гарнисаж — слой твердой окиси бериллия. Таким образом, окись бериллия плавится без соприкосновения с инородными веществами, благодаря чему удается получить очень чистый расплав.

Есть, однако, существенная трудность. Окись бериллия — диэлектрик. Проводником она становится только в расплавленном виде. Возникает заколдованный круг: чтобы расплавить окись бериллия, ее надо нагреть, а чтобы нагреть — надо расплавить... Нагрев через стенки исключен (стенки надо охлаждать). Ввести в окись бериллия проводник, преобразующий электроэнергию в тепло, нельзя: постороннее вещество загрязнит окись бериллия. Пробовали нагревать «со стороны» — дугой, плазмой, светом. Все эти способы оказались неэффективными. Как быть?

Задача сформулирована почти без терминов, можно приступать к решению. Мы прокомментируем некоторые шаги, чтобы было понятно, почему они сделаны так, а не иначе.

2.2 Конфликтующая пара: окись бериллия — электромагнитное поле.

2.3 А. Электромагнитное поле обеспечивает нагрев расплавленной окиси бериллия на расстоянии — без соприкосновения окиси с другими веществами.

Б. Электромагнитное поле не нагревает нерасплавленную окись бериллия.

2.4. Даны электромагнитное поле и окись бериллия. Электромагнитное поле не загрязняет окись бериллия, но и не обеспечивает нагрев и плавление этого вещества.

3.1. Внешняя среда.

Окись бериллия — изделие. Электромагнитное поле — инструмент, но по условиям задачи этот инструмент плохо взаимодействует с изделием. Даны вещество и поле. По правилу построения реполя нужно ввести второе вещество. «Внешняя среда» — это и есть второе вещество. Нужно такое вещество, которое хорошо взаимодействует с электромагнитным полем и в то же время хорошо взаимодействует с окисью бериллия, т. е. не загрязняет ее.

3.2. Внешняя среда сама обеспечивает нагрев окиси бериллия электромагнитным полем, сохраняя «действие на расстоянии» — без контакта окиси бериллия с другими веществами.

Обратите внимание: в формулировке ИКР всегда должно быть слово «сам» («сама», «само») — именно этим и достигается идеальность формулируемого конечного результата. Всегда должны быть указаны и два противоречащих друг другу действия. Обеспечить взаимодействие электромагнитного поля и окиси бериллия нетрудно — достаточно, например, добавить в окись кусочки железа. Они будут нагреваться токами высокой частоты и передавать тепло окиси бериллия. Но именно этого и нельзя делать: в идеальном случае в окиси бериллия не должно быть ни одного «постороннего» атома, ни одной «посторонней» молекулы.

3.3. Зона, которая не справляется с требуемым сочетанием действий, — объем внутри окиси бериллия (или часть объема).

3.4 А. Для предотвращения загрязнения окиси бериллия внешняя среда («постороннее» электропроводное вещество) не должна находиться в зоне, указанной в 3.3.

Б. Для обеспечения взаимодействия электромагнитного поля с окисью бериллия внешняя среда должна находиться в зоне, указанной в 3.3.

3.5. А. Внешняя среда (электропроводное вещество) должна быть в выделенной зоне, чтобы превращать электромагнитное

поле в тепло, и не должна быть в выделенной зоне, чтобы не загрязнять окись бериллия.

Б. Внешняя среда должна быть и ее не должно быть.

4.1. Противоречивые требования нельзя разделить в пространстве, потому что речь идет об одном и том же объеме. Разделение во времени? Можно на время допустить присутствие постороннего вещества, если есть абсолютная гарантия, что после достижения нужной температуры постороннее вещество исчезает и весь расплав будет состоять только из окиси бериллия. Тут только две возможности: постороннее вещество (металл) должно улетучиться или стать окисью бериллия. Вторая возможность значительно заманчивее, потому что сразу ясно, какой металл нужно взять: стать окисью бериллия может только бериллий.

Задача решена. Добавляем в холодную окись бериллия кусочки металлического бериллия. Эти кусочки «хватают» электромагнитное поле и разогревают окись. А потом бериллий «уходит», сгорая и превращаясь в окись бериллия. Остается убедиться, что расплавленный бериллий легко окисляется и сгорает, но это известно из школьного курса химии...

По условиям задачи нельзя было вводить в окись бериллия посторонние вещества — в этом и состояла «загвоздка», порождавшая задачу. Наше решение, строго говоря, нарушает условия задачи: мы вводим постороннее вещество. Имеем ли мы право нарушать условия задачи?

Как мы уже говорили, изобретательские задачи всегда формулируются неточно. Следовало бы записать: в окись бериллия нельзя вводить вещества, не являющиеся окисью бериллия. Но такая формулировка кажется чем-то вроде «масляного масла». И вместо слов «нельзя вводить вещества, не являющиеся окисью бериллия» появляется неточная формулировка «нельзя вводить посторонние вещества». Возникает психологический барьер, путь к решению перекрывается... Между тем, вводить посторонние вещества можно, если только они в конце процесса не отличаются от окиси бериллия. Этому требованию удовлетворяют сама окись бериллия и все вещества, способные превращаться в нее. Содержит задача такую формулировку — и решать было бы нечего...

Решение задачи требует исправления подобных погрешностей, свойственных первоначальному тексту задачи. К «нельзя вводить» мы добавили «надо вводить» — возникло физическое противоречие, подталкивающее к единственному верному ответу: следует ввести такое вещество, которое потом станет окисью бериллия.

Интересно сравнить задачу 23 с еще одной новой для нас задачей.

Задача 24. Существуют так называемые металлолакирующие смазки. В них на 90% обычного масла приходится еще 10% тонкодисперсного металлического порошка. При работе порошок создает на трущихся поверхностях тончайший защитный слой металла. Готовят смазки очень просто, механическим перемешиванием масла и порошка.

Такие смазки, однако, не годятся, если зазор между трущимися поверхностями меньше гранул порошка. Можно, конечно, сильнее истереть порошок — сделать коллоидный раствор. Но все-таки частицы порошка получаются слишком большими. Еще измельчить? Это значит перейти от коллоидного раствора к истинному раствору, в котором металл содержится в виде атомов или ионов. Но металлы не растворяются в масле. Как быть?

Внешняя задача 24 не имеет ничего общего с задачей 23. Но физическое противоречие — теперь это видно с первого взгляда — в обеих задачах одно и то же: металлические частицы должны быть введены в смазку, чтобы обеспечить процесс металлолакирования, и не должны быть введены в смазку, чтобы не увеличивать толщину ее слоя. Как и в предыдущем случае, используем какое-то вещество, способное в результате химической реакции переходить из одного состояния в другое. Это вещество должно быть хорошо растворимо в масле, но оно не обязано быть металлом. Таких веществ сколько угодно — практически годятся все органические вещества. Еще алхимики знали: подобное растворяется в подобном. Масло — органическое вещество, поэтому оно хорошо растворяет другие органические вещества. Итак, вводим в масло какое-то органическое вещество. Получается раствор, в котором молекулы вещества равномерно распределены в смазке. Затем начинается реакция разложения: каждая введенная молекула разлагается с выделением атомов металла. Органическое вещество должно выделить металл: следовательно, надо взять какое-то металлоорганическое соединение.

В условиях задачи дано одно вещество — смазка. Мы ввели второе вещество — металлоорганическое соединение. Остается добавить поле — и будет построен вексель. Поле должно разлагать второе вещество, выделяя из него металл. Это могут делать поля электрическое и тепловое. Проще использовать тепловое поле, поскольку при трении «бесплатно» выделяется тепло. Итак, нужно металлоорганическое вещество, разлагающееся при нагревании с выделением металла. Самые простые металлоорганические вещества — соли органических кислот: муравьиной, уксусной и т. д. Остается взять справочник и подобрать подходящую соль.

Задача решена, и сделано это с точностью почти математической.

А вот как эта же задача была решена на самом деле. Рассказывает автор изобретения В. Шиманский: «Короче говоря, нужна растворимая в масле присадка... Были обследованы самые различные вещества. Их даже трудно все перечислить. И опять помог случай. Как-то я стоял в книжном магазине, и кто-то попросил продавщицу: «Подайте, пожалуйста, «Методы металлоорганической химии». Счастливая мысль! А что если попробовать металлоорганические соединения? Попросил «Методы» и для себя. Это была воистину золотая жила. Уксуснокислый кадмий, оказывается, разлагается при 255°. Эксперимент дал ответ: это вещество растворимо в масле...»¹. Группа исследователей ищет решение задачи методом проб и ошибок; проверено столько веществ, что их трудно даже перечислить. А ведь «золотую жилу» можно было найти по правилам и формулам... Работа исследователей, затраченные на эксперименты средства — все это чистые потери, цена плохой организации труда. Если добавить к этому потери из-за того, что изобретение появилось и было внедрено с запозданием на несколько лет, убытки окажутся весьма значительными. А сколько таких изобретений!

ШЕСТЬ ЗАДАЧ

Анализ задач по АРИЗ-77 несложен, однако нужны навыки, чтобы избежать хотя бы грубых ошибок. Вот несколько задач для тренировки — по каждой из них надо сделать запись решения с шага 2.2 по шаг 4.1.

Советуем сначала сделать запись, а уж потом перейти к следующему разделу.

Задача 25. Полимеры «стареют» — постепенно теряют свои механические и химические свойства под действием окислителей. Чтобы защитить полимеры, в них при изготовлении добавляют небольшое количество тонкоизмельченного железного порошка, поскольку железо «перехватывает» окислители, соединяясь с ними и тем самым защищая полимер. Но есть затруднения: тонкоизмельченный железный порошок жадно соединяется с кислородом воздуха и окисляется до внесения в полимер. Можно вести процесс (измельчение железа и внесение порошка в поли-

мер) в вакууме или в среде инертного газа. Но это резко осложняет имеющуюся технологию «варки» полимера.

Пожалуй, вы без особых затруднений сразу скажете ответ на задачу. И все равно — для тренировки нужно сделать запись «по шагам». А чтобы задача не казалась такой легкой, предложите ее своим знакомым, не знающим АРИЗ...

Задача 26. Шлифовальный круг плохо обрабатывает изделия сложной формы с впадинами и выпуклостями, например ложки. Заменять шлифование другим видом обработки невыгодно. Известны ледяные шлифовальные круги, они могут притираться к фигурным изделиям. Но в данном случае применение таких кругов слишком дорого и сложно. Не годятся и эластичные надувные круги с абразивной поверхностью — они быстро изнашиваются. Как быть?

Задача 27. Современные крупные самолеты весят по 200 и более тонн. Если такой самолет совершил вынужденную посадку далеко от аэродрома, повредил шасси или еще что-нибудь, доставка его к месту ремонта связана с колоссальными трудностями. За сотни километров приходится везти мощные подъемные краны и стрелы, а поднимая самолет, чтобы подготовить его к транспортировке, приходится подкладывать под него сотни железнодорожных шпал, иначе нагрузка не распределится равномерно и хрупкий корпус получит новые повреждения.

Нужен эффективный способ транспортировки поврежденных самолетов.

Сделайте запись решения этой задачи по шаг 4.1, а потом примените одно из правил вепольного анализа.

Задача 28. Давно известна гидроэкструзия — способ обработки металла, при котором металл выдавливают через фильеру (отверстие) высоким давлением жидкости. У гидроэкструзии много заманчивых возможностей, но многие годы не удавалось их реализовать. Оборудование для гидроэкструзии в принципе похоже на медицинский шприц: давление создают, вдвигая поршень внутрь прочного цилиндра, в котором находится заготовка (кусочек металла) и жидкость. У жидкости две функции: 1) жидкость передает давление от поршня заготовке и 2) жидкость «протекает» вместе с выдавливаемым металлом в фильеру и смазывает стенки фильеры, благодаря чему поверхность выдавленного металла получается чистой, без задиров. И вот оказывается, что там, где

¹ В. Шиманский. Трение защищает от трения. «Изобретатель и рационализатор», 1972, № 2, с. 6.

поршень взаимодействует со стенками корпуса, жидкость должна быть вязкой, как густая смазка, иначе она пройдет в зазор между поршнем и корпусом и высокого давления создать не удастся. А там, где выдавливаемый металл взаимодействует со стенками фильеры, жидкость должна быть как можно менее вязкой, чтобы проникать в зазор между металлом и стенками фильеры и обеспечивать получение гладкой поверхности изделия. Как быть?

Задача 29. Из журнала «Изобретатель и рационализатор»: «Редко после операции хирургу удается наложить шов так, чтобы совместить края разреза. Доцент кафедры анатомии Горьковского медицинского института А. М. Макаров поставил себе целью упростить работу хирургов. Его изобретение, созданное со студенткой Галиной Исаевой, удивляет изяществом и простотой воплощения. Хирургам предложен резиновый штамп с сеткой. Штамп смазывают специальной краской и, перед тем как сделать сечение, рисунок наносят на кожу пациента. После операции, зашивая рану, следят, чтобы клетка совместились».

В качестве красящего вещества можно использовать реактив Шиффа. Но он не вполне удовлетворяет хирургов. Макаров обращается через наш журнал к специалистам-химикам с просьбой предложить препарат, на который не действовали бы спирты, йод или йодонат: чтобы он не смывался кровью и не вызывал воспаления ткани¹.

Сделайте запись решения этой задачи по шаг 4.1, а потом примените одно из правил полного анализа.

Задача 30. Нужно автоматизировать отделение спелых помидоров от неспелых. Известны разные способы, например, делят по цвету, по твердости, по химическому составу. Мы возьмем за основу самый простой и потому самый привлекательный способ — разделение по удельному весу. Основной частью установки для разделения по удельному весу является ванна с водой. В этой ванне — по идее — спелые помидоры должны тонуть, а неспелые всплывать. К сожалению, установка работает плохо: чаще всего спелые и неспелые помидоры имеют плотность ниже 1 г/см^3 — и все всплывают. Удобнее всего было бы разделять помидоры в жидкости с удельным весом 0,99. Но такая жидкость, удовлетворяющая к тому же требованиям пищевой промышленности, пока не найдена.

Использовать вместо воды раствор спирта (или другой подобной жидкости) недопустимо. Нагревать воду, чтобы уменьшить ее плотность, тоже недопустимо (нагреваются и помидоры). Использование «газированной» воды результата не дает: пузырьки облепляют помидоры и «тащат» вверх спелые и неспелые... Как быть?

Эта задача труднее, чем предыдущие: после анализа задачи надо применить физический эффект, а мы этого еще «не проходили». Что ж, сделайте запись решения задачи по шаг 4.1, а потом мы еще вернемся к этой задаче. Обратите внимание, как легко даются «шаги», которые вы уже знаете, и как трудно сделать один шаг — всего один шаг! — и выбрать нужный физический эффект, если нет таблицы применения физэффектов.

ПРЕОДОЛЕТЬ БАРЬЕР

О рыцарских турнирах знают все. Менее известно, что в средние века проводились и турниры математиков. Наиболее популярным видом «спорта» на этих турнирах было решение уравнений третьей степени: участники состязаний предлагали друг другу уравнения — и надо было в кратчайший срок отыскать корни. Решать уравнения приходилось методом проб и ошибок, многое зависело от способностей, опыта, наконец, просто от удачи. А потом Иероним Кардан (или Тарталья, как считают некоторые историки) вывел формулу для решения таких уравнений, появился простой, доступный и надежный метод решения. А теперь представьте себе, что вы, зная формулу Кардана, оказались на турнире среди математиков, которым эта формула еще неизвестна. Вместо отчаянных поисков: «А если попробовать это число?.. а может быть, взять другое?..» — вы уверенно «щелкаете» уравнение за уравнением. Судьи и зрители потрясены вашей талантливостью, а на самом деле работает знание...

Приблизительно такая ситуация складывается, когда человек, знающий АРИЗ, решает задачу, над которой бьются люди, работающие методом проб и ошибок. Возьмем задачу 16 о перемешивании стали и шлака. Вот запись решения, сделанная студентом третьего курса политехнического института в конце обучения по 80-часовой программе: «Даны три вещества: сталь, шлак и мешалка. Мешалка портится, т. е. плохо взаимодействует со сталью и шлаком. Это плохое взаимодействие нужно устранить. Мешалка должна соприкасаться с расплавом и не должна соприкасаться с расплавом. Для этого нужно покрыть мешалку видоизмененной

¹ М. В. Владимиров. Штемпельная отметка на вашей почке. «Изобретатель и рационализатор», 1975, № 10, с. 21.

сталью или видоизмененным шлаком, т. е. наморозить на мешалку защитный слой стали или шлака». Время на решение — 11 минут. Запись, сделанная кандидатом технических наук после такого же курса обучения: «Даны два вещества: сталешлаковый расплав и стальная мешалка. Они должны быть в контакте друг с другом, чтобы осуществлялось перемешивание, и не должны быть в контакте, чтобы не разрушалась мешалка. По правилу вепольного анализа инструмент надо покрыть веществом, являющимся видоизменением стали или шлака (или того и другого). Можно покрыть твердой коркой стали, но тогда потребуются постоянно охлаждать мешалку. Проще покрыть шлаком: если опустить мешалку в слой шлака (он на поверхности расплава), а потом поднять над расплавом, шлак быстро затвердеет, образовав на мешалке твердое защитное покрытие». Время на решение — 6 минут.

Оба ответа верны, именно так решена задача по авторскому свидетельству № 487 137. Вторая запись сделана быстрее, четче, доведена до технического решения. Но принципиальной разницы нет: какое значение имеют минуты, если при решении подобных задач теряются годы?! Изобретение по авторскому свидетельству № 487 137 сделано в 1973 году, а задача «маячила» перед глазами изобретателей по крайней мере четверть века. Ее обходили стороной: меняли испорченные мешалки или же старались сделать их из особо прочных и жароустойчивых материалов.

Разумеется, АРИЗ — это не просто свод «формул» для решения изобретательских задач. АРИЗ прежде всего влияет на отношение человека к предложенной ему задаче. Исчезает страх, снимается психологический барьер, обусловленный боязнью выйти за пределы узкой специальности. Характерна в этом смысле задача 29 о «краске для хирургии». Эту задачу предлагали слушателям на занятиях по теории решения изобретательских задач дважды: первый раз в начале обучения, второй раз — в конце. Результат: первый раз из 187 человек отказались от решения 125, неверно решили задачу 62. Текст задачи заканчивался словами: «Попробуйте решить эту задачу» — и большинство слушателей отказывались пробовать, мотивируя это тем, что задача адресована химикам, что надо, кроме того, знать хирургию и т. д. «Я — теплотехник, эта задача выходит за рамки моей специальности...» Те, кто пытался решить задачу, выдвигали несколько не очень серьезных вариантов: «Может быть, проецировать световую сетку? Или наклеить сетку из бумаги?» — и после этого прекращали дальнейшие попытки. Второй раз задачу решали 173 человека. От решения отказались четверо, семь человек дали правильный вепольный ответ, но совершили ошибку при переходе к физическому ответу, остальные решили задачу правильно. Типичная запись: «Если

сетка нанесена густой «краской», она хорошо видна, но вызывает воспаление тканей, наносит вред организму. Если количество «краски» невелико, сетка безвредна, но плохо видна, потому что «краска» незаметна. По общему правилу следует исходить из второго случая, так как основное при операции — не причинить вреда больному. Облегчение условий наблюдения — второстепенный процесс. Итак, сетка наносится ничтожным количеством «краски». Какую именно «краску» взять в этом случае, безразлично, поскольку «краска» все равно не будет видна. Значит, задача состоит в том, чтобы сделать видимыми очень небольшие количества краски. Ответ: ввести в краску люминофор В₂, обеспечивающий высокую яркость при небольшом (практически близком к нулю) количестве вещества В₁».

В другой работе ответ изложен так: «Если нанести мелом черту на доске, а потом стереть его тряпкой, то исчезнет почти весь мел, останутся только еле различимые следы, образованные частицами мела в порах дерева. Поэтому если краска стирается или смывается, нет смысла наносить ее в большом количестве, достаточно нанести тонкий слой, соответствующий нижнему слою толстого покрытия. Когда краски очень мало, она безвредна для организма. Поэтому можно взять в качестве краски упоминавшийся в задаче реактив Шиффа (хотя я не знаю, что это такое) и добавить в него люминофор. При включении ультрафиолетового светильника сетка станет видимой. Для детальной разработки способа можно использовать обширный опыт люминофорной дефектоскопии».

Правильно ли решена задача? Во всяком случае, есть свежий патент на покрытие хирургических инструментов люминофорами. В описании указано: «Улучшается видимость процедуры для выполняющего ее хирургического персонала». Так что идея решения задачи 29 заслуживает внимания. Но для нас в этом эпизоде важнее другое: теория позволила убрать очень сильный психологический барьер, вообще перекрывавший путь к решению.

* * *

Если сжать всю предыдущую часть книги в один короткий тезис, получится примерно следующее: вопреки распространенному мнению о непознаваемости творчества и невозможности управлять этим процессом, существуют правила и формулы, позволяющие ~~почти с математической точностью~~ решать некоторые достаточно трудные изобретательские задачи.

Многочратно был повторен опыт: новая задача предлагалась двум группам — обученной АРИЗ и необученной. И всегда в группе, использовавшей

АРИЗ, задачу решали или доказывали, что задача неверна и ее следует заменить. В другой группе часть испытуемых вообще уклонялась от решения, а остальные, используя метод проб и ошибок, выдвигали неудачные варианты...

Творчество до сих пор связывают с «озарением», «интуицией», «случайностью», «вспышкой гения» — но только не с сознательным применением законов, правил, формул. Вот типичное высказывание, оно принадлежит драматургу В. Розову: «Как известно, акт творчества непроизволен. Он лепокорен даже очень мощному волевому усилию... Как ни парадоксально, но художник в момент творческого акта как бы не мыслит, мысль убьет творчество... Как мне кажется, художник мыслит до момента творчества и после него, во время же самого акта творчества рефлексия быть не должно. Сложнее, конечно, дело обстоит с научным творчеством. Но и оно — сестра художественному, возможно даже родная. Несколько лет назад в одной статье я прочел замечание о том, что первоисточником величайших достижений и открытий во всех сферах культуры, науки, техники и искусства является внезапное и без видимой причины возникающее озарение... Это и есть творчество».

И вот вопреки мнению, что мысль убивает творчество, мы решаем изобретательские задачи, используя как инструмент именно мысль. Вспомните ход решения задачи о плавлении окиси бериллия. Сначала была построена модель задачи. Затем появилось первое приближение к ответу: для дo-стройкн веноля придется ввести какое-то вещество, какой-то металл. В этом было что-то еретическое — ведь по условиям задачи добавка посторонних веществ исключалась. Мы перешагнули этот барьер, сформулировав, казалось бы, дикое противоречие: металлическая добавка должна быть и ее не должно быть. Пусть металл будет в начале процесса, а потом исчезнет, превратившись в окись бериллия. Оставалось уточнить, что металл этот должен быть бериллием, ибо только бериллий умеет превращаться в окись бериллия. Новая творческая идея была выработана сознательно, постепенно, работой мысли, без внезапных озарений. А ведь это значит, что благодаря АРИЗу рушится извечное представление о непознаваемости творческого процесса! Человеческая мысль, которая, как полагали, либо бессильна, либо даже убийственно вредна для творчества, оказалась способной решать творческие задачи. Последствия этого события трудно переоценить.

ЗАКОН ЕСТЬ ЗАКОН

ВНИМАНИЕ: ЗАДАЧИ ОСОБОЙ ТРУДНОСТИ

Задачи, которые мы до сих пор рассматривали, — это в основном задачи средней трудности. Точнее, они изложены так, что являются задачами средней трудности. Как мы видели, стоит включить в условия задачи пугающее упоминание о каком-то реактиве Шиффа и указать, что задачу надо решать химически, как возникают дополнительные психологические барьеры и та же задача становится значительно труднее.

Для задач высшей трудности типично наличие хотя бы одной из следующих особенностей:

1. Предложена не задача, а весьма нечеткая ситуация.
2. Условия задачи содержат неправильные требования и указания. Например, речь идет об усовершенствовании определенной технической системы, хотя она истощила возможности своего развития и должна быть заменена принципиально другой системой.
3. Условия задачи изложены чересчур кратко, например нет данных о том, в какой мере допустимо менять рассматриваемую систему; в наиболее тяжелом случае вообще нет задачи и прежде всего нужно суметь ее увидеть.
4. Ответ на задачу включает использование физического эффекта, неизвестного изобретателю. Или же изобретатель вообще знает об этом физическом эффекте, но не представляет, что он может быть использован в данном случае.

Вот пример трудной задачи. Условия ее сформулированы специалистом, являющимся к тому же автором почти ста изобретений, т. е. по общепринятым понятиям задача поставлена вполне квалифицированно.

Задача 31. В засушливых районах острой проблемой является опреснение соленых вод для обеспечения пастбищ питьевой

водой. Существуют разные способы опреснения, из которых особое значение имеет гелиоопреснение.

Схема используемого солнечного опреснителя показана на фиг. 6. Железобетонный лоток снабжен стеклянной крышей. В лотке находится соленая вода, добытая из пробуренных скважин. Под действием солнечных лучей вода нагревается и частично испаряется. Пар поднимается вверх, охлаждается, отдает тепло через стекло в окружающее пространство и конденсируется. Дистиллят стекает по внутренней поверхности стекла в желобки, а по ним — в сборный резервуар. За счет тепловой энергии, аккумулированной водой и стенками бассейна, дистиллят получают не только

днем, но и ночью. Добытый дистиллят смешивают с соленой водой до требуемого содержания солей.

Вес стандартной секции опреснителя — 4,5 т, площадь зеркала испарения — 19 м², производительность одной секции — до 90 л дистиллята в сутки. Однако коэффициент полезного действия не превышает 30%: более $\frac{2}{3}$ солнечной энергии теряется. Нужно усовер-

шенствовать опреснитель. Повышение к. п. д. на 1% означает экономию порядка 8 млн. рублей.

Такие опреснители известны уже сто лет, и за это время их конструкция практически не изменилась. Да и что можно изменить? Поставить стекло, которое меньше отражает и поглощает солнечный свет? Слишком дорого. Заменить стекло пленкой? Это известно. Пленка, к сожалению, менее долговечна, выигрыша не будет. Зачернить дно опреснителя или положить на дно черную пленку? Тоже известно. Усилить циркуляцию воздуха (и пара) внутри опреснителя? Наклонить опреснитель? И это известно... Перепробованы все простейшие изменения, а более сложные лишь показывают опреснитель главного достоинства — простоты.

Условия задачи привязывают мысль к имеющейся схеме, создавая дополнительные трудности. Задачу следовало ставить иначе: опреснение должно оставаться солнечным, все остальное можно менять. Например, в имеющемся опреснителе теплота конденсации капель на стекле буквально идет на ветер. Между тем, эту теплоту можно использовать для нагрева новых порций воды. Надо идти к изобретениям не от пзжившего себя опреснителя, а от

идеальной схемы: есть только солнце и соленая вода. Тогда возникает совсем иной образ опреснителя: нечто вроде мыльного пузыря, у которого изнутри отбирают пары воды...

Еще одна трудная задача. Ответом на нее является сочетание нескольких физических эффектов.

Задача 32. Для изготовления высокоточных абразивных инструментов используют алмазный порошок (он похож на муку). Порошок содержит частицы разных размеров. Возникает задача: как разделить смесь на отдельные фракции? Известный способ — просеивание через сита. Способ плохой: просеивают вручную, к тому же сита быстро истираются алмазным порошком.

Пробовали бросать порошок в жидкость, надеясь, что частицы разных размеров будут по-разному оседать, одни быстрее, другие медленнее. Ничего не получилось: нужно повторять операцию десятки раз, производительность ничтожна. Не годится и центробежный способ сепарации.

Что вы можете предложить?

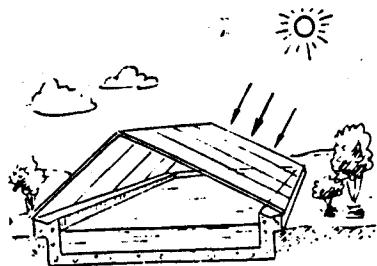
Трудные задачи не решаются простыми операциями и преобразованиями. Но в арсенале теории решения изобретательских задач уже сегодня есть тяжелое вооружение, способное справиться с самыми трудными задачами.

ЗНАТЬ ЗАКОНЫ

Любые задачи, легкие и трудные, — это задачи на развитие техники. Поэтому в основе теории решения изобретательских задач лежит знание законов развития технических систем. Мы познакомимся с этими законами, потом посмотрим, как они применяются при решении задач по АРИЗ.

Законы развития технических систем делятся на три группы. Первая группа определяет условия, при которых из отдельных частей возникает жизнеспособная техническая система.

Необходимыми условиями принципиальной жизнеспособности технической системы являются:



Фиг. 6



— наличие и хотя бы минимальная работоспособность четырех основных частей системы: двигателя, трансмиссии, рабочего органа и средств управления;

— сквозной проход энергии по всем частям системы;

— согласование ритмики частей системы.

В спектакле «Сотворение мира», уже много лет идущем на сцене кукольного театра, руководимого С. Образцовым, есть забавный эпизод. Бог и архангелы «монтируют» Адама, собирая его тело из частей. Поскольку «монтаж» осуществляется впервые, происходит путаница: у Адама оказываются то четыре руки, то четыре ноги... Такого рода ошибки и по сей день совершаются изобретателями при синтезе новых технических систем. Вспомним хотя бы задачу 30 о сортировке помидоров. Была построена установка, включающая ванну, в которой незрелые помидоры должны были всплывать, а спелые — тонуть. Установка имела отличный двигатель и трансмиссию, обеспечивавшие подачу помидоров и уборку их после сортировки. Был и отличный рабочий орган (вода) — простой, не портящий помидоры. Но не было — совсем! — средств управления, позволявших регулировать основную характеристику (плотность) рабочего органа.

Техническая система работает, используя энергию. Более того, любую техническую систему можно рассматривать как преобразователь энергии. Скажем, буровая установка превращает электрическую или тепловую энергию в механическую, которая передается с поверхности земли вниз, к забою скважины, и здесь используется для разрушения грунта. Мощность двигателя без особого труда можно было бы увеличить раз в десять. Но трансмиссия — вращающаяся колонна труб — не сможет передать такой поток энергии.

В задачах на измерение тоже приходится заботиться о том, чтобы сквозь систему проходил поток энергии, только этот поток может быть очень слабым, важно не его количество, а качество: поток должен нести информацию. Вот типичная «измерительная» задача:

Задача 33. Внутри стальной детали, имеющей форму закрытого с одной стороны цилиндра, работает шлифовальный круг (фиг. 7). Нужно непрерывно следить за изменением диаметра круга, не прекращая работы и не выводя круг из «недр» детали. Известен способ, состоящий в том, что круг слоями окрашивают в разные цвета (наружный слой красный, следующий — зеленый и т. д.) и по изменению окраски охлаждающей жидкости, выходящей частицы круга, судят об уменьшении его диаметра. Этот способ дает слишком малую точность. Оптические измерения не-

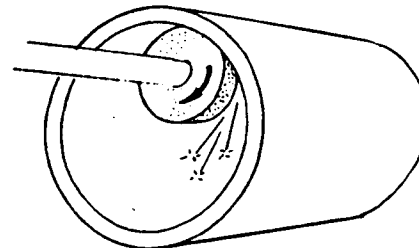
осуществимы: нет места для размещения оптической системы внутри цилиндра. Отсчет по изменению положения вала станка тоже слишком груб.

Нужно предельно простое и дешевое устройство для измерения диаметра круга.

В такой формулировке задача весьма трудна. Но мы теперь знаем, что должен быть обеспечен свободный проход энергии сквозь систему: энергия (пусть очень небольшая) вынесет информацию о состоянии частей системы.

Какую же энергию надо использовать? Цилиндр непрозрачен и не пропустит оптической энергии. Рентгеновское излучение? Слишком сложно. Тепло? Внутри системы выделяется неучитываемое количество теплоты, оно внесет искажения в «информационный поток». Электрическая или магнитная энергия?

В простейшем случае — электрический ток. Правда, абразив не проводит тока, но на торец круга можно нанести металлический слой — и система станет «прозрачной» для тока. Электрическое сопротивление вала и стенок цилиндра ничтожно, им можно пренебречь. Остается сопротивление металлического слоя, нанесенного на торец круга. С уменьшением диаметра круга будет уменьшаться и сопротивление; омметр, включенный в цепь, покажет диаметр круга.



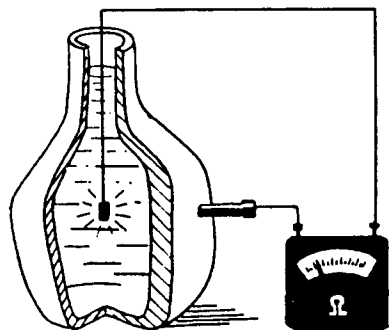
Фиг. 7

Тут, к сожалению, появляются разные «но». Круг с разной силой прижимается к детали, это будет влиять на величину сопротивления. Температура круга меняется, что тоже отразится на точности измерений. Не будь этих помех, задачу можно было бы считать решенной. Например, задача 19 об измерении толщины изделий именно так и решается. Дано вещество (изделие), вводят второе вещество (внутри изделия заливают ртуть) и поле (электрический ток). Сопротивлением ртути можно пренебречь, и показания омметра (фиг. 8) зависят только от толщины стенки изделия в том месте, к которому поднесен подвижный контакт.

Задача 33 сложнее. Прямое применение закона не дало готового ответа, хотя и позволило резко упростить задачу. Теперь она звучит так: сквозь систему «вал — круг — деталь» проходит электрический ток; нужно, чтобы ток «выносил» информацию о диа-

метре круга и чтобы эта информация не зависела от температуры системы, от силы прижатия круга к детали и т. д.

При решении задачи 33 методом проб и ошибок иногда выходят на идею о пропускании электрического тока, но возникает соображение о помехах, неточности — идея отбрасывается, появляется другой вариант, завоеванная позиция теряется. Трудные задачи почти всегда решаются «в несколько ходов», причем каждый ход сам по себе еще ничего не дает, важно их сочетание. Знание законов развития технических систем позволяет правильно



Фиг. 8

оценивать промежуточные этапы решения. Мы знаем, что создание сквозного информационного потока — необходимость, и не отступим от найденной части ответа, не будем искать решение с нуля. Монтируя Адама в кукольном спектакле и совершая разные ошибки, бог и архангелы все же соединили части, работавшие в одном ритме. А могли ошибиться и здесь. Представьте себе организм, у которого одна нога шагает вдвое быстрее другой, а голова спит, когда бодрствуют ноги, и наоборот. Впрочем, представить себе такой организм трудно, он явно нежизнеспособен. А вот технические системы нередко создаются с нарушением закона согласования ритмики частей системы. Можно привести такой пример. Для выемки угля бурят в пласту скважины, заполняют их водой и передают через нее импульсы давления, разрыхляющие уголь. На это изобретение было выдано авторское свидетельство. Ни в описании, ни в формуле изобретения ничего не говорилось о том, какова должна быть частота импульсов. Изобретение внедрили, причем на практике частота импульсов зависела от используемого оборудования — и только. Прошло семь лет. Появилось новое изобретение: все по-прежнему, но частота импульсов стала равна частоте собственных колебаний разбуренного угольного массива. Без всяких затрат, только благодаря использованию резонанса, была повышена эффективность способа. Левая нога стала шагать согласно с правой... Потеряно семь лет — такова плата за незнание законов развития технических систем.

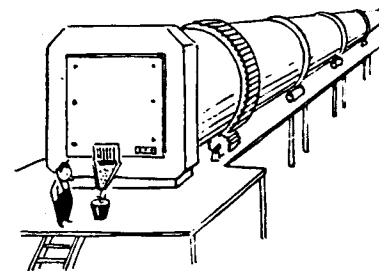
Теперь о второй группе законов. Вот краткая формулировка: Развитие технических систем идет

— в направлении увеличения степени идеальности;
— неравномерно: одни части системы опережают в развитии другие ее части, вследствие чего возникают технические противоречия;

— с переходом в надсистему: исчерпав возможности развития, система включается в надсистему в качестве одной из ее частей; при этом дальнейшее развитие идет на уровне надсистемы.

Идеальная машина ничего не весит, не занимает объема, не тратит энергии, не дает отходов — и все-таки выполняет ту работу, во имя которой она создана. Причем работает идеальная машина без простоев и остановок.

Совершенствование машины мы подчас видим в том, что машина становится красивее, мощнее, больше. Столетие назад вращающиеся цементные печи имели в длину не более десяти метров. Ныне длина печей достигает до четырехсот, а диаметр до семи метров. Проектируются печи длиной в километр и диаметром до десяти метров. Но принцип действия не изменился, не стал лучше, эффективнее. Это рост, а не развитие. Вес цементных печей и обслуживающего оборудования в тысячи раз больше веса находящегося в печи сырья. Представьте себе термос, который весит в тысячу раз больше, чем два стакана залитого в него чая... Такими «термосами» мы сплошь и рядом пользуемся в технике, не замечая их поразительного несовершенства.



Понятие об идеальной машине исключительно важно для теории решения изобретательских задач. Это своего рода маяк, позволяющий ориентироваться в самых сложных обстоятельствах.

Несколько лет назад в журнале «Изобретатель и рационализатор» была рассказана интересная история одного изобретения. Любой вид электрохимической обработки — фрезерование, сверление, шлифование, маркировка — сводится к так называемому анодному растворению. При прохождении тока через электролит металл заготовки, подключенной к положительному полюсу источника тока, переводится в ионное состояние и растворяется в электролите — водном растворе поваренной соли. Там, где у детали должна быть выпуклость, у инструмента делают впадину, и наоборот. Растворение металла подчиняется строгой закономерности: там, где расстояние между электродами минимальное, про-

ходит ток максимальной силы и анод растворяется быстрее всего. В результате заготовка автоматически принимает форму, обратную форме инструмента-катода.

Анализируя причины недостаточной точности, производительности, периодического вспыхивания дуги, выводящей из строя и заготовку и инструмент, изобретатель Б. И. Морозов понял, что это происходит из-за слишком большого зазора между инструментом и заготовкой. В самом деле, если зазор велик, то разница в расстояниях между вогнутыми и выпуклыми точками инструмента и заготовкой сглаживается, переносимый на обрабатываемую поверхность рельеф получается размытым, мелкие подробности на нем как бы «не пропечатываются».

Что зазор нужно уменьшить, было известно и до Морозова. Однако осуществить эту идею не удавалось: при уменьшении зазора становится чрезвычайно трудно прокачивать электролит между заготовкой и инструментом. Межэлектродный зазор забивается шлаком, и процесс прекращается.

Изобретатель рассуждал так. Уменьшать зазор нужно для повышения качества обработки, а увеличивать — для облегчения прокачки электролита. Конечно, одновременно зазор не может быть и большим, и малым. Но что мешает сделать его переменным? Почему бы обработку деталей и прокачку электролита не разнести во времени? Идет обработка — зазор уменьшается почти до нуля, прокачивается электролит — зазор увеличивается. В этом и заключается идея изобретения: катод вибрирует, расстояние между инструментом и заготовкой то увеличивается, то уменьшается.

На изобретение было выдано авторское свидетельство № 194510. Был построен станок, изобретение внедрили на двух ювелирных фабриках. Казалось бы, все хорошо. Но статья заканчивалась недоуменным вопросом: почему изобретение Б. И. Морозова упорно не хотят применять машиностроители?

При решении этой задачи можно исходить из двух моделей: зазор между анодом и катодом мал или же зазор велик. В первом случае имеем выигрыш в точности и проигрыш в производительности (зазор часто забивается, процесс приходится прерывать). Во втором случае, наоборот, выигрывая в производительности (процесс идет непрерывно), проигрываем в точности (изделие приобретает размытую, искаженную форму). Морозов исходил из первой модели. Между тем, согласно хорошо знакомому нам правилу 3 к шагу 2.2, следует исходить из модели, обеспечивающей высокую производительность процесса. Морозов нарушил правило, в результате система отдалась от идеала. В самом деле, идеальная машина обязана работать все время — без остано-

вок и пауз. А в станке Морозова рабочий ток идет только в короткие мгновения сближения электродов; подавляющую часть времени станок фактически простаивает, обработки нет. Что же удивительного в том, что машиностроители, которым в первую очередь нужна высокая производительность, были не в восторге от этого изобретения? Дело не в консерватизме, просто нельзя получить хорошее изобретение, нарушив, вольно или невольно, законы развития технических систем: закон есть закон!

Если, следуя правилу, исходить из модели, предусматривающей большой зазор между электродами, задача решается иначе. Непрерывность процесса обеспечена тем, что зазор все время остается большим. Задача сводится к устранению вредного фактора — искажению получаемой формы изделия, «размыванию» рисунка. Как бороться с вредными факторами, мы уже знаем: самый выгодный путь — обратить вред в пользу. Рельеф на изделии — «антикопия» рельефа на инструменте: там, где на инструменте выпуклость, на изделии должна получиться равная по размерам и форме выемка. Сделаем инструмент с искаженным изображением — так, чтобы искажение инструмента компенсировало искажение, создаваемое большим расстоянием между инструментом и изделием. Тогда одно искажение «съест» другое, и изделие получится без искажений...

Мы нашли интересную идею решения задачи, но было бы обидно потерять при этом идею Б. И. Морозова, хотя она и пригодна преимущественно для ювелирной техники. В АРИЗ-77 предусмотрена возможность возникновения подобных ситуаций. И чтобы избежать потерь, после решения задачи специально рассматривается идея, обратная найденной. Вместо «инструмент с искаженным рельефом на большом расстоянии» надо рассмотреть обратный вариант — «инструмент с точным рельефом на близком расстоянии».

Перейдем теперь к закону неравномерности развития технических систем и возникновения технических противоречий. Ярким примером может служить история велосипеда. Первый велосипед, построенный австрийцем Дрезом в 1813 году, состоял из рамы, двух деревянных колес и руля. Трансмиссии не было, ездоку приходилось отталкиваться ногами от земли... В сущности, велосипеда еще не было, он появился в 1840 году, когда усовершенствованная и облегченная «беговая машина» Дреза получила педали.

Шли годы. В конструкцию колес и педалей, первоначально очень примитивных, вносились изменения. Благодаря этому скорость движения велосипеда постепенно возрастала. Однако между усовершенствованными частями машины и оставшимися без из-

менения органами управления возникло противоречие: бестормозное управление, вполне пригодное для езды с малой скоростью, не удовлетворяло новым условиям — езде с более высокой скоростью. Без устранения этого противоречия дальнейшее улучшение других частей велосипеда теряло смысл: из-за несовершенства органов управления нельзя было увеличить скорость.

В 1845 году на велосипеде появились тормоза. Велосипеды начали двигаться все быстрее и быстрее. Достигалось это увеличением диаметра переднего (ведущего) колеса, в результате чего возрастало расстояние, проходимое машиной при каждом обороте педалей. Увеличение скорости езды требовало для колес более прочного и легкого материала. Это новое противоречие устранили заменой дерева на металл.

Диаметр ведущего колеса из года в год увеличивался. Появились велосипеды «пауки» с огромным передним колесом. Но чем больше становилось ведущее колесо, тем труднее было его вращать. Еще одно противоречие! Пришлось посадить ось колеса на шарикоподшипники.

Кажется, все в порядке? Нет. Увеличивается диаметр переднего колеса — растет высота велосипеда, а вместе с ней и опасность езды. Велосипед теряет устойчивость, падение с него грозит серьезными увечьями. Выигрыш в скорости приносит проигрыш в безопасности. Значит, нужно изменить трансмиссию, чтобы при каждом обороте педалей колесо делало не один оборот, а несколько — тогда незачем увеличивать диаметр ведущего колеса. И в 1884 году изобретается ценная передача. Скорость велосипеда снова растет.

Однако тут же возникает новое противоречие: усовершенствована трансмиссия, но колеса остались без изменения. При быстрой езде удары колес о неровности дороги быстро разрушали машину, затрудняли управление. Изобретатели занялись усовершенствованием колеса. В 1890 году колеса «обувают» — появляются шины пневматички.

Но противоречия преследуют велосипед, красной нитью проходя через его биографию. Новое увеличение скорости — новое противоречие! Теперь от рабочих органов управления отстает трансмиссия: разогнавшись, велосипедист не успевает крутить бешено вращающиеся педали. Можно, конечно, снять ноги с педалей, но как потом ловить их на ходу? И снова, забыв обо всем остальном, изобретатели совершенствуют трансмиссию, только трансмиссию! Наконец, в 1897 году изобретен механизм свободного хода: теперь, набрав скорость, велосипедист может держать педали неподвижными.

Так велосипед приобрел знакомый нам вид.

Дальнейшее развитие велосипеда сдерживалось ограниченной мощностью двигателя — человека. Тут были только две возможности: либо сохранить схему велосипеда неизменной, «законсервировав» техническую систему, либо объединить велосипед с другой машиной, образовав новую и более сложную систему. Использованы были оба пути. Велосипед остался велосипедом. И велосипед, объединившись с двигателем внутреннего сгорания, превратился в мотоцикл: появилась возможность совершенствовать новую систему.

Третья группа законов отражает тенденции развития современных технических систем:

Развитие технических систем идет в направлении

— увеличения степени выполности;

— перехода с макроуровня на микроуровень.

Мы уже говорили о том, что технические системы стремятся стать «выполнее»: неполные выполы превращаются в полные, а те, в свою очередь, развиваются в ценные выполы или превращаются в фенолы. А вот о второй тенденции надо сказать несколько слов.

В технике до сих пор преобладают системы, рабочие органы которых представляют собой «железки», имеющие макроразмеры, например винт самолета, колесо автомобиля, резец станка, ковш экскаватора и т. д. Изобретения могут совершенствовать эти «железки», сохраняя их макроразмеры. Но с какого-то момента эффективное решение задач требует перехода на микроуровень: рабочими частицами становятся молекулы, атомы, ионы, электроны и т. д., управляемые полями. Типичный пример: «Вибрационный гироскоп с массами, приводимыми в колебательное движение внешними переменными магнитными или электрическими полями, отличающийся тем, что в качестве колеблющихся масс применены электроны или заряженные ионы» (авторское свидетельство № 438 327).

Сравним два изобретения:

Авторское свидетельство № 489 662. Устройство для нанесения полимерных порошков, содержащее камеру, пористую перегородку, вибратор и коронирующий электрод, отличающееся тем, что, с целью повышения качества наносимого покрытия, коронирующий электрод выполнен в виде кольца, снабженного средством перемещения, выполненным, например, в виде микрометрических винтов.

Авторское свидетельство № 518 219. Устройство для вытеснения жидкости, содержащее резервуар, например микропипетку, с сердечником, размещенным внутри катушки индуктивности, связанной с генератором тока ультразвуковой частоты, отличающееся тем, что, с целью обеспечения микроинъекции жидкости

в биологический объект, например клетку, сердечник выполнен в виде короткозамкнутой спирали из магнитоотрицательного материала.

Первое изобретение — совершенствование системы на макроуровне: несмотря на свое название, микрометрический винт — обыкновенная «железка», в принципе не отличающаяся от любого другого винта. А вот во втором изобретении отражен переход с макроуровня на микроуровень: вместо «железок», перемещаемых винтами, для сдавливания пипетки использовано изменение размеров кристаллической решетки металла под действием магнитного поля. Меняются микропараметры — расстояния между атомами в кристалле, решетка растягивается и сжимается.

Опираясь на закон перехода от «макро» к «микро», можно уверенно прогнозировать развитие устройства, описанного в авторском свидетельстве № 489 662: потребуется дальнейшее увеличение точности, и микрометрический винт будет заменен растяжением — сжатием кристаллической решетки в результате магнитоотрицательности, обратного пьезоэффекта или теплового расширения.

Знание этого закона позволяет легко решать целую группу задач, в частности задачу 21 о совершенствовании устройства для совмещения микроминиатюрных элементов радиоэлектронных схем. Можно сразу предложить три решения. Одно из них, если проверить патентную литературу, окажется известным (авторское свидетельство № 259 612 — использование теплового расширения); по двум другим (магнитоотрицательность и обратный пьезоэффект) можно писать заявки на изобретение...

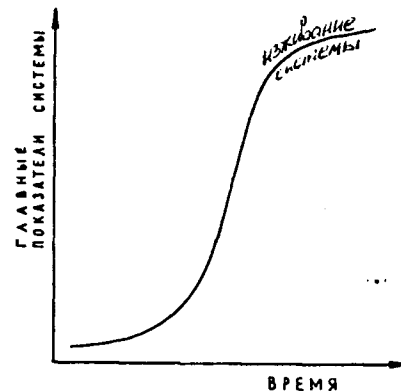
ЛИНИИ ЖИЗНИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Жизнь технической системы (как, впрочем, и других систем, например, биологических) может быть изображена в виде S-образной кривой (фиг. 9), показывающей, как меняются во времени главные характеристики систем (мощность, производительность, скорость, число выпускаемых систем и т. д.). У разных технических систем эта кривая имеет свои индивидуальные особенности. Но всегда на ней есть характерные участки, которые схематически — с подчеркнутым огрублением — выделены на фиг. 10.

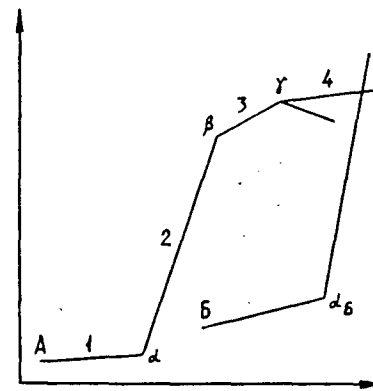
В «детстве» (участок 1 до точки α) техническая система развивается медленно. Затем наступает пора «возмужания» и «зрелости» (участок 2 между точками α и β) — техническая система быстро совершенствуется, начинается массовое ее применение. С какого-то момента темпы развития спадают (участок 3 между

точками β и γ) — наступает «старость». Далее (после точки γ) возможны два варианта. Техническая система А либо деградирует, сменяясь принципиально другой системой В (современные парусники не имеют скоростей, на которых сто лет назад ходили прославленные чайные клиперы), либо на долгое время сохраняет достигнутые показатели (велосипед не претерпел существенных изменений за последние полвека и не был вытеснен мотоциклом).

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



Фиг. 9



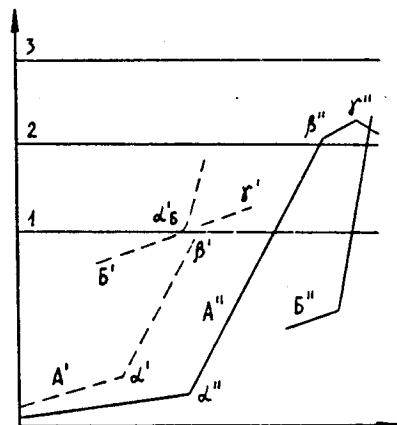
Фиг. 10

Изучение кривых развития параметров различных технических систем (скорости движения самолетов и кораблей, скорости бурения, роста энергии ускорителей и т. п.) заставляет сразу обратить внимание на то, что реальные кривые заметно отличаются от ожидаемых теоретических кривых. Характер различия показан на фиг. 11, где пунктиром изображена теоретическая кривая, а сплошной линией — реальная.

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

Период быстрого развития технической системы должен был бы завершиться в точке β' — там, где исчерпываются возможности использованного в системе принципа и обнаруживается экономическая нецелесообразность дальнейшего развития данной

системы (уровень 1). Однако ничего подобного не происходит: реальная точка β'' всегда намного выше теоретической β' . Когда кривая A'' доходит до уровня 1, в дальнейшем развитии системы оказываются заинтересованными многие люди. Возникает инерция интересов — финансовых, научных (псевдонаучных), карьеристических и просто человеческих (боязнь оставить привычную и обжитую систему). Могут спросить: значит, инерция интересов оказывается сильнее экономических факторов? Да, сильнее. Но

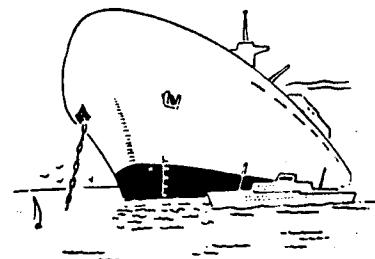


Фиг. 11

и сами экономические факторы умеют приспосабливаться к инерции интересов. Вплоть до уровня 2 система продолжает оставаться экономически выгодной за счет разрушения, загрязнения и хищнической эксплуатации внешней среды. Типичным примером может служить идущее ныне интенсивное строительство больших танкеров. В марте 1967 года произошла катастрофа с танкером «Торри Каньон» — 120 тысяч тонн нефти попали в море, берегам Англии и Франции был нанесен колоссальный ущерб. С тех пор океан не стал спокойнее, мореплавание не стало безопаснее. Но в 1968 году был построен первый танкер на 200 тысяч тонн, в 1975 году вступили в строй три танкера грузоподъемностью по 484 тысячи тонн, в 1976 году — два танкера по 540 тысяч тонн... Стоимость транспортировки одной тонны нефти на танкере водоизмещением в 540 тысяч тонн на 56% ниже, чем на танкере в 80 тысяч тонн. А безопасность — какое она имеет значение, если владельцы «Торри Каньон» через месяц после катастрофы получили полную сумму страховой премии — 16,5 миллиона долларов... Кривая A упрямо идет к уровню 2. Экономичность (т. е. прибыль для судовладельцев) обеспечена за счет ущерба внешней среде. Число больших танкеров увеличивается, скорость хода тоже возрастает (хотя до сих пор нет эффективного решения проблемы торможения) — неуклонно растет опасность суперкатастрофы. В 1976 году супертанкер «Олимпик брейверн» (250 тысяч тонн) врезался в скалы у побережья Бретани. К счастью, танкер был пуст. Но в марте 1978 года у тех же берегов погиб супертанкер «Амоко Кадис» — и в море попало

230 тысяч тонн нефти! История мореплавания еще не знала такой катастрофы. А через несколько месяцев аналогичная катастрофа произошла у берегов Испании: в море попали 208 тысяч тонн нефти, перевозимой супертанкером «Андрос Патрия». Январь 1979 года: у берегов Греции терпит аварию супертанкер «Мессиниаки Фронтис» (155 тысяч тонн нефти), у берегов Ирландии взрывается супертанкер «Бетельжес» (120 тысяч тонн нефти).

«Сегодня мне это выгодно, а на остальное наплевать» — эта формула тянет кривую A вверх, к уровню 2 (экономично при условии причинения вреда внешней среде). А потом все-таки достигается потолок — уровень 3, определяемый физическими пределами. Нельзя, например, втиснуть на улицу больше автомобилей, чем на ней может поместиться, если автомобили встанут вплотную друг к другу — от стенки до стенки. Нельзя построить танкер грузоподъемностью в 10 миллионов тонн — такой корабль просто не подойдет к берегу.

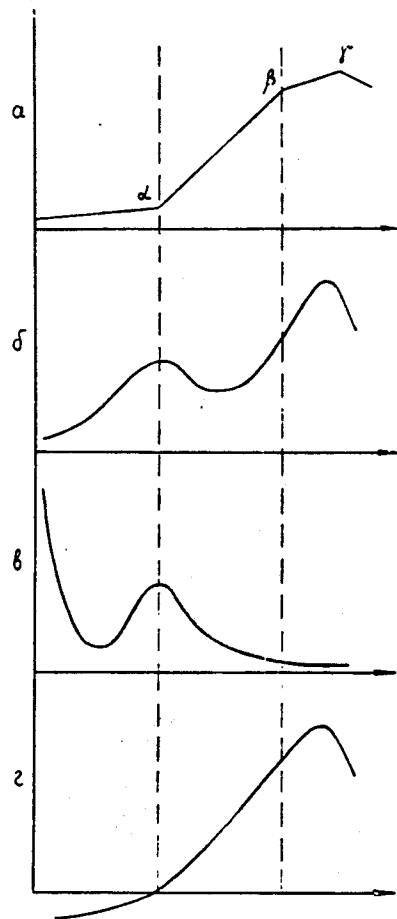


Теоретически пока кривая A' поднималась вверх к уровню 1, кто-то должен был развивать техническую систему B' так, чтобы ее точка подъема α_B совпадала с точкой β' кривой A' и был обеспечен постоянный бесступенчатый подъем. На самом деле реальная кривая B'' начинает ощутимо подниматься только тогда, когда кривая A'' поднялась выше уровня 2 и приблизилась к уровню 3 (пример: работа над «чистым» автомобилем). А быстрый подъем кривой B'' происходит лишь после того, как кривая A' миновала точку γ' и пошла на спад.

На фиг. 12,а изображена уже знакомая нам «жизненная кривая» технической системы. Интересно сопоставить этот график с кривыми, характеризующими чисто изобретательские показатели.

На фиг. 12,б показана типичная кривая изменения количества изобретений, относящихся к данной технической системе. Первый пик соответствует точке α (на графике 12,а): число изобретений увеличивается в период перехода к массовому применению системы. Второй пик обусловлен стремлением продлить жизнь системы.

Изменение уровня изобретений отражено на фиг. 12,в. Первые изобретения, создающие основу технической системы, всегда



Фиг. 12

высокого уровня. Постепенно уровень изобретений снижается. Пик на графике соответствует изобретениям, которые обеспечивают системе возможность массового использования. За этим пиком — спад: уровень изобретений неуклонно снижается, приближаясь к нулю. А тем временем появляются новые изобретения высокого уровня, относящиеся к системе Б.

Наконец, на графике 12,г показано изменение средней эффективности (практической отдачи, экономии, «полезы») от одного изобретения в разные периоды развития технической системы. Первые изобретения, несмотря на их высокий уровень, не дают прибыли: техническая система существует на бумаге или в единичных образцах, в ней много мелких недостатков и недоработок. Прибыль начинает появляться после перехода к массовому применению. В этот период даже небольшое усовершенствование дает большую экономию.

Можно привести такой пример. Сотрудники Института электросварки им. Е. О. Патона заменили пайку бокового вывода к цоколю лампы автоматизированной сваркой. Казалось бы, какая тут экономия, если

на пайку шла лишь маленькая капля олова... Но выяснилось, что за год только на одном заводе можно сэкономить около 20 тонн припоя. А в целом по стране экономия составляет миллион рублей! Изменение очень небольшое, лампа осталась в сущности прежней лампой — с низким коэффициентом полезного действия и малой надежностью. Но миллион рублей сэкономлен.

Авторское вознаграждение зависит от суммы экономии, поэтому мелкие усовершенствования старых технических систем оплачиваются намного лучше, чем новаторские предложения по новым системам. Научная организация изобретательской творчества неизбежно потребует перестройки самих принципов планирования, реализации, оценки и оплаты изобретений. Основой для правильного решения этих вопросов должны стать объективные закономерности развития технических систем.

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

Почти всегда есть возможность собрать сведения о ходе предыдущего развития и построить график изменения одного из главных показателей системы (скорость, производительность, мощность, точность и т. д.). Тут могут быть три случая:

1. *Техническая система еще не дошла до точки а.* В этом случае вопрос заключается в обнаружении точки а. Типичная ошибка состоит в том, что эту точку пытаются прогнозировать, исходя из возможностей развития данной технической системы. На самом деле точка а для данной технической системы наступит не раньше, чем начнет «вымирать» предшествующая техническая система, существование которой сдерживает развитие молодого «конкурента». Так, например, «послеавтомобиль» (т. е. техническая система, которая сменит автомобиль) сможет интенсивно развиваться лишь тогда, когда развитие автомобиля дойдет до физического предела (уровень 3 на фиг. 11). Если бы сегодня в развитие, например, электромотоцикла была вложена одна сотая тех средств и усилий, которые вкладываются в развитие автомобиля, электромотоцикл быстро достиг бы точки а. Но этого не произойдет: автомобиль еще может развиваться между уровнями 1 и 2 — и будет развиваться, хотя развитие идет за счет окружающей среды.

2. *Техническая система прошла точку а, но не дошла до точки б.* В этом случае прогнозирование состоит в определении уровней 2 и 3. В крайнем случае достаточно определить только уровень 3, потому что существует отчетливо выраженная (хотя и прискорбная) тенденция к уменьшению расстояния между уровнями 2 и 3. Определение физических пределов обычно не вы-

зывает особых затруднений: они связаны с объективными и лежащими на виду факторами (например, прочностные свойства материалов, калорийность топлива, различные барьеры — звуковой, тепловой и т. д.).

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

В каждом из этих случаев изобретатель может выбрать два пути. Предположим, выяснилось, что техническая система не дошла до точки α . Изобретатель может заняться усовершенствованием «новорожденной» технической системы. Это многое сулит: из Новой Идеи надо сделать Новую Вещь, а для этого Идея должна обрести крупными изобретениями. Но путь до точки α может оказаться долгим, даже очень долгим — это зависит от жизненных ресурсов предшествующей технической системы (не исключено, что срок ожидания превысит срок жизни). Зато и возможный выигрыш велик: изобретательская слава достается прежде всего тем, кто сделал практически пригодную Новую Вещь. О тех, кто высказал (и даже запатентовал) Новую Идею, вспоминают много позже.

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

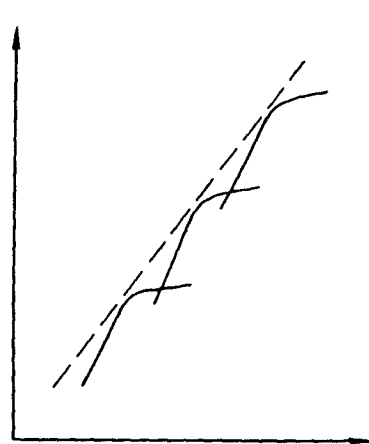
Проблема выбора остается и в том случае, если техническая система бурно развивается на участке от α до β . Для развития на этом участке системе нужны преимущественно небольшие изобретения, но в большом количестве. Почти гарантированный успех, возможность быстро получить десятки авторских свидетельств,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

Самое поразительное, что проблема выбора сохраняется и в тех случаях, когда техническая система стала заведомо старой и даже дряхлой. Тут нет никакой надежды на сколько-нибудь

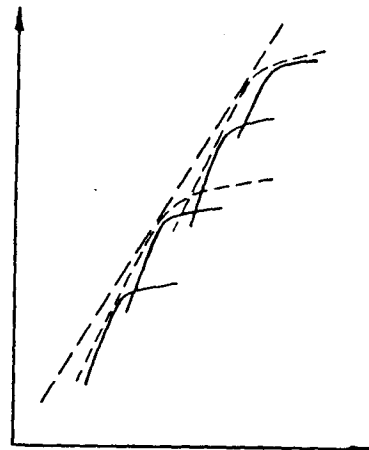
заметный творческий успех: устаревшая система ассимилирует только самые мелкие усовершенствования. Зато можно без особых творческих мук и прочих переживаний накопить сотни авторских свидетельств.

ЭТАПЫ БОЛЬШОГО ПУТИ

Когда на смену паровозам пришли тепловозы, это был типичный случай перехода от одной технической системы к другой. Скачок, почти революция... в области локомотивной техники. Но в развитии надсистемы «железнодорожный транспорт» скачка не произошло: средний темп движения на дорогах медленно и плавно повысился, только и всего. Схематически это можно показать так (фиг. 13): если происходит скачкообразная смена систем



Фиг. 13



Фиг. 14

(сплошные линии), характеристики надсистемы, в которую входят эти системы, меняются плавно — по огибающей кривой (пунктир). Назовем кривые развития систем кривыми первого ранга, а огибающую — кривой второго ранга. Конечно, ранг кривой — понятие относительное. Все зависит от того, с какой системы мы начнем отсчет.

Небольшие отрезки огибающей близки к прямой линии, но если проследить развитие кривой второго ранга за достаточно большой промежуток времени, можно обнаружить, что эти кривые тоже имеют S-образную форму и тоже образуют ступенчатые

переходы (фиг. 14). К нескольким таким кривым, в свою очередь, можно провести огибающую — кривую третьего ранга, характеризующую развитие наднадсистемы.

В развитии систем высших рангов проявляется интересная закономерность: чем выше ранг системы, тем больше сходство между системами разных видов — в науке, технике, искусстве и т. д. С увеличением сложности системы все большую роль начинают играть ее системные свойства. Скажем, авиационный мотор и химия имеют мало общего; то и другое — системы, но сильно отличающиеся по рангу. А вот авиация и химия — системы примерно одного уровня (хотя авиация входит в надсистему «техника», а химия — в надсистему «наука»), поэтому в их развитии много общего.

Как развивается химия? Историки науки¹ различают четыре этапа в развитии химии. Первоначально химия была наукой о составе веществ. Изучить вещество — в тот период значило определить его состав. Свойства вещества полностью объяснялись его составом. В дальнейшем, однако, оказалось, что у органических веществ — при огромном многообразии свойств — состав примерно одинаковый (углерод, водород, азот и еще несколько элементов). Начался второй этап: при исследовании того или иного вещества надо было не только определить, из каких атомов построена его молекула, но и понять структуру молекулы. Выяснилось, что одни и те же атомы могут образовывать различные пространственные структуры (изомерия, стереоизомерия).

На этих первых двух этапах молекула рассматривалась как нечто постоянное. Третий этап состоял в том, что при объяснении свойств веществ начали учитывать динамику молекул, их изменение и «поведение» во времени и в среде. Структура молекул, ранее представлявшаяся жесткой, неизменной, на этом этапе рассматривается как нечто меняющееся, зависящее от внешних условий — «поведения» других молекул, действия катализаторов и растворителей, влияния стенок сосуда и т. д. Например, свойства молекулы гемоглобина удалось объяснить только тогда, когда приняли во внимание, что структура молекулы динамична, подвижна. Эта огромная молекула включает около десяти тысяч атомов, четыре белковые цепочки, свернутые вокруг красного вещества — гема. И достаточно этому гиганту присоединить четыре молекулы кислорода, как объем и форма молекулы гемоглобина резко меняются.

¹ В. И. Кузнецов. Случайность научных открытий и закономерности развития химии. — Ж. Всесоюз. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева. 1977, № 6, т. 22, с. 618—628.

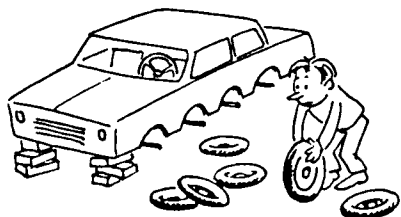
Ныне химия переходит к четвертому этапу: химики начинают рассматривать не просто «поведение» молекул в процессе реакций, а эволюцию, развитие и саморазвитие молекул, длительные и многозвенные цепные реакции.

Через такие же этапы прошло и развитие физики, астрономии, географии и других наук. Сначала в центре внимания находится вопрос: что это такое? Затем: как это устроено? Далее: как это меняется при взаимодействии с внешней средой? И наконец: как это эволюционирует? Тут очевидная логика последовательности познания: не раскрыв, что это такое, нельзя решить вопрос — как это эволюционирует.

Аналогичные четыре этапа отчетливо просматриваются и в развитии технических систем, например авиации. Сначала стоял вопрос: что такое летательный аппарат вообще, в принципе? Из чего он должен состоять? Крылья плюс двигатель или крылья без двигателя? Какие крылья: неподвижные или машущие? Какой двигатель: «человеческий», паровой, ракетный, внутреннего сгорания? Наконец, была найдена формула летательного аппарата: неподвижные крылья плюс двигатель внутреннего сгорания. Начался второй этап — поиски оптимальной конструкции. Сколько крыльев: триплан, биплан, полутороплан, моноплан? Как расположены крылья относительно корпуса: сверху, снизу, на уровне корпуса? Где находятся рули: впереди или сзади? Где моторы и сколько их? Винты толкающие или тянущие? Сколько колес у шасси, как они размещены? К концу этого этапа определилась классическая схема самолета. На третьем этапе началась динамика этой схемы: появились убирающиеся шасси, меняющееся крыло с предкрылками и закрылками, позже — крылья с меняющейся стреловидностью и поворотные крылья для взлета без разбега, откидной нос Ту-144. Динамичность особенно ярко проявилась в ракетно-космических летательных аппаратах: отброс ступеней при взлете, разворачивание системы на орбите, отделение спускаемого аппарата и т. д. Возможно, это следует рассматривать уже как переход к четвертому этапу: изменения ракетно-космических систем необратимы, это похоже на эволюцию. Правда, «чистая» эволюция должна идти не под влиянием жесткой и заранее заданной программы, а в результате взаимодействия с окружающим миром. Такого рода космические корабли пока встречаются только в фантастических романах.

Аналогичные этапы видны и в истории автотранспорта. Сначала шел поиск «состава»: что такое автомобиль в принципе? Педальный двигатель плюс коляска? Паровой двигатель плюс коляска? В 1902 году французский инженер Леон Серполле построил паровой автомобиль, развивавший скорость в 120 км/час —

это был мировой рекорд скорости... И все-таки у автомобиля оказался иной «состав»: двигатель внутреннего сгорания и коляска. Начался второй этап — поиски структуры. Сколько должно быть колес? Три колеса, как в коляске Бенца, или четыре, как в коляске Даймлера? Может быть, шесть колес, как в американском «гардинг-пульмане» выпуска 1903 года? Или даже восемь, как в «октоуато» изобретателя Ривза? А если всего два колеса, как в «гидрокаре» инженера Шиловского?.. Допустим, четыре колеса. Но их тоже можно расположить по-разному, не только прямоугольником, но и ромбом: одно впереди, два посередине, одно сзади — были и такие автомобили. А сколько возможных вариантов при выборе размеров колес! И множество других вопросов: где, например, держать груз — впереди или сзади водителя?.. В третий



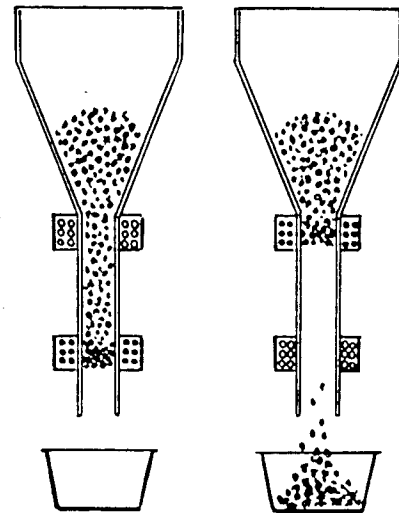
этап автомобиль только-только вступает: правда, самосвалы появились уже давно, но большинство «динамизирующих» изобретений пока еще остается на бумаге, в патентах и авторских свидетельствах.

При создании новых и совершенствовании имеющихся технических систем необходимо учитывать последовательность этапов. Иначе неизбежны неудачи. Нельзя, например, переходить с первого этапа на третий, минуя второй. В конце 20-х годов конструкторы начали создавать «динамичные» танки: по дорогам они двигались на колесах, а по бездорожью — на гусеницах. Между тем, танки еще не прошли второй этап, была еще неясна их структура. Сколько должно быть башен — одна (Т-34) или много (пять башен на Т-35)? Как расположить вооружение — в один ярус или в несколько? Каков оптимальный размер танка и что сильнее — много танкеток или один супертанк? Эти вопросы еще не были решены, и преждевременно появившиеся «динамичные» танки оказались неудачными.

Если система находится на первом этапе, нельзя переходить к массовому внедрению. Если система не вступила в третий этап, нельзя образовывать из системы надсистему. В 30-е годы делались попытки составить надсистему из самолетов: под крыльями тяжелого бомбардировщика укреплялись истребители, а другие истребители размещались на крыльях.

Чем выше ранг технической системы, тем четче проявляется «четырёхэтапность» развития. Но и в системах невысокого ранга часто просматриваются переходы с одного этапа на другой. Можно привести такой пример. В 1966 году три изобретателя получили авторское свидетельство № 235 856 на дозатор для ферромагнитных материалов (фиг. 15), состоящий из воронки, трубки и двух электромагнитов. Если выключить верхний электромагнит и включить нижний, дозируемые детали (гайки, шарики и т. д.) заполняют трубу до нижнего электромагнита. После этого нужно включить верхний электромагнит и выключить нижний — из дозатора выпадут те детали, которые находятся между магнитами. Прошло пять лет, и вот трое других изобретателей внесли усовершенствование: по авторскому свидетельству № 312 810 «магнитные клапаны выполнены подвижными относительно друг друга...», что позволяет регулировать дозу передаваемого материала. Изобретение вполне могло быть сделано на пять лет раньше.

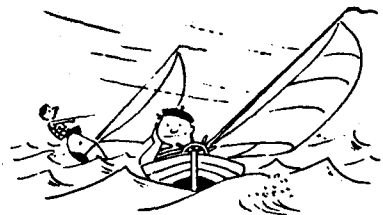
Интересно разобраться, почему были потеряны эти пять лет. Дело в том, что до изобретения по авторскому свидетельству № 235 856 существовали дозаторы с механическим перекрытием: в трубе, идущей от воронки, сделаны вырезы и в эти вырезы вставлены металлические заслонки. Вдвигая и выдвигая заслонки, производили дозировку. Расстояние между такими заслонками



Фиг. 15

нельзя сделать регулируемым, во всяком случае, это связано с существенным усложнением конструкции. Когда же перешли к заслонкам электромагнитным, психологическая инерция заставила сохранить старую — жесткую, нерегулируемую — форму дозатора, хотя магниты можно было легко передвигать.

Против психологической инерции недостаточно только психологических средств, например призывов помнить о существовании инерции. Единственно надежное средство — знание и применение законов развития технических систем.



Дозатор — одна из очень многих небольших технических систем. Да и пять лет — не такая уж большая потеря. Бывают потери намного больше.

Во французском патенте № 2 087 026 предложено сделать динамичной мачту парусного судна: мачта крепится к корпусу не жестко, а подвижно, и удерживается в вертикальном положении грузом, прикрепленным к нижней части мачты. При резком порыве ветра такая мачта наклоняется, не наклоняя судна и не грозя его опрокинуть. Реализация этого изобретения была возможна и тысячу лет назад. Трудно подсчитать, сколько парусных судов могло уцелеть за это тысячелетие. Наверное, мореплаватели стали бы смелее уходить в море и вся история великих географических открытий выглядела бы чуть-чуть иначе.

* * *

Когда читаешь о законах развития технических систем, все кажется в общем логичным и простым. Но стоит обратиться к конкретной задаче — и законы забываются, вытесненные старыми представлениями. Мы с детства привыкли считать, что чем мощнее машина, тем лучше. А законы вносят поправку: машина — это плата за определенный результат, и желательно, чтобы эта плата была как можно меньше. В идеале платы вообще не должно быть, хотя результат должен быть получен... Здравый смысл подсказывает: нужно закрыть шлаковый ковш крышкой? Пожалуйста, сделаем крышку. Поставим кран, чтобы ее поднимать и опускать. А законы тянут в другую сторону: нет, никаких кранов, нужна невесомая крышка, сделанная «из ничего», но все-таки задерживающая тепло не хуже любого теплоизолятора.

Законы увлекают в необычный мир парадоксального мышления, мир, населенный идеальными системами «из ничего», мир, где обходные пути короче прямых и где вопреки здравому смыслу одно и то же вещество может быть одновременно горячим и холодным, подвижным и неподвижным, проницаемым и непроницаемым...

Законы развития технических систем необычны, но, пожалуй, еще необычнее те дальние следствия, к которым неизбежно приведет открытие и изучение этих законов. Если жизнь технических систем подчинена законам, значит, с момента появления новой системы можно составить план ее развития, заранее определив, какие законы предстоит пройти системе и какие задачи возникнут на том или ином этапе. Скажем, для зрелой системы типичны конфликты с окружающей средой. Почему не учесть это заранее? В 20-е годы никто не думал, что быстрый рост числа автомобилей и увеличение мощности их двигателей приведут к загрязнению атмосферы

в городах. Сейчас приходится решать неотложные задачи, а можно было начать решать их полвека назад. Аналогичная ситуация складывается с лазерной техникой. Сегодня она молода, квантовые генераторы сравнительно малочисленны и слабы. Но квантовая оптика находит все новые и новые применения, мощность генераторов быстро растет. Между тем, при высокой мощности лазерный луч вызывает химические реакции в воздухе, образуются вредные соединения. Значит, уже сегодня надо предвидеть, ставить и решать задачи по предупреждению практически пока незаметного лазерного загрязнения атмосферы.

Что такое типичная изобретательская задача? Увеличиваются параметры системы, растет число систем, появляется необходимость расширить функции системы — и вдруг возникает задача, которую надо срочно решать. Увеличили высоту дымовых труб, подняли трубы до облаков... и спохватились: оказывается, надо трубы закрывать и открывать, а как это сделать при такой высоте — никто не знает... Мы словно нарочно ждем, пока возникнет «болезнь», именуемая задачей, и, потеряв уйму времени, начинаем поспешно бороться с ее обострением. Само понятие «изобретательская задача» отражает неэффективный способ развития технических систем. Плохо решать задачи методом проб и ошибок, лучше, если задачи решаются по АРИЗ. Но и АРИЗ должен уступить место перспективному проектированию развития технических систем.

Недалеко время, когда изменится само понятие «изобретение». Исчезнет «мелочь», составляющая сейчас 95% «добычи». К изобретениям будут предъявляться иные требования. Мало придумать, скажем, «аппарат для прохождения сквозь стены». Нужно дать прогноз основных этапов развития новой системы, указать для всех этапов типичные проблемы и наметить подходы к их решению, заранее увидеть конфликты, возможные при массовом применении «стенопроходов». Такая работа не под силу одному человеку. Тут придется трудиться большому коллективу, вооруженному теорией развития технических систем.

В следующей главе мы вернемся в сегодняшний день и снова займемся конкретными вопросами решения изобретательских задач. Но будем помнить, что научно-техническая революция уже ворвалась в область «озарений», «счастливых случаев», «прирожденных способностей». Производство новых идей, относящихся к развитию технических систем, неизбежно станет индустрией, основанной на точной науке.

САГА О СТАНДАРТАХ

О ТОМ, КАК НЕПРОСТЫ ПРОСТЫЕ ПРИЕМЫ

Путешествие вглубь теории мы начали с простого факта: существуют приемы, позволяющие получить идеи новых технических систем. Казалось бы, именно приемы должны стать основными инструментами АРИЗ. Но в тексте АРИЗ список приемов и таблица их применения играют вспомогательную роль. Теперь, зная законы развития технических систем, мы можем глубже разобраться в вопросе о приемах. Чтобы получить список типовых приемов, пришлось один раз терпеливо перебрать десятки тысяч изобретений высших уровней. Казалось бы, остается лишь использовать эти простые приемы.

Однако все не так просто. Прежде всего, мы теперь знаем, что технические системы проходят четыре этапа развития. Этапы — нечто вроде возраста системы. А раз так, то на каждом этапе должны быть свои характерные приемы. Действительно, 40 основных приемов можно разделить на четыре группы, соответствующие четырем этапам. Получается, что должно быть четыре списка приемов и четыре таблицы их применения. Заманчивая простота начинает понемногу исчезать...

Но это еще не все. Поскольку технические системы развиваются, переходя с макроуровня на микроуровень, каждый прием может быть использован при трех различных обстоятельствах:

1. Система была на макроуровне и после изменения осталась на макроуровне. Схематически: М — М.
2. Система была на макроуровне, но в результате изменения перешла на микроуровень. Схематически: М — м.
3. Система была на микроуровне и после изменения осталась на микроуровне. Схематически: м — м.

Четвертый случай (м — М) можно не рассматривать, он противоречит закону перехода с макроуровня на микроуровень: такие технические решения регрессивны.

Сравним три изобретения:

Авторское свидетельство № 291 823: «Грузовое судно, содержащее корпус с танками для перевозки наливных грузов и верхней палубой, над которой на опорах приподнята платформа для перевозки сухогрузов, отличающееся тем, что, с целью сокращения длительности грузовых операций и исключения простоев из-за неблагоприятных погодных условий путем отделения платформы от корпуса и разделения грузовых операций на них как по месту, так и по времени, опоры платформы разъемно соединены с верхней палубой корпуса судна, вставлены в гнезда и зафиксированы стопорами».

Авторское свидетельство № 224 743: «Двухфазное рабочее тело для компрессоров и теплосиловых установок, состоящее из газа и мелких частиц твердого тела, отличающееся тем, что, с целью дополнительного сжатия газа в холодильнике и компрессоре и дополнительного расширения в нагревателе, в качестве твердой фазы использованы сорбенты с общей или избирательной поглощательной способностью».

Авторское свидетельство № 282 342: «Применение в качестве рабочего тела для контуров бинарного цикла энергетической установки химически реагирующих веществ, диссоциирующих при нагревании с поглощением тепла и уменьшением молекулярного веса и рекомбинирующих при охлаждении к исходному состоянию».

Если корабль нагружен «в два этажа» — грузы заполняют корпус и лежат над корпусом, на палубе, — разгрузку приходится вести в два этапа: сначала снимают грузы с палубы, затем разгружают то, что находится внутри корпуса. Суть первого изобретения в том, что корабль сделан разъемным (принцип дробления): палуба может быть отделена от корпуса. Корабль вводят в узкое пространство между двумя причалами, крепят палубу с двух сторон к этим причалам, и палуба вместе с лежащими на ней грузами остается на месте, а корпус уходит к другим причалам. Потом эти две части вновь соединяют (принцип объединения).

Во втором изобретении также использованы принципы объединения и дробления. В обычной смеси газа и мелких твердых частиц нет взаимодействия между газом и этими частицами. Суть изобретения в том, что такое взаимодействие вводится: при увеличении давления газ и твердые частицы соединяются, а при уменьшении давления — разъединяются. Смесь приобретает способность дополнительно поглощать и выделять энергию — повышается коэффициент действия компрессоров и теплосиловых установок.

В первом изобретении дробление и объединение использованы на макроуровне (переход $M - M$), во втором — совершен переход на микроуровень ($M - m$): молекулярные силы на поверхности твердого вещества действуют на молекулы газа. Третье изобретение во всем подобно второму, но сделано позже. Степень измельчения частиц повышена: вместо частиц твердого тела взят газ (переход $m - m$ или $m - mm$, чтобы указать на дальнейшее уменьшение рабочих частиц). Одни и те же операции использованы на трех разных уровнях, и хотя суть операций осталась неизменной, форма их осуществления явно зависит от уровня. На макроуровне дробление и объединение осуществлены техническими средствами. При переходе на микроуровень пришлось использовать физический эффект. Для дальнейшего изменения на микроуровне понадобилось применить химическое явление.

Сопоставляя эти три изобретения, нельзя не отметить еще одну особенность: во всех трех случаях решение задачи обеспечивается сочетанием приема и антиприема (дробление и объединение). Здесь проявляется важнейшее свойство технических систем: их развитие идет через возникновение и преодоление противоречий. Физическое противоречие, как мы уже не раз видели, заключается в том, что один и тот же участок системы должен находиться в двух взаимно противоположных физических состояниях. Какое замочек, таков и ключ: двойственность, присущая задаче, порождает и двойственность операций, необходимых для получения ответа.

В некоторых приемах эта двойственность как бы спрятана. Так, прием № 35 предписывает изменение агрегатного состояния: казалось бы, в чем же здесь двойственность? Но черты двойственности нетрудно обнаружить в каждом конкретном случае использования этого приема. Если, например, твердое тело заменяется жидким, то этим достигается совмещение противоположных свойств, присущих твердому телу и газу; жидкость, подобно твердому телу, имеет постоянный объем, и, подобно газу, — переменную форму.

Есть и такие приемы, которые прямо формулируются в двойственной форме: принцип частичного или избыточного действия, принцип отброса или регенерации частей. Но большинство приемов одинарны, в такой форме они впервые были выявлены. Поэтому следует учитывать, что почти всегда типовые приемы работают парами — прием и обратный ему антиприем.

Для решения некоторых задач требуются и более сложные сочетания приемов. Вспомним, например, задачу 26 о шлифовальном круге для обработки фигурных изделий. Ответ такой: наружный слой круга надо сделать из ферромагнитных частиц,

удерживаемых магнитными силами. Тут целый «букет» приемов. Чтобы получить такой ответ, потребовалось: 1) отделить внешний слой круга от внутреннего; 2) раздробить внешний слой на отдельные частицы; 3) сделать каждую такую частицу ферромагнитной; 4) объединить эти частицы так, чтобы они образовали внешний слой круга; 5) разместить во внутренней части круга магниты, способные удерживать ферромагнитные частицы внешнего слоя. Нужный эффект достигается именно сочетанием всех этих свойств, подобно тому как свойства серной кислоты зависят не от серы, водорода и кислорода в отдельности, а именно от определенного соединения этих элементов.

Когда-то считали, что все вещества вокруг нас состоят из нескольких элементов. Потом стало ясно, что непосредственно с химическими элементами приходится иметь дело лишь в редких случаях. Аргон (или другой инертный газ) действительно состоит из одиночных атомов аргона, т. е. из химического элемента аргона. Зато кислород, водород, азот и т. д. состоят из молекул, представляющих собой пары атомов. Чем сложнее вещество, тем сложнее сочетание атомов, образующих молекулу. Основу химической промышленности составляют соединения, причем девять десятых продукции — это небольшое число наиболее «ходовых» веществ: серная кислота, сода, аммиак и т. д.

Возникает заманчивая идея: нельзя ли выделить столь же «ходовые» сочетания приемов? Для реализации этой идеи потребовался длительный поиск: пришлось заново рассмотреть тысячи и тысячи авторских свидетельств и патентов. Но «ходовые» сочетания удалось найти. И словно в награду за упорство исследователей эти сочетания оказались очень сильными, намного сильнее одиночных приемов.

Получилась пирамида: одиночные приемы, парные приемы (прием и антиприем), сочетания приемов, отобранные сильные сочетания приемов.

Чем ближе к вершине пирамиды, тем больше эффективность приемов. И тем меньше их универсальность. Одиночные приемы не привязаны к определенному классу задач. Мы не знаем, когда надо применять тот или иной прием. Зато каждое сильное сочетание приемов четко нацелено на свой класс задач. Именно поэтому в АРИЗ-77 простые приемы играют скромную роль: они оттеснены сильными сочетаниями приемов, обладающими значительно большей эффективностью и определенностью.

Сильные сочетания приемов получили название *стандартов*. Само название как бы бросает вызов старым представлениям, предлагая четкую формулу для задач, решение которых ищут на ощупь, перебирая бесчисленные варианты.

Звания стандартов удостоиваются лишь те сочетания приемов, которые *гарантируют решение своего класса задач на высоком уровне*. Вот, например, изобретение по авторскому свидетельству № 210 622: «Индукционный электромагнитный насос, содержащий корпус, индуктор и канал, отличающийся тем, что, с целью упрощения запуска насоса, индуктор выполнен скользящим вдоль оси канала насоса». Есть труба, в одном месте на трубу надет кольцевой магнит. Суть изобретения в том, что кольцо сделали подвижным, стало возможным передвигать его вдоль трубы. Таких изобретений множество: патрубок перемещается вдоль гидрораспределителя (авт. св. № 232 160), турбулизатор перемещается вдоль колонки для замораживания горных пород (авт. св. № 244 266), мешалка перемещается вдоль направляющих (авт. св. № 499 939) и т. д. Казалось бы, можно сформулировать стандарт: «Если в технической системе есть некая часть, прикрепленная к трубе, стержню и т. д., сделай эту часть перемещающейся вдоль стержня, — система будет лучше управляться». Однако это не стандарт: на выходе нет изобретений высокого уровня, система несколько улучшается — и все.

Стандартов пока известно немного, менее пятидесяти. Некоторые из них еще испытываются и уточняются, поэтому мы познакомим вас, так сказать, с избранными стандартами. В приложении 3 даны формулировки 28 стандартов. О каждом из них можно было бы написать целую главу: откуда взялся стандарт (обычно первоосновой является тот или иной закон развития технических систем), как он работает, в чем его сущность с позиций вепольного анализа, каковы особенности применения стандарта. Мы ограничимся краткими формулировками, иногда поясняя их примерами и вепольными формулами. Присмотритесь к стандартам: знать 28 стандартов — значит уметь легко решать 28 важных классов изобретательских задач.

Итак, прочитайте приложение 3. А потом мы подробнее расскажем о некоторых наиболее примечательных стандартах.

ХОД ТРОЯНСКИМ КОНЕМ

Троя, как известно, выдержала десятилетнюю осаду. По совету хитроумного Одиссея, греки построили громадного деревянного коня. Внутри коня спрятались отряд вооруженных воинов. Оставив коня, греки покинули лагерь, сделав вид, что снимают осаду и уходят в море. Троянцы бросились в покинутый лагерь и обнаружили там деревянного коня. Добычу доставили в город.

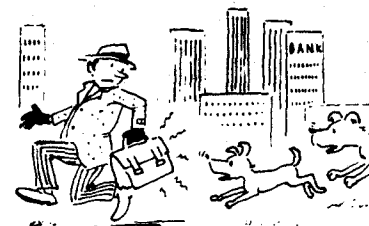
Ночью воины вышли из коня, перебили стражу и открыли ворота вернувшимся греческим войскам. Троя пала...

Было бы излишним утверждать, что Гомер предвидел появление вепольного анализа, но в истории с троянским конем очень точно отражена одна из важнейших идей вепольного анализа, имеющая первостепенное значение для всей тактики решения изобретательских задач. Задача обычно состоит в том, что какое-то вещество не поддается управлению — не изменяется так, как нам надо, не дает информации о своем местонахождении или состоянии. Безуспешная осада упрямого вещества может длиться годами. Ничего не получится до тех пор, пока не будет использован «троянский конь» — добавка второго вещества, охотно выполняющего то, что нам нужно, и подчиняющего непокорное первое вещество...

Идея «троянского коня» заложена во многие стандарты, например в стандарт 19. Суть этого стандарта в том, что в вещество, плохо поддающееся обнаружению, вводят небольшое количество другого вещества, которое можно легко обнаружить по создаваемому им электромагнитному полю (или по взаимодействию с внешним электромагнитным полем). Этот подход уже знаком нам по задаче 14: в жидкость, используемую в холодильнике, добавляют люминофор и легко обнаруживают места, где просачивается эта жидкость. Неполюсности в холодильнике иногда ищут иным путем: заполняют агрегат жидкостью, а поверхности агрегата покрывают веществом, меняющим окраску при соприкосновении с просачивающейся жидкостью. Здесь тоже сочетание приемов, но, в отличие от стандарта, это сочетание не дает сильного решения: способ громоздкий, малопроизводительный, не поддающийся автоматизации.

При использовании стандарта 19 чаще всего приходится вводить люминофорные и магнитные добавки. Однако в принципе добавки могут быть любые — лишь бы они давали на выходе сильное «сигнальное поле». Например, в США был запатентован (и сразу же внедрен) способ индикации ценных бумаг добавкой веществ, дающих стойкий запах. Если такие бумаги похищены, их легко обнаружить: запах держится несколько лет...

Своеобразными «добавками» могут служить возникающие в веществе трещины, пустоты, пузырьки и т. д. Например, при сварке в металле возникают



микротрещины; по авторскому свидетельству № 415 116 эти трещины обнаруживают, облучая металл ультразвуком и улавливая колебания, отраженные трещинами. Микротрещины появляются в металле и от «усталости», когда на деталь долго действуют знакопеременные нагрузки, — естественно, здесь тоже можно использовать стандарт 19. Пропустим сквозь деталь электрический ток, при появлении трещины сопротивление току начнет возрастать. Интересно, что это изобретение (авторское свидетельство № 246 901) было сделано случайно и опоздало по меньшей мере на полвека...

Ну, а если в веществе возникают не пустоты, а наоборот, плотные вкрапления («антитрещины»)? И в этом случае «добавки» обнаруживают, вводя взаимодействующее с ними поле. Так, по авторскому свидетельству № 305 395 для обнаружения инородных включений в жидкости используют облучение электромагнитными колебаниями сверхвысокой частоты и регистрируют отраженные колебания.

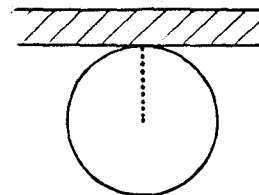
Стандарт 19 часто используют в сочетании со стандартом 17: задачу на измерение сначала переводят в задачу на обнаружение, а затем применяют стандарт 19.

Задача 34. При бурении трубы иногда зажимаются в каком-то месте стенками скважины, происходит так называемый прихват. Чтобы ликвидировать прихват, надо знать, где именно он произошел. Длина колонны труб — километры, а длина участка прихвата — всего несколько десятков метров. Как измерить расстояние до места прихвата?

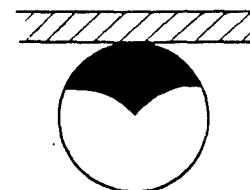
Осуществить измерение, ударяя по трубе и улавливая отраженный сигнал, невозможно: звук не отражается в месте прихвата. Не годятся также способы, основанные на растяжении и скручивании труб: они не обеспечивают требуемой точности, поскольку нельзя учесть ряд факторов, например трение труб о стенки скважины. Невозможно и прямое механическое определение глубины прихвата шупом.

Дана задача на измерение: нужно измерить расстояние от поверхности до места прихвата. Но можно считать, что нам надо обнаружить зажатый участок колонны труб. Тогда задача подпадает под действие стандарта 19. Есть стальной стержень (одно вещество), один участок которого зажат, т. е. переведен в особое состояние (этот участок можно считать вторым веществом). Необходимо ввести поле, меняющееся в зависимости от того, сжат или не сжат участок трубы. Вспомним правило вольного анализа: название нужного физического эффекта получается соединением названий полей на входе и выходе. В данном случае на входе — механическое поле, на выходе, согласно стандарту 19,

должно быть поле электромагнитное, т. е. нужны эффекты механомагнитный, механоэлектрический или механооптический. Поскольку мы имеем дело с ферромагнитным веществом, проще всего использовать механомагнитный (магнитоупругий) эффект. Намагнитим трубы. Практически, конечно, не нужно намагничивать всю колонну; достаточно нанести магнитные метки, скажем, через метр. Сделать это можно уже после прихвата, опустив в скважину простой прибор. Если теперь дернуть колонну труб, то от рывка все метки, расположенные выше места прихвата, размагнитятся, а метки, находящиеся ниже места прихвата, останутся без изменений. Для определения глубины прихвата достаточно теперь опустить внутрь трубы магнитометр (авторское свидетельство № 142 242).



Фиг. 16

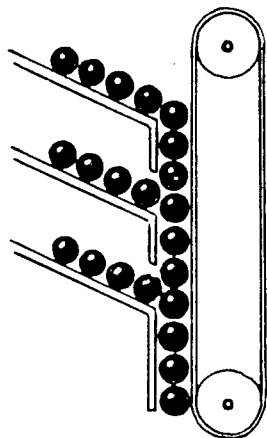


Фиг. 17

Задача 33 об измерении диаметра шлифовального круга относится к совершенно другой области техники, но суть задачи та же самая — измерение длины. Следовательно, можно применить те же стандарты 17 и 19. Нанесем на торец круга ряд меток (фиг. 16). Если к этим меткам подвести ток, то от верхней метки ток пойдет сквозь изделие, импульс будет отмечен прибором. Когда самый верхний слой сотрется, наступит пауза. Потом прибор уловит импульс от второй метки и т. д. Зная количество прошедших по цепи импульсов, можно судить о диаметре круга. Чтобы повысить точность, токопроводящее покрытие («метки») удобнее нанести так, как показано на фиг. 17: чем выше слой, тем больше отношение времени, когда ток идет, к паузе, при которой тока нет. По изменению этого отношения (оно называется скажностью сигнала) можно судить о диаметре круга.

С помощью стандарта 19 легко решается и задача 18 о проверке герметичности стеклянных банок. В ванну, в которую опускают банки, добавлено небольшое количество люминофора. Если крышка негерметична, внутрь банки попадает хотя бы капля воды, то это легко обнаруживается по свечению. Разумеется, используемый люминофор должен быть совершенно безвреден. Способ позволяет автоматизировать контроль и отбраковку банок.

Когда шел поиск сочетаний приемов, у стандарта 13 был обнаружен «конкурент»: оказывается, в изобретательской практике конфликт между подвижным и неподвижным объектами часто устраняют приведением в движение неподвижного объекта. Типичный пример — магазин для подачи круглых заготовок (фиг. 18): для того чтобы заготовки не застревали и для регулирования скорости их подачи, одна стенка магазина выполнена в виде бесконечной ленты (авт. св. № 286 468). Таких изобретений очень много: подвижная стенка в химическом аппарате (авт. св. № 128 812), в емкости для хранения вязких материалов (авт. св. № 298 512), в дозаторе для сыпучих материалов (авт. св. № 501 695)... Существует великое множество аппаратов, в которых хранятся или перемещаются разного рода насыпные грузы. Для управления движением грузов во всех этих аппаратах можно сделать подвижную стенку или ввести внутрь бесконечную подвижную ленту. Казалось бы, это простое правило надо один раз записать в учебниках: «Если в XXI или XXII веках будет проектироваться какой-то аппарат, сейчас еще неизвестный, с сыпучим грузом, сейчас еще тоже неизвестным, конструктор должен знать, что можно использовать принцип подвижной стенки...»



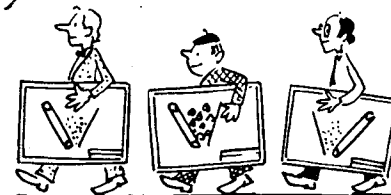
Фиг. 18

Но правила нет, и каждый раз изобретатели заново обнаруживают задачу, ищут ее решение, ждут озарения, потом составляют заявку на изобретение и, волнуясь, ждут, пока эксперты изучат эту заявку... В результате через пару лет появляется очередное авторское свидетельство, похожее на сотни предыдущих. Открываешь «Бюллетень изобретений» и видишь, например, авторское свидетельство № 462 780 на бункер для труб: четыре автора предложили устроить подвижную стенку в виде бесконечной ленты — для лучшей подачи труб. А буквально через страницу — авторское свидетельство № 462 785, выданное двум другим авторам: снова бесконечная лента в бункере — для лучшей подачи сыпучих веществ... Сегодня научная организация изобретательского творчества кажется чем-то необычным, но пройдет время, и нелепым будет представляться нынешняя технология

творчества, при которой общие принципы не фиксируются и каждую идею приходится «перезобретать» тысячи раз...

«Подвижная стенка» — полезный принцип, но стандартом его считать нельзя: магазин, бункеры и тому подобные устройства очень простые, в сущности это обычные ящики.

И если в таких устройствах приходится делать подвижную стенку — это довольно дорогая плата за улучшение работоспособности ящика. Стандарт 13 значительно сильнее, в нем отчетливо просматривается стремление получить решение «без ничего».

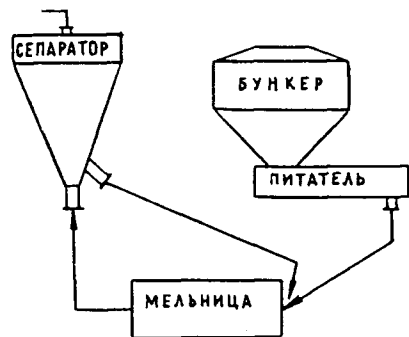


Задача 35. На фиг. 19 показана схема подачи угля к топкам на тепловых электростанциях. Уголь загружают в бункер (емкостью в сотни тонн), откуда топливо подается шнековым питателем в шаровую мельницу. Из мельницы поток воздуха уносит угольную крошку и пыль по трубам. При этом крошка и крупные частицы выпадают и возвращаются в мельницу на вторичный помол, а мелкие фракции пыли поступают в сепаратор, отделяются от воздуха и идут к топкам.

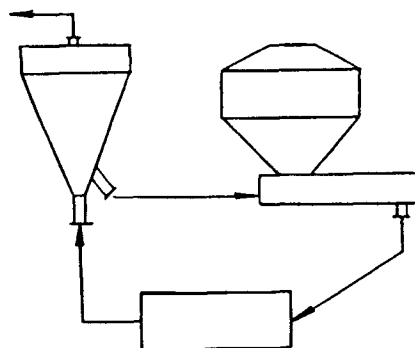
Такая система работает вполне надежно, если поступает уголь с нормальной влажностью. Однако нередко приходится работать на угле с очень высокой влажностью (до 25%). Мокрый уголь забивает питатель, задепляет трубы, ведущие к мельнице. У входа в мельницу образуются отложения «липкого» угля. После помола избыток воды отделяется, но это не спасает положения, поскольку плохая работа подающей части (питателя, труб) приводит к выходу из строя всей системы.

Как быть?

Над решением этой задачи работали во многих странах. Приваривали к шнеку питателя штыри, рассчитывая, что они будут сдирать налипающий уголь. Увеличивали диаметр выходного отверстия бункера, питателя и труб. Пытались сушить уголь, обогревать трубы, приводить систему в колебательное движение... В США попробовали облицевать внутренние стенки системы фторопластом. Мокрый уголь перестал прилипать к стенкам, казалось, задача решена. Но радость была преждевременной: острые куски угля быстро сдирали облицовку...



Фиг. 19



Фиг. 20

Вот типичная запись решения этой задачи, сделанная на одном из семинаров по АРИЗ. Автор — молодой инженер. Время на решение (вместе с записью) — 18 минут.

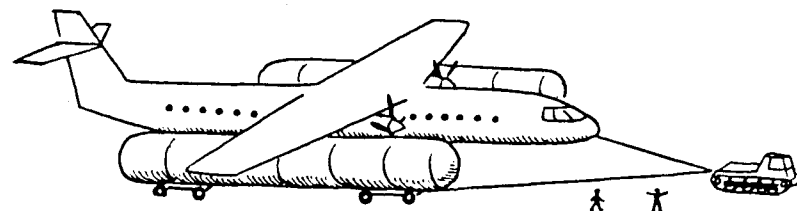
«Задача решается по стандарту 13. Между углем и стенками трубы нужно ввести третье вещество, являющееся видоизменением либо металла, либо угля. Точнее — металла, угля и воды, потому что уголь мокрый. Ответ очевиден: если мокрый уголь прилипает к металлу, а сухой не прилипает, надо ввести между стенками трубы и мокрым углем прослойку из сухого угля. Для этого можно использовать сухую крошку и крупную пыль, отводимую на вторичный помол».

Решение совершенно точное. Угольная крошка и крупная пыль должны быть отведены к питателю (фиг. 20). Сухой угольный порошок покроет влажные комки угля, и мокрый уголь в «сухой упаковке» свободно пройдет в мельницу.

«Изюмника» стандарта 13 в том, что третье вещество, разрушающее ненужный веполь, в большинстве случаев бывает даровым или весьма доступным, поскольку в роли этого вещества выступает одно из имеющихся веществ (иногда — оба имеющихся вещества). Но и в тех случаях, когда третье вещество вводится извне, оно обычно очень недорого.

Интересна в этом смысле задача 27 о транспортировке тяжелого самолета, совершившего вынужденную посадку. С первого взгляда видно, что задача решается стандартом 13. Весь вопрос в том, что именно использовать в качестве третьего вещества. Чтобы самолет не соприкасался с грунтом, нужно ввести какую-то прослойку. Главное требование к этой прослойке: ее должно быть много (самолет большой), и потому она должна быть пре-

дельно дешевой. Это — стандарт 25. Мы уже встречали задачу, в которой требовалось, чтобы вещества было много (для заполнения большого объема) и вещества не было совсем (во избежание хлопот с доставкой и расходов). Это — задача 6 о крышке для дымовой трубы. Одинаковые физические противоречия одинаково преодолеваются, хотя задачи относятся к совершенно различным отраслям техники. Французский изобретатель Александр Кэйр запатентовал во многих странах (патент СССР № 320 102) надувные оболочки: их легко доставить к месту аварии и наполнить воздухом, после чего они бережно приподнимут самолет под крылья (фиг. 21); в нижней части баллонов укреплены катки или колеса. Изобретение изрядно запоздало: необходимость в нем возникла еще в 30-е годы, с появлением тяжелых самолетов.



Фиг. 21

В формулировке стандарта 13 речь идет о вредных явлениях при соприкосновении подвижного и неподвижного веществ. Однако стандарт можно распространить и на случай соприкосновения неподвижных объектов. Правда, выходить за границы прямой применимости стандарта надо осторожно...

Задача 36. Из статьи в журнале: «Нефть — жидкость весьма беспокойная. Ей тесно в плену трубопровода и резервуаров. Она стремится вырваться из этого плена. Правда, не все части нефти единодушны в своем стремлении. Наиболее нетерпеливыми и резвыми являются ее легкие фракции. Они улетучиваются моментально, едва их только помещают в резервуар. Научиться удерживать нефть — труднейшая и очень важная задача современной техники. Ведь сколько народных средств буквально улетает на ветер!»

Неужели нельзя никак предотвратить чудовищное распыление ценнейшего продукта?

Сотни институтов и лабораторий во всем мире занимались и до сих пор занимаются этой проблемой. Тысячи ученых и ин-

женеров пытаются уберечь свои страны от гигантских убытков. Много было придумано разных конструкций, но все они в принципе — и металлических понтоны, и крыши, и полые микробаллоны, плавающие внутри резервуара на поверхности нефти, — имели существенные недостатки. Они легко подвергались коррозии, были недостаточно герметичными.

Шли годы. Ученые и инженеры проделывали массу опытов, мучительно добиваясь эффективного решения. Нефть из резервуаров продолжала улетучиваться, и вместе с ней летели на ветер многие миллионы рублей.

И вот несколько лет назад горизонты этой проблемы неожиданно прояснились. Советским химикам пришла в голову до невероятности простая идея...

Итак, задача состоит в том, чтобы найти эту «до невероятности простую идею», которую годами искали сотни институтов и лабораторий.

Применим стандарт 13. Между жидкостью и газом надо ввести прослойку, являющуюся видоизменением газа, жидкости или того и другого. Тут только три возможности:

- Использовать видоизмененный газ, т. е. превратить его в жидкость или твердое вещество (отпадает, поскольку для такого экрана потребуется поддержание очень низких температур);

- Использовать видоизмененную жидкость, т. е. сделать экран из газа или твердого вещества (газ не задержит испарения, а твердое вещество отпадает по приведенным выше причинам);

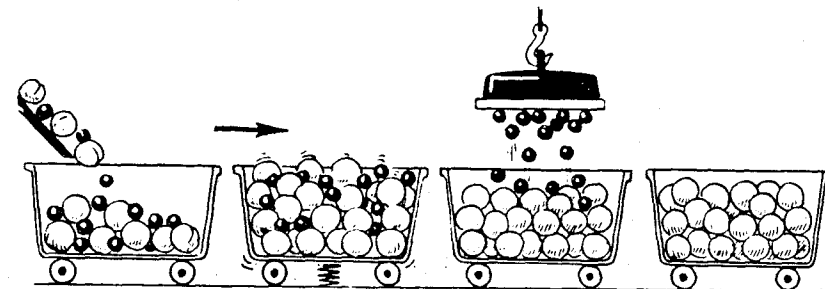
- Использовать смесь газа и жидкости, т. е. пену (подходит, если пена, во-первых, не будет испаряться и, во-вторых, не будет портить хранящуюся в резервуаре нефть).

Итак, ответ: экран надо сделать из пены. Это, кстати, согласуется и со стандартом 25. Остается выяснить, какая именно нужна пена. Если пена нефтяная, некоторые потери нефти все-таки неизбежны: испарение будет идти с поверхности пены. Следовательно, пену надо сделать из постороннего вещества, не смешивающегося с нефтью. Читатель, вероятно, помнит старое правило (мы рассказали о нем при разборе задачи 24): подобное растворяется в подобном. Нам надо, чтобы пена не растворялась в нефти (веществе органическом), поэтому пену придется сделать из неорганической жидкости с более высокой, чем у нефти, температурой кипения (чтобы пена мало испарялась). Простейшая неорганическая жидкость — вода. Почему бы не попробовать экран из обычной мыльной пены? Так и была решена эта задача на практике.

С теоретической точки зрения, тут любопытный нюанс. Физическое противоречие то же самое, что и в задаче 6 о дымовой трубе и в задаче 27 о самолете: надо иметь много вещества для образования экрана и нельзя иметь много вещества, поскольку из-за него возникают разные неприятности (повышается стоимость, усложняется оборудование и т. д.). Но в задачах 6 и 27 действие развивается на макроуровне, а в задаче 36 — на микроуровне. Поэтому пневмоконструкции, используемые в ответе на задачу 36, должны быть на микроуровне. Пена и представляет собой такую конструкцию: она сделана из оболочек молекулярной толщины. Нам еще придется вернуться к этой интересной особенности.

Ну, а теперь — задача, которую вы мгновенно решите... наполовину.

Задача 37. По лотковому конвейеру в картонные ящики скатываются персики. Ящики находятся на вибростоле: вибрация позволяет плотнее уложить персики. К сожалению, не удается сделать так, чтобы конец лотка поднимался по мере заполнения ящика, оборудование недопустимо усложняется. Поэтому персики падают в ящик с некоторой высоты, ударяются (сначала о дно ящика, а в дальнейшем друг о друга) и бьются, портятся. Как быть?



Из десяти инженеров, незнакомых с АРИЗ, восемь начинают придумывать устройства, поднимающие пустой ящик к лотку и опускающие ящик по мере его заполнения. Но в условиях задачи отмечено, что поднимать и опускать лоток сложно; как же можно рассчитывать, что поднимать и опускать ящик окажется проще?.. Из десяти инженеров, знающих АРИЗ, все десять сразу говорят: между соударяющимися персиками должен быть видоизмененный мягкий «персик». Таким «персиком» могут быть, на-

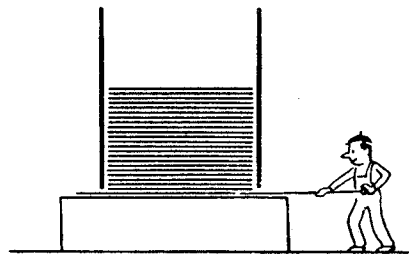
пример, эластичные шарики. Благодаря вибрации эти легкие шарики все время будут находиться над перепонками, встречая удары падающих сверху плодов.

Задача решена, но мы рассмотрели только один цикл — заполнение одного ящика. Вот ящик заполнен, шарики поднялись выше стенок и куда-то упали. А следующий ящик? В АРИЗ-77 есть шаг (5.1), настоятельно требующий видоизменить ответ так, чтобы он годился и для работы, при которой циклы повторяются один за другим.

В сущности, предстоит решить новую задачу: «В условиях, описанных в задаче 37, стали использовать защитные шарики. Но собирать их после заполнения ящика и засыпать в следующий ящик приходится вручную. Как быть?»

И снова восемь из десяти инженеров, не знающих АРИЗ, начинают проектировать механические уловители шариков, систему возвращения шариков в накопитель и новую подачу их через дозатор. А десять из десяти инженеров, знающих АРИЗ, сразу используют стандарт 11:

«Нужно добавить в каждый шарик кусочек ферромагнитного вещества. Над ящиком установить электромагнит. Когда шарики поднимутся, электромагнит подхватит их, удержит. Ящик уберут, поставят новый, выключат электромагнит и «десант» шариков прыгнет вниз, готовый встретить перепонки...»



Фиг. 22

Задача 38. В автоматической линии для штамповки динамной стали работает магазин, накапливающий заготовки и поштучно их выдающий. Магазин (фиг. 22) представляет собой коробку, в которую сверху поступают заготовки — плоские стальные листы толщиной 0,5—1,0 мм. Внизу коробка имеет щель, достаточную, чтобы пропустить нижнюю заготовку, выталкивает эту заготовку шибер (толкатель). Недостаток устройства: заготовки слипаются друг с другом, устройство заклинивается, выходит из строя. Как быть?

Эта задача переносит нас в область, весьма далекую от упаковки перепон, но и здесь действует уже знакомое нам сочетание стандартов 13 и 11. Сверху подают стальные шарики — так,

чтобы они по 3—4 штуки располагались между листами. Благодаря шарикам нижний лист легко выталкивается шибером. Для направленного движения шариков в стенках магазина имеются вертикальные магнитные полоски. Шарики, вытолкнутые вместе с нижней заготовкой, возвращаются наверх, в магазин.

НА ВСЕ РУКИ

Не случайно при разборе двух последних задач нам встретились сочетания стандартов 13 и 11. Стандарт 11 с большой охотой присоединяется ко всем другим стандартам. Это вообще довольно активный стандарт: существуют многие тысячи изобретений, зачастую очень оригинальных, сделанных прямо по стандарту 11. О некоторых таких изобретениях мы упоминали, когда сводили в таблицу многочисленных превращения магнитного фильтра. Добавим еще несколько примеров (хотя, наверное, легче было бы перечислить, куда нельзя ввести магнитные частицы):

— После шлифовки на вибрационных установках мелкие детали трудно отделить от абразивных зерен; естественно, задачу решают, заранее придавая зернам магнитные свойства (патент Франции № 1 499 276);

— Если надо разделить удобрение, состоящее из смеси двух веществ, то одному веществу заранее придают магнитные свойства (авт. св. № 430 888);

— Если надо отделить порошок, которым очищают сточные воды, от песка, ила и т. д., порошок заранее придают магнитные свойства (авт. св. № 350 758);

— Если нужно хорошенько перемешать абразивные зерна (это необходимо при их изготовлении, чтобы сгладить острые углы), добавляют ферромагнитные частицы и используют вращающееся магнитное поле (авт. св. № 319 460);

— Точно так же можно перемешивать порошкообразный катализатор, находящийся в жидкой среде (авт. св. № 261 372);

— Если же добавить ферромагнитные частицы в бетонную массу, идущую на упрочнение стенок скважин, то бетон станет прочнее (авт. св. № 503 982);

— В пластмассовый наполнитель, идущий на крепление колонок штампов, тоже для упрочнения можно добавить ферромагнитный порошок (авт. св. № 157 656);

— Даже в чернилах можно добавить ферромагнитные частицы, чтобы чернила под действием электромагнита быстрее выходили

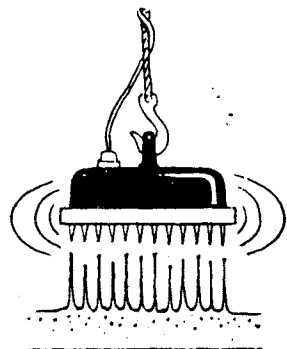
из пишущего устройства телеграфного аппарата (авт. св. № 147 225);

— А если посыпать ферромагнитными частицами стружку, то ее легко ориентировать — это очень важно при изготовлении древесностружечных плит (авт. св. № 307 912).

Наверное, читатель уже давно догадался, что задача 17 об изготовлении ворсистых пластмассовых листов тоже решается по стандарту 11: в расплавленную пластмассу надо добавить ферромагнитные частицы, размещать, а затем взять магнит с ровной поверхностью, «утыканный» иглами, приложить к пластмассе и поднять вверх; за каждой иглой потянется пластмассовый стерженок (авт. св. № 587 183)...

Стандарт 11 настолько вездесущ, что не приходится удивляться появлению группы стандартов, представляющих его дальней-

шее развитие. Вот парадоксальный стандарт 10: если можно добавлять магнитные частицы в немагнитные вещества, то почему бы не добавлять такие частицы в вещества... магнитные? Попробуем говорить: если в системе есть стальные части, почему бы их не намагнитить? Масляный механизм известен очень давно; казалось, ничего нового здесь придумать невозможно. Но вот изысканное изобретение № 518 591 — старый механизм «омагнитчен». Удалось «омагнитить» и еще более старинный инструмент — циркуль: «Циркуль резака для кислородной резки, содержащий штангу с опорным роли-



ком, на одном конце которого закреплен резак, а на другом — центр, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности фиксирования центра в заданном месте обрабатываемого листа, центр выполнен в виде стакана из магнитного материала, в котором размещен подпружиненный кернер» (авт. св. № 586 977).

Добавка ферромагнитного порошка в воду или другую жидкость дает неустойчивую механическую смесь. Но если частицы металла очень малы, образуется устойчивый коллоидный раствор, содержащий до 50 и более процентов порошка. Такой раствор сочетает свойства жидкости, магнетиков и коллоидных растворов. Например, в магнитном поле феррожидкость становится непрозрачной, меняет вязкость, может даже затвердеть. Использование этих физических эффектов лежит в основе стандарта 12.

Размеры и вес современных машин быстро увеличиваются, машиностроителям приходится иметь дело со все более крупными заготовками, деталями, частями машин. Увеличивается и вес оборудования. С этим пытаются бороться, стараясь вести сборку и обработку на воде или же используя подъемную силу поплавков; например, для транспортировки тяжелых стальных листов недавно был предложен поплавок-рольганг — ванна с плавающими в ней шарами. Такие устройства представляют собой наглядное воплощение веполя: поплавок, жидкость и гравитационное поле. Но в этой системе нет элемента, которым можно было бы управлять: плотность жидкости не изменишь, менять размеры или плотность поплавка сложно, гравитационным полем мы пока вообще не умеем управлять. При синтезе системы нарушен один из основных законов развития технических систем — нет элемента, которым можно было бы управлять, поэтому поплавок-устройство не нашло сколько-нибудь существенного применения.

Стандарт 12 указывает выход из тупика: нужно использовать феррожидкость — с помощью магнитного поля можно управлять ее кажущейся плотностью. Фактическая плотность (масса в единице объема) жидкости остается прежней, но архимедова сила, действующая на погруженное в феррожидкость тело, меняется: при небольшом поплавке можно получить большую подъемную силу. Типичный пример — авторское свидетельство № 527 280, приведенное в приложении 3 вслед за формулой стандарта 12. Надо добавить: это изобретение сделано Сашей Ждан-Пупкиным, одним из школьников, зачисленных в порядке эксперимента в Азербайджанский общественный институт изобретательского творчества...

По авторскому свидетельству № 505 819 в гидروприводном насосе используют магнитную жидкость с управляемой под действием магнитного поля вязкостью. В авторском свидетельстве № 463 759 твердеющее магнитное масло работает в тормозе веретена (разумеется, в любом другом тормозе тоже). Можно использовать и жидкости, твердеющие в электрическом поле (взвесь кварцевого порошка в органических жидкостях, например в толуоле). По патенту США № 3 253 200 такой твердеющей жидкостью закрепляют детали при механической обработке. В авторском свидетельстве № 497 144 изложена идея твердеющей оправки для изготовления деталей сложной конфигурации.

Возможности управляемых жидкостей поистине безграничны, поэтому стандарт 12 найдет широкое применение в технических системах завтрашнего дня.

Позже мы вернемся к стандартам и рассмотрим очень важный стандарт 24. А пока — немного практики: порешаем тренировочные задачи на стандарты. Напоминаем: решить задачу — значит указать правило (в данном случае — стандарт), на котором основан ответ. Рекомендуем перед решением внимательно прочитать приложение 3.

И еще одно предупреждение: задачи изложены так, что они понятны и без специальных знаний. Не пугайтесь, если задача относится к незнакомой вам области техники. Однажды Ходжа Насреддин, скрывавшийся под именем мудреца Гуссейна Гуслия, выгнал девушку, попавшую в гарем эмира бухарского. Эмир щедро заплатил Насреддину. Когда Насреддин сказал об этом настоящему Гуссейну Гуслию, тот возмутился: «Как смеешь ты лечить девушек? Что ты понимаешь в болезнях?!» На что Насреддин резонно ответил: «Я ничего не понимаю в болезнях, это так. Но зато я понимаю в девушках...» Ничего страшного, что задача относится к какому-то незнакомому устройству или способу. Или вообще к незнакомой отрасли техники. Смотрите на задачу глазами специалиста по стандартам...

Задача 39. В авторском свидетельстве № 325476 защищено такое изобретение: «Приспособление для прицеливания стрелково-спортивного оружия, преимущественно револьверов и пистолетов, включающее мушку и целик, отличающееся тем, что, с целью облегчения наведения оружия в цель, в нем мушка и целик выполнены из подобных по конфигурации и контрастных по цвету прозрачных светофильтров, размещенных на оружии так, что при прицеливании они кажутся равновеликими».

Какой стандарт здесь использован?

Задача 40. В лаборатории исследуют колебательные процессы в детали, похожей на плоский лист. Для этого деталь посыпается песком и смотрят, где соприкасаются песчинки при возбуждении колебаний. Но вот потребовалось провести такое исследование с образцом, имеющим причудливую криволинейную поверхность. Допустим для определенности, что по форме образец похож на шляпу. На полях «шляпы» песчинки удержатся, а как быть с остальной поверхностью?..

«Приклеить» песчинки нельзя. Они должны быть свободны, чтобы реагировать на колебания. И несвободны — чтобы не падать.

Ваше предложение? На каком стандарте оно основано?

Задача 41. В промышленности распространен способ определения площадок контакта поверхностей при помощи растертых на минеральных маслах красок (берлинская лазурь, кармин и т. д.). Краску наносят на поверхность № 1, потом эту поверхность приводят в соприкосновение с поверхностью № 2 и по распределению пятен краски на поверхности № 2 судят о качестве контакта. Слой краски обычно имеет толщину 3—6 микрон и более. Для поверхностей высоких классов чистоты необходимо применение более тонкого слоя краски. Тонкий же слой краски не дает необходимого контраста границы краска—металл, поэтому резко затрудняется наблюдение за полученным отпечатком.

Надо усовершенствовать описанный способ.

Задача 42. Вот изобретение по авторскому свидетельству № 354297: «Установка для измерения крутящих моментов, состоящая из балансирующей рамы, смонтированной на основании и несущей электродвигатель и редуктор, отличающаяся тем, что, с целью разгрузки подшипников рамы, последняя выполнена в виде полуцилиндрического поплавка, частично погруженного в бассейн с жидкостью».

Могли бы вы сделать следующее изобретение? Какое? На каком стандарте основано ваше предложение?

Задача 43. В астрономических обсерваториях из года в год фотографируют различные участки звездного неба. Со временем накапливаются многие тысячи стеклянных негативов. Чтобы судить о появлении нового или перемещении старого объекта (звезды, кометы, астероида), нужно сравнить новый снимок со старым. На каждом негативе — тысячи беспорядочно расположенных точек. Чтобы найти среди них новую точку (или старую точку, несколько сдвинувшуюся), приходится проделывать чрезвычайно кропотливую работу. Английский астроном Льюис, например, отдал двадцать лет своей жизни исследованию лишь одного участка звездного неба...

Известен прибор (биомпаратор), облегчающий сравнение снимков. Он представляет собой микроскоп с одним окуляром и двумя объективами. Если пластинки одинаковы по масштабу и одинаково ориентированы, то наблюдатель видит их совмещен-



ными. Прибор имеет специальную заслонку, позволяющую закрывать изображение то одной, то другой пластинки. Допустим, обе пластинки совершенно идентичны (нового объекта на последнем снимке нет); наблюдатель смотрит сначала на старое изображение, затем совмещает старое изображение с новым; никаких изменений в поле зрения при этом не происходит. Но если на последнем снимке есть новый объект, то при совмещении в поле зрения всплывает черная точка. Наблюдатель несколько раз подряд закрывает и открывает последний снимок: искомая точка должна появляться и исчезать. Мигающую точку в какой-то мере легче обнаружить, чем просто одну новую точку среди сотен старых. Однако и с этим прибором работа идет медленно: наблюдатель устает, ошибается.

Задача состоит в том, чтобы предложить достаточно простой, быстрый, неутомительный и абсолютно надежный способ сравнения снимков.

Задача 44. Для изготовления изделий из порошков используют магнитно-импульсное прессование. Внутри цилиндрического индуктора находится цилиндрическая медная оболочка. Внутри оболочки — порошок. При разрядке батареи конденсаторов в индукторе протекает кратковременный сильный ток. Под действием магнитных сил в медной цилиндрической оболочке возникают большие усилия, оболочка деформируется, сжимается — и прессует порошок, превращая его в плотное цилиндрическое изделие. Все хорошо, но потом возникает необходимость снять медную оболочку, вдавленную в порошок, а сделать это трудно: оболочка плотно сцеплена с поверхностью порошковой трубки. Иногда приходится даже прибегать к электрохимическому удалению медной оболочки.

Как быть?

Задача 45. Для очистки жидкой стали от вредных примесей и неметаллических включений металл перемешивают со шлаком (шлак впитывает примеси). Перемешивание ведут с помощью электрических сил, опустив в сталь два несимметрично расположенных электрода: возникает неоднородное электрическое поле. Поскольку тигель располагается между полюсами электромагнита, сталь, через которую проходит ток, приходит в движение, смешиваясь со шлаком. Чтобы шлак лучше смешивался с металлом, берут шлак, удельный вес которого почти равен удельному весу металла. Обычный (легкий) шлак сам всплывает на поверхность. А тяжелый шлак распределяется после перемешивания по всем объемам металла и очень неохотно всплывает. Если же использо-

вать обычный (легкий) шлак, то перемешивание идет плохо, очистка затягивается надолго и качество очистки получается плохое. Что вы предлагаете? На каком стандарте основано ваше предложение?

ФИГУРЫ ВЫСШЕГО ПИЛОТАЖА

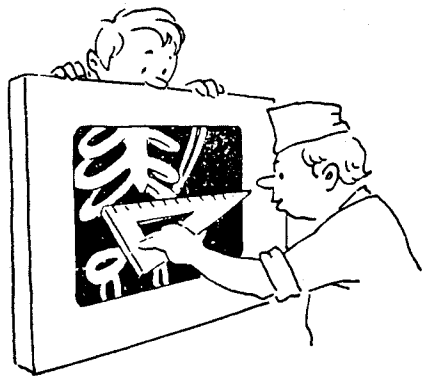
Нетрудно заметить, что «хитрость» стандартов заключается в устранении противоречий обходным путем. Задача говорит: «Это вещество не поддается управлению», — а стандарт отвечает: «Ну и пусть! Мы соединим его со вторым веществом, поддающимся управлению». Иногда обходным путем оказывается переход с макроуровня на микроуровень (стандарт 15). Или же уход в надсистему (стандарт 16).

Чаше всего приходится идти обходным путем, вводя второе (а в стандарте 13 — третье) вещество. Но бывает и так, что теория явно указывает на необходимость введения второго вещества, а в условиях задачи имеется прямое запрещение вводить посторонние вещества. Или же такой запрет подразумевается. Например, если по условиям задачи надо привести во вращение мучную массу, очевидно, что нельзя насыпать в муку ферромагнитный порошок.

Нужны какие-то дополнительные «хитрости», и в какой-то мере они предусмотрены стандартами. Стандарты 11 и 19, например, можно реализовать, используя очень малые количества добавок. В стандарте 13 в качестве добавки часто используется уже имеющееся вещество, лишь слегка видоизмененное. В стандарте 10 в качестве второго вещества выступает часть (намагниченная) имеющегося вещества. Обойти запрет на введение добавок настолько важно, что способы обхода выделены в специальный стандарт 24. Нередко стандарт 24 приходится использовать в сочетании с другими стандартами — это уже своего рода высший пилотаж в применении стандартов.

С некоторыми из восьми способов, входящих в стандарт 24, мы уже знакомы. Так, при решении задачи 24 (металлоплакирующая смазка) был использован седьмой способ, а при решении задачи 23 (нагрев окиси бериллия) — восьмой. Возможно, читатель уже догадался, что в задаче 25 (введение металла в полимер) надо использовать стандарт 24—7. К наружной добавке (стандарт 24—2) мы прибегали при решении задачи 19 (измерение толщины стенок деталей). Стандарт 24—3 пригодился при решении задачи 29 (добавка люминофора в реактив Шпиффа). Вот еще несколько примеров.

Обычный рентгеновский снимок не позволяет определить, на каком расстоянии от поверхности тела находится очаг заболевания. Стереоскопические снимки дают объемное изображение, но и в этом случае измерение приходится вести на глаз: ведь внутрь тела не введешь масштабную линейку! Новосибирский изобретатель Ф. И. Аксенов предложил ввести внутрь тела (путем оптического совмещения) изображение масштабной линейки (в виде решетчатого куба). На совмещенном снимке врач видит линейку, как бы введенную внутрь организма. Здесь применен первый из восьми способов, составляющих стандарт 24. Шестой способ в чем-то обратен первому: используют копию не добавки, а первого вещества (объекта, данного в задаче).



Например, нужно получить набор снимков различных сечений какого-то тела. По авторскому свидетельству № 499 577 изготавливают полную копию этого тела, наплавают внутрь воду, наклоняют модель, чтобы поверхность воды имитировала нужное сечение, и фотографируют.

При проявлении фотоснимков надо удалить из фотоэмульсии оставшийся тиосульфат натрия. Для этого промывают пленку водой.

Но раствор тиосульфата бесцветен. Как определить, что в пленке не осталось тиосульфата? По стандарту 1 надо ввести «сигнальную» добавку. Но в тиосульфат ввести такую добавку практически очень сложно, пришлось бы использовать меченые атомы. Авторское свидетельство № 165 645 предлагает обходной маневр (соответствующий восьмому способу). В раствор вводят краситель. Эмульсия поглощает частицы красителя (берут такой краситель, который не окрашивает пленку и бумагу). Начинается промывка. Скорость вымывания красителя такая же, как скорость вымывания тиосульфата: смывает краситель — значит смывает и тиосульфат...

А теперь задача на стандарт 24.

Задача 46. В станке движется текстильная нить. Она проходит довольно долгий путь и при этом не только обрабатывается, но и вытягивается. Как определить степень вытяжки нити?

Останавливать нить нельзя. Наносить на нить посторонние вещества — тоже нельзя (даже временно и в самых малых дозах). Как быть?

С обычной точки зрения, запреты, перечисленные в условиях, утяжеляют задачу. Но для нас, наоборот, эти запреты облегчают решение: не нужно рассматривать два способа из восьми, входящих в стандарт 24.

Нельзя добавлять вещество — будем добавлять поле. Нанесем на нить электрические заряды — они сыграют роль меток. На контрольном участке определим расстояние между метками: чем больше это расстояние, тем больше вытяжка нити.

* * *

Обучение в общественных институтах и школах изобретательского творчества заканчивается подготовкой и защитой дипломных работ. Обычно такие работы содержат решение производственных задач: запись решения задачи по АРИЗ и копию заявки на изобретение. Но бывают дипломные работы и на теоретические темы. Несколько лет назад в Ленинграде и Днепропетровске были защищены две необычные работы: применение АРИЗ к совершенствованию... самого АРИЗ. Разумеется, совершенствование АРИЗ — не изобретательская задача. Но АРИЗ представляет собой систему, а раз так, то почему не применить к АРИЗ хотя бы некоторые общие принципы развития систем?..

В обеих работах среди других выводов был и такой: АРИЗ должен развиваться в направлении, приближающем его к идеальной системе. А система идеальна в том случае, если системы нет, но ее функция выполняется. Выходит, алгоритма не должно быть, а задача — без анализа по шагам — должна сразу решаться «сама собой», притом на высоком уровне...

Приближением к этому идеалу и оказались стандарты. Авторы дипломных работ, спрогнозировавшие появление стандартов, не знали, что первые пять стандартов уже испытываются и вот-вот вступят в строй.

Стандарты «вызрели» в АРИЗ постепенно. При решении по АРИЗ многих задач обнаруживалось внутреннее сходство между задачами внешне совершенно различными. Накапливалась информация о типичных классах задач и ошибках их решения. Дорогу к стандартам прокладывали и вепольный анализ: становилось очевидным, что вепольные преобразования — это готовые формулы решения изобретательских задач некоторых классов. Все вело к стандартам, и все-таки нелегко было отважиться на стыковку таких далеких друг от друга понятий, как «изобретение» и «стандарт»...

Сегодня стандарты позволяют — без анализа по шагам АРИЗ — решать

некоторые достаточно часто встречающиеся классы задач. Еще раз подчеркнем: решать на высоком уровне.

Число стандартов постепенно увеличивается, но одновременно упорядочивается их классификация. Даже если стандартов станет много, перебирать наугад не придется: ведь каждый стандарт, в отличие от простых приемов, четко нацелен на решение своего класса задач.

Стандарты расправляются со стандартными задачами, а на долю АРИЗ остаются задачи нестандартные. Но пропуская эти сегодня нестандартные задачи через АРИЗ, мы учимся различать «стандартные черты» в нестандартных задачах. Накапливается информация о новых классах задач... и через какое-то время появятся новые стандарты. Разгаданные классы задач становятся стандартными, они как бы «выводятся за скобки». А аналитический аппарат АРИЗ, оставаясь компактным, все больше приспосабливается к решению именно нестандартных задач — трудных, хитроумных, каверзных...

ФИЗИКА И ...ПСИХИКА

ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИЙ ХАРАКТЕР

Процесс решения задачи (любым методом!) включает шесть основных этапов:

- 1) выбор или обнаружение задачи;
- 2) выбор поисковой концепции — общего направления, в котором следует искать решение задачи;
- 3) сбор информации, необходимой для уточнения задачи и поисков решения;
- 4) поиск идеи решения;
- 5) развитие идеи в конструкцию;
- 6) внедрение новой конструкции.

Решение простых задач настолько скоротечно, что все этапы могут быть пройдены за очень короткий срок. Но чем сложнее задача, тем больше времени нужно на «хождение по этапам». Типичный пример — изобретение промышленного способа получения связанного азота. В конце XIX века знаменитый английский физик Крукс произнес речь, в которой очень точно сформулировал новую проблему: для развития земледелия нужны азотные удобрения; получить такие удобрения в большом количестве можно только из воздуха; следовательно, нужны промышленные способы связывания азота. Преодолев первый этап, Крукс остановился. Но благодаря научному авторитету Крукса и впечатляющей форме, в которой он изложил проблему связывания азота, работа продолжалась, проблема привлекла внимание многих ученых и изобретателей. В их числе был и норвежский физик Биркеланд, специалист по полярным сияниям. Биркеланд знал, что в верхних слоях атмосферы при электрических разрядах получают окислы азота. Возникла поисковая концепция: может быть, удастся воспроизвести этот процесс в лаборатории? Биркеланд начал эксперименты, постепенно накопил необходимую информацию и сформулировал идею нового способа: быстрое охлаждение азотно-кислород-

ной смеси, прошедшей через электрическую дугу. На двух последних этапах работы решающую роль сыграл инженер Эйде, сумевший создать промышленную установку для получения связанного азота по идее Биркеланда.

Крупные изобретения создаются постепенно усилиями «кооперации современников», как говорил К. Маркс. Идет долгая эстафета, особенно на этапе поисков идеи: кто-то перекапывает часть поискового поля и, ничего не найдя, уступает место другому искателю... Путь этот очень долог, нередко дольше самой долгой жизни. Константин Эдуардович Циолковский всю жизнь посвятил проблеме космических полетов, но успел пройти первые четыре этапа: дальше эстафету подхватили Цандер, Королев, Янгели и многие другие исследователи, разработавшие конструкции ракетных систем.

Часто приходится слышать утверждение, что в наше время резко сократился и продолжает сокращаться путь от постановки задачи до широкого внедрения изобретения. В какой-то мере это справедливо, но только для небольших изобретений. Дело в том, что современная техника обладает значительной «массой», а потому и большой инерцией. Предположим, сегодня изобретен совершенно новый строительный крап. Предположим далее, что все в восторге от этого крапа. Но крапов нужно много — сотни тысяч. Потребуются годы, чтобы наладить массовое производство новых крапов. Немало времени уйдет и на подготовку новых кадров. В самом идеальном случае путь от признанного изобретения до широкого внедрения займет лет 10—15.

Ну, а если изобретение еще не признали? Вот, например, авторское свидетельство № 169 955: принципиально новый способ уменьшения трения жидкости о стенки трубопровода. От заявки на изобретение до получения авторского свидетельства — 11 лет (см. «Изобретатель и рационализатор», 1969, № 4, с. 14). Авторское свидетельство № 247 064: принципиально новый тип судового движителя — 14 лет ушло на споры с экспертизой (там же, 1970, № 2, с. 39). Авторское свидетельство № 528 095 (Бюллетень изобретений, 1976, № 34, с. 14): новое лекарство «дибазол» — 27 лет от заявки до признания изобретения.

А время, необходимое на поиски решения? Здесь тоже счет идет на годы, а нередко на десятилетия.

Общая продолжительность «хождения по этапам» достигает иногда 50—70 лет: в таком почтенном возрасте нашли широкое применение, например, суда на подводных крыльях, суда на воздушной подушке.

Какими же качествами должен обладать изобретатель, вступающий на эту нелегкую и очень долгую дорогу?

Прежде всего он должен обладать колоссальной целеустремленностью: надо быть готовым к тому, что на решение задачи уйдет большая часть жизни.

Кроме того, он должен быть очень уверенным в себе, чтобы, несмотря на всеобщее неверие в «слишком смелую» идею, уметь отстаивать собственное мнение, не считаясь с авторитетами. Нам неизвестно, сколько смелых идей погибло на первых этапах их возникновения из-за того, что у их творцов не хватило веры в себя или мужества для отстаивания своей правоты.

Что касается информационного обеспечения, то при решении задач методом проб и ошибок приходится собирать решительно все, на что упадет взгляд изобретателя: ведь невозможно заранее предугадать, какая идея и из какой отрасли знаний может пригодиться.

ФИЗИКА ДЛЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЕЙ

При работе с АРИЗ от человека требуются нормальные качества: сознательная целеустремленность, вызванная необходимостью улучшить свое производство; уверенность в правильности предложенного решения, обусловленная знанием законов развития технических систем; умение регулярно пополнять информационный фонд АРИЗ.

Эти качества может выработать в себе каждый человек. «Сырьем» для выработки служат знания, поэтому вопрос о том, какие способности нужны изобретателю, при работе с АРИЗ вытесняется другим вопросом: какие нужны знания?

За последние десять лет через общественные институты и школы, различные курсы и семинары по АРИЗ прошли тысячи различных слушателей — от школьников до докторов наук. Наблюдая за ними, почти все преподаватели отмечали, что успешному освоению и применению АРИЗ способствует прежде всего активное знание физики. В этом нет ничего удивительного: в подавляющем большинстве случаев ответами на изобретательские задачи являются физические эффекты или сочетания приемов с физическими эффектами. Конечно, есть немало сильных изобретений, не связанных с физикой. Можно вспомнить хотя бы смелую идею корабля со съёмным «верхом», позволяющим вести одновременную разгрузку с палубы и из трюмов. Решение чисто техническое, без физики — и все-таки сильное. Но намного чаще нефизические ответы встречаются в слабых изобретениях, например в способе измерения давления газа в лампе: разобьем лампу, выпустим газ в закрытый сосуд, измерим давление...

У подавляющего большинства сильных изобретений — отчетливый физический акцент. Поэтому, казалось бы, физики должны легко решать задачи. Но этого не происходит. Задача 11 о молниевом отводе не раз предлагалась аудитории из физиков — и всегда эту задачу пытались решать, придумывая выдвижные столбы и иные столь же громоздкие сооружения. Психологическая инерция приковывает мысль к исходному образу, нет представления об ИКР, о необходимости выявить и преодолеть противоречие. И еще один чрезвычайно важный фактор: знания физические и технические лежат как бы отдельными слоями, между ними нет контакта. Для решения задачи о молниевом отводе (см. пример к стандарту 28) вполне достаточно знать физику девятого класса. Знание есть, но оно бездействует...

Однажды был поставлен такой опыт. Группа, включавшая шесть физиков и одиннадцать инженеров, закончила составление двух таблиц по фенольным системам. Преподаватель дал домашнее задание: «Уже подобрано более двух десятков примеров для разных клеток таблиц. Нужно придумать 2—3 новых примера. Именно придумать, а не взять из литературы. При этом можно усовершенствовать таблицы». Группа дала более тридцати примеров, в том числе несколько весьма оригинальных, но все это были различные технические применения фенолей. Никто, в том числе физики, не пришел к мысли использовать в фенольных системах физику, физические явления.

Казалось бы, все просто, фенолы — магнитные системы, а с магнитами связано много физических явлений. Почему бы не применить эти явления для создания новых или усовершенствования уже известных фенольных систем? Простейшее явление, известное еще по школьному курсу физики, — исчезновение магнитных свойств при повышении температуры до точки Кюри (разной для разных материалов). Переход через точку Кюри позволяет автоматически отключать и включать фенольную (вообще любую магнитную) систему. Перед точкой Кюри магнитная восприимчивость материалов увеличивается — это так называемый эффект Гейкинса. Во многих магнитных системах выгодно так подобрать температуру и точку Кюри, чтобы работать в зоне, где действует эффект Гейкинса. Переход через точку Кюри идет скачками, на графике получаются «ступеньки» — это эффект Баркхаузена. Каждый образец имеет свое число «ступенек»: можно вести точнейшие измерения, отсчитывая число «ступенек». Пока это используется в очень редких случаях.

Получается, что к таблицам фенольных систем можно приоткрыть третью ось — физические эффекты: если использовать эти эффекты, многие системы, размещенные в клетках, приобретут

новые свойства. Вот, скажем, система, описанная в авторском свидетельстве № 578 984: «Способ очистки жидкости, преимущественно масла и топлива в двигателях внутреннего сгорания, путем пропускания через пористый фильтрующий элемент, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности очистки, в качестве фильтрующего элемента используют магнитный металлокерамический материал». Прекрасно, пористому веществу придали магнитные свойства для улавливания магнитных частиц. А как быть, когда поры фильтра забьются этими частицами? Магнитные силы будут прочно держать свою «добычу», попробуй — отмой металлические частицы... Решение задачи: если нагреть фильтр выше точки Кюри, магнитные силы исчезнут, потоком жидкости или газа можно удалить металлические частицы. Охлажденный фильтр восстановит свои магнитные свойства и снова будет готов к работе.

Много интересных физических эффектов связано с люминофорами. Если применить эти эффекты, почти каждая система, в которой используется люминесценция, может быть преобразована и усовершенствована. Например, известно явление гашения люминесценции: металлические частицы, попадая в люминофор, резко снижают свечение. В авторском свидетельстве № 260 249 это свойство использовано для наблюдения за накоплением металлических частиц в масле двигателей внутреннего сгорания. Гашение люминофоров — эффект, который «проходят» в вузовской физике. И все-таки в изобретениях он используется очень редко. А физические эффекты, выходящие за рамки учебных программ, вообще применяются в редчайших случаях. Вот хотя бы органический люминофор с длинным названием 4-хлор-2-сульфобензальацетофенол. В сухом виде это вещество имеет желтый цвет и ярко светится в ультрафиолетовых лучах. Но достаточно присутствия самых малых количеств влаги — и люминофор становится бесцветным, свечение прекращается. Многие ли изобретатели знают об этом явлении?

Впрочем, зачем говорить об этой физической «экзотике», если не используется обычная школьная физика? Взять такое явление, как коронный разряд. При атмосферном давлении и сильно неоднородных электрических полях наблюдается разряд, светящаяся область которого напоминает корону. Поэтому его и называли коронным. Плотность заряда на поверхности проводника тем боль-



ше, чем больше его кривизна. На острие плотность заряда максимальная. Поэтому возле острия возникает сильное электрическое поле. Когда его напряженность превысит $3 \cdot 10^6$ В/м, наступает разряд. При такой большой напряженности поля ионизация посредством электронного удара происходит при атмосферном давлении. По мере удаления от поверхности проводника напряженность быстро убывает. Здесь перед нами связка ключей, открывающих замки ко многим изобретательским задачам. Давайте рассуждать: раз образование короны зависит от кривизны проводника, можно использовать коронный разряд для определения радиуса кривизны. Вот, например, авторское свидетельство № 382 914, словно специально «списанное» из учебника физики: «Способ оценки остроты режущих инструментов путем измерения радиуса округления режущей кромки, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения, устанавливают режущую кромку с зазором против электрода, создают между ними электрическое поле, измеряют величину напряжения в момент зажигания коронного разряда, по которой судят о радиусе округления».

Продолжим рассуждение. Если радиус проволоки и напряжение известны, возникновение короны зависит от состояния окружающей газовой среды — ее давления и состава. Но ведь это — готовый ответ на задачу 5 об измерении давления газа в электрической лампе! Такое изобретение (авт. св. № 486 402) появилось только в 1975 году: «Способ определения давления наполняющего газа в лампах накаливания, отличающийся тем, что, с целью обеспечения возможности осуществления его без разбива лампы, к ее баллону прикладывают дополнительный электрод и между этим электродом и телом накала, подключенным к источнику высокого напряжения постоянного тока, возбуждают коронный разряд, по которому судят о давлении наполняющего газа в контролируемой лампе». Фраза, как это часто бывает в формулах изобретения, громоздкая, но отражающая способ удивительно простой и эффективный.

Пойдем дальше. С острия стекают заряды¹. Словно капли краски капают в бегущий ручей... Как это использовать? Ну хотя бы для измерения скорости потока газа: чем больше скорость, тем больше расстояние между «каплями» (авт. св. № 459 733).

С острия стекают заряды... Они попадают в газ, окружающий острие, и ломают, ионизируют его молекулы. Значит, коронный

разряд можно использовать как источник ионов, а ионизированный газ (это тоже в пределах «школьной» физики) — отличный антисептик. Стоит ли удивляться появлению авторского свидетельства № 459 210 на использование коронного разряда для обработки пищевых продуктов? Удивительно здесь только одно: это изобретение, как и многие другие, связанные с коронным разрядом, появилось всего несколько лет назад, хотя необходимость и возможность создания такого изобретения возникли по меньшей мере полвека назад...

Если в газовой среде, в которую стекают заряды, есть частицы порошка, пыли и т. д., то заряды «прилипают» к ним — это тоже очевидно. Мы получили простой и эффективный прием: с помощью коронного разряда можно заряжать частицы твердого и жидкого вещества в газе, а заряженными частицами легко управлять. Например, удалять их (способ очистки газов от аэрозолей — авт. св. № 539 607). Или разделять (авт. св. № 504 559). Перемещать (авт. св. № 511 653). Дозировать (авт. св. № 582 459). Менять теплопроводность (патент США № 3 763 928)...

Все эти (и многие другие) изобретения буквально следуют из элементарных свойств коронного разряда, описанных в школьном учебнике физики. А если «ввести в игру» свойства менее известные? Далее: коронный разряд — только один из видов электрического разряда в газах; можно использовать всю палитру разрядов. Наконец, электрические разряды в газах — это всего лишь один из очень многих участков огромного фронта физических эффектов и явлений. Так почему не использовать колоссальную мощь физики для разумного решения задач — без слепого перебора вариантов?

Значение физики для решения изобретательских задач стало очевидным давно. Однако эффективно использовать физику не удавалось по многим причинам:

во-первых, задачу нужно сначала «препарировать», выявить содержащееся в ней физическое противоречие. До разработки АРНЗ программы для такого анализа не было;

во-вторых, физические эффекты часто используются в сочетании с обычными (техническими) приемами. Техническую систему надо сначала как-то преобразовать, а уж потом использовать физический эффект. Только с появлением вольного анализа стали понятны правила таких преобразований;

в-третьих, изобретателю нужна не просто физика, а такая физика, в которой для каждого эффекта изложены его изобретательские возможности.

Иными словами, физику мы плохо применяем потому, что эффективное использование физических эффектов плохо «стыкует-

¹ Строго говоря, стекания зарядов нет. Неоднородное электрическое поле ускоряет заряженные частицы, имеющиеся в газе. Частицы, сталкиваясь с молекулами газа, вызывают ионизацию. Возникает пространственный заряд — «облако» ионов.

ся» с методом проб и ошибок. А вот АРИЗ без применения физических эффектов просто не может существовать и развиваться. В 1969 г. Общественная лаборатория методики изобретательства при Центральном совете ВОИР начала работу над составлением «Указателя применения физических эффектов и явлений при решении изобретательских задач». Первые сообщения о зарубежных работах по созданию аналогичных справочников появились лишь в 1976 г.

Казалось бы, составить «Указатель» нетрудно: ведь в него должны войти уже известные и описанные в литературе эффекты и явления. Однако на самом деле составление «Указателя» и постоянное его уточнение и пополнение — работа поистине титаническая. Физические явления приходится «отлавливать» не только в физической литературе, но и в безграничном море авторских свидетельств и патентов: там встречаются интереснейшие сочетания физических явлений. Взять хотя бы авторское свидетельство № 265 318. Если пропустить электрический ток через остывающий и кристаллизующийся расплав металла, обнаруживаются колебания электрического сопротивления: сила тока то увеличивается, то уменьшается. Даже в самых полных курсах физики вы не найдете объяснений — почему возникают колебания. Оказывается, здесь проявляется сочетание нескольких эффектов. Слои жидкого металла, прилегающий к стенкам, остается жидким ниже температуры затвердевания: металл словно сопротивляется, не хочет затвердевать. Это явление называется переохлаждением. Температура переохлаждения постепенно увеличивается, и слой металла вдруг — словно рывком — становится твердым. Но при этом выделяется тепло. И часть затвердевшего металла снова расплавляется, переходит в жидкое состояние. Так и идет этот процесс: твердый слой нарастает по принципу «шаг вперед, полшага назад». А электрическое сопротивление у твердого металла иное, чем у жидкого. Отсюда и колебания силы электрического тока, проходящего через застывающий расплав. По частоте этих колебаний можно очень точно судить о ходе кристаллизации металла и поддерживать наилучший режим охлаждения. В технике часто приходится встречаться с застыванием металла, поэтому сочетание явлений, использованное в изобретении по авторскому свидетельству № 265 318, может быть применено и во многих других случаях, например при контроле сварочных процессов.

Внешне «Указатель» похож на каталог: кратко описывается физический эффект, приводятся характерные примеры его изобретательского применения, в частности — сочетания этого эффекта с другими эффектами, указывается литература. Пока «Указа-

тель» применяется для экспериментов на занятиях при изучении теории решения изобретательских задач. Практика показала огромную ценность «Указателя»; нет сомнений, что он сможет стать настольной книгой каждого изобретателя.

МОСТЫ НАД ПСИХОЛОГИЧЕСКИМИ ТРЕЩИНАМИ

В конце 40-х годов было открыто интересное физическое явление, получившее название эффекта Томса: если в текущую по трубе воду добавить небольшое количество некоторых полимеров, трение воды о стенки трубы резко снижается. Длинные молекулы полимеров, располагаясь вдоль потока, предотвращают образование вихрей. На эффекте Томса основаны сотни изобретений, запатентованных во многих странах: вводят полимеры в жидкость при перекачке по трубопроводам; добавляют полимеры в морскую воду, обтекающую корпус корабля, и т. д. На одном семинаре слушатели получили такое домашнее задание: «Предложите новое применение эффекта Томса — с добавкой полимеров не в жидкость, а в твердое вещество». Группа только начала заниматься, аризонский подход еще не был освоен... и никто не решил задачу. «Тут какая-то ошибка, — сказали слушатели, — эффект Томса проявляется в жидкостях. А по условиям задачи надо добавлять полимер в твердое вещество». Выслушав эти соображения, преподаватель, познакомил группу с авторским свидетельством № 444 039, по которому полимерные добавки вводят... в лед на катках. В этом остроумном изобретении использовано сочетание двух физических явлений: лед плавится под острием конька и на короткое время превращается в воду; полимерные добавки, попав в воду, снижают ее трение. Оба эффекта были известны слушателям, оставалось только их соединить — но этого как раз и не произошло...

Теперь, когда мы познакомились с изобретением по авторскому свидетельству № 444 039, домашнее задание может показаться чересчур легким. Но вот задача 47, она облегчена до предела: оба эффекта названы, остается их соединить. Поразмышляйте над этой задачей...

Задача 47. Известны два физических эффекта: 1) некоторые вещества обладают способностью поворачивать плоскость поляризации проходящего сквозь них поляризованного света; 2) все вещества расширяются при нагревании. Предложите прибор, основанный на совместном применении этих двух эффектов.

На пути к новому часто возникают *психологические барьеры*. Человек останавливается перед словом «невозможно» и даже не задумывается — в самом ли деле невозможно. Или же, размышляя, например, об автомобиле, представляет себе некую твердую конструкцию, даже не задумываясь о том, могут ли быть автомобили жидкие или газообразные... Но помимо такого рода психологических барьеров, существуют значительно более коварные психологические трещины: человек знает два факта, но не может соединить их, они словно разделены непроходимой пропастью.

Знаменитый древнегреческий ученый Геродот, «отец истории», привел в своих сочинениях запись о том, что львица способна за свою жизнь родить только одного львенка, так как при рождении львенок раздирает когтями ее чрево. Геродот, разумеется, достаточно знал математику, чтобы сообразить: если каждая пара львов производит на свет только одного львенка, то львы должны были давным-давно вымереть. Психологическая трещина разделяла два простых факта, и Геродот не смог их соединить и сделать очевидный вывод... Советский биолог А. А. Малиновский отмечает, что неумение соединять разнородные факты свойственно даже самым талантливым людям, и приводит в качестве примера историю с «кошмаром Дженкинса». По теории Дарвина, возникшее в организме изменение закрепляется в наследстве, если оно полезно, и посредством отбора распространяется на весь вид. Дженкинс возражал Дарвину, приводя такое рассуждение:

Представим себе, что среди миллионов белых цветов одного вида возникло единичное наследственное изменение, например красный цветок, имеющий какое-то преимущество. Допустим, что красная окраска лучше привлекает насекомых, оплодотворяющих эти цветы. Может ли эта красная окраска подвергнуться отбору и распространиться на весь вид? Ведь в первом же поколении красный цветок должен скреститься с теми белыми, которые его окружают, и потомки окажутся розовыми. Пусть их будет несколько больше, чем было бы потомков у чисто белых цветов, но все же их будет неизмеримо меньше, чем остается белых. Поэтому в следующем поколении они опять скрестятся, как правило, не между собой, а с основной массой белых растений. Потомки уже будут светло-розовыми, и поскольку белых цветов все же имеются миллионы, этот процесс будет повторяться ряд поколений, пока красная окраска практически не исчезнет и не перестанет подвергаться естественному отбору, растворившись, как капля чернил в большом водоеме.

Дарвин называл это возражение «кошмаром Дженкинса» и, учитывая его, стал признавать некоторую роль в эволюции массовых приспособительных изменений, вызванных внешней сре-

дой, т. е. сделал известный шаг в сторону полупризнания лamarкизма.

При всем уважении к Дарвину, пишет А. А. Малиновский, следует сказать, что при достаточно логическом подходе к проблеме он ее мог бы решить и без открытия Менделя. В то время уже была сформулирована корпускулярная теория материи, подтвердившая, что вещество состоит из неделимых атомов, соединяющихся в молекулы. От чего бы ни зависел любой наследственный признак, его причиной неизбежно является какое-то материяльное образование; это образование не может быть меньше определенного размера молекулы или в крайнем случае атома, который, передаваясь от поколения к поколению, уже далее не делится. Следовательно, простое сопоставление биологических фактов с представлениями о строении материи, достигнутыми к тому времени, дало бы в руки Дарвину решающий аргумент в пользу того, что признаки не могут обладать бесконечной делимостью — этого было бы вполне достаточно для возражения на аргументацию Дженкинса.

Вернемся теперь на позиции теории решения изобретательских задач и посмотрим, почему Дарвин не преодолел психологической трещины. Дело в том, что Дарвин рассматривал ситуацию, изложенную Дженкинсом, на макроуровне, а решение проблемы находилось на микроуровне. Нужно было перейти к рассмотрению микрочастиц — носителей наследственных признаков. Но осуществить такой переход Дарвин не смог.

Сразу подчеркнем: неумение перейти от «макро» к «микро» — только один из видов психологических препятствий. Существуют и другие. По мнению некоторых зарубежных исследователей, для борьбы с такого рода психологическими препятствиями достаточно помнить о них. Мы ставили много опытов с самыми различными испытуемыми: давалась задача, человека предупреждали, что при решении надо избегать психологической инерции, более того, на доске перед испытуемым крупными буквами было написано: «Помни о психологической инерции!». Практические результаты этих призывов во всех опытах были равны нулю...

Нужны не общие призывы помнить о психологических препятствиях, а конкретные операции: переход от «макро» к «микро», от системы к надсистеме, от одного агрегатного состояния к другому, формулировка ИКР... Почти все операции в АРИЗ, предписывая определенные технические изменения рассматриваемой системы, в то же время являются операциями по управлению психикой решающего задачу человека.

Нобелевский лауреат Уотсон вспоминает в книге «Двойная спираль», как была выработана одна из основных гипотез при

расшифровке строения ДНК. Соавтор Уотсона Крик зашел как-то в пивной бар при университете. Краем уха Крик услышал, как за соседним столом какой-то астроном что-то говорил о «совершенном космологическом принципе». Крик тут же подумал о «совершенном биологическом принципе»: идеально, если бы ДНК сама себя воспроизводила. Возникла идея, ставшая руководящей в дальнейших исследованиях Крика и Уотсона. В этом эпизоде Уотсон видит психологические явления: помогло постоянное напряжение мысли. При работе по АРИЗ формулировка ИКР — обязательный этап исследования: «совершенный принцип» формулируется по правилам, независимо от случайностей.

«Чисто психологическая» операция в АРИЗ одна: оператор РВС (шаг 1.9). Над условиями задачи совершаются шесть мысленных экспериментов: система, данная в условиях задачи, мысленно уменьшается и увеличивается, идущие в системе процессы замедляются и ускоряются, допустимые расходы снижаются и повышаются. При выполнении этих операций меняется представление человека об исходной системе. Допустим, рассматриваемая система — нефтепровод. Достаточно произнести это слово — и возникает привычный зрительный образ: стальная труба, по которой течет нефть... А теперь начнем мысленный эксперимент: будем уменьшать диаметр трубы. Вот нефтепровод превратился в тонкую трубочку, потом стал еще тоньше — как волос, потом — тоньше волоса... Как может выглядеть самый тонкий нефтепровод? Минимально возможная толщина стенок — размеры атома. Поперечное сечение такой «трубки» — это молекула в виде кольца, причем внутри молекулы находится другая молекула, не связанная со «стенками» химической связью. Возможно ли это? Да, возможно: еще в прошлом веке были открыты химические соединения, получившие впоследствии название клатратов. У клатратов внутри кольцевой молекулы («хозяина») находится другая молекула («гость»), и молекулы эти, как жидкость в сосуде, не связаны химически. Клатраты образуют и протяженные структуры: кристаллы, пронизанные тончайшими капиллярами. Нефтепровод из кристаллов? Мыслимо ли это? Химики пока заняты изучением химических свойств клатратов. Специалисты по нефтепроводам просто не знают о клатратах... Когда-нибудь интересы химиков и «нефтепроводчиков» пересекутся, возникнет идея клатратных трубопроводов — и тогда обязательно вспомнят, что наиболее интересные открытия и изобретения делаются на стыке наук... А пока стык пустует. Более того, там зияет психологическая трещина: клатраты — сами по себе, нефтепроводы — сами по себе.

Чем привлекательна идея клатратного трубопровода? В отличие от мертвой стенки обычного трубопровода клатраты могут об-

рабатывать молекулы заключенных в них соединений: фильтровать, разделять. Представьте себе трубопровод, в который поступает сырая нефть, смешанная с пластовой водой, а выходят из него очищенные и разделенные продукты — бензин, керосин и т. д.

Преодолеем еще одну психологическую трещину: клатраты — кристаллы, а некоторые кристаллы обладают обратным пьезоэлектрическим эффектом: сжимаются и разжимаются, если приложить к их граням электрические заряды. Еще один «стык», сулящий появление интереснейших соединений — пьезоклатратов, могущих перекачивать жидкости (и не обязательно жидкости — любые молекулы).

На мысленный эксперимент по первому шагу оператора РВС ушло минут пятнадцать. Если ничего не знать о клатратах, придется обратиться к литературе, тогда уйдет несколько часов, день, максимум несколько дней. Очень небольшая плата за совершенно новую, значительную и чрезвычайно увлекательную идею клатратных трубопроводов. Закон перехода с макроуровня на микроуровень гарантирует, что рано или поздно трубопроводы, находящиеся пока на макроуровне, должны перейти на микроуровень. Идея клатратных трубопроводов вполне годится, чтобы начать работу в этом направлении.

Упражнение на применение оператора РВС к нефтепроводу впервые дал преподаватель О. Скроцкий, занимавшийся с группой учащихся ПТУ. Ни преподаватель, ни учащиеся не знали о клатратных соединениях. Но, проверяя записи домашнего задания, Скроцкий в трех работах (из одиннадцати) обнаружил идею «молекул внутри молекул»: молекулы нефти движутся внутри «молекулярных» трубочек. Идея показалась преподавателю заслуживающей внимания, он обратился к химикам, узнал о клатратах, рассказал об этом на очередном занятии. У группы сразу «прорезался» интерес к химии. Ожили полузабытые школьные знания, посыпались вопросы, учащиеся стали просить книги по химии и новые упражнения на оператор РВС.

Оператор РВС часто дает неожиданные идеи. Но вообще-то назначение у него более скромное: он должен расшатать привычный и потому обладающий большой психологической инерцией образ технической системы, навязанный условиями задачи. Придя к идее клатратного нефтепровода, надо, вообще говоря, вернуться к обычному нефтепроводу, перенести на него идею активного взаимодействия стенок и нефти.

Если у читателя появилось желание самостоятельно поработать с оператором РВС, можно воспользоваться задачей 48.

Задача 48. Объект — мост. Примените к этому объекту первую операцию из шести, входящих в оператор РВС. Попробуйте получить идею принципиально нового моста.

Примечания: 1. У каждого объекта несколько основных размеров. Не обязательно уменьшать все размеры. 2. После того как найдена новая идея, надо вернуться к исходным размерам и изменить эту идею так, чтобы она годилась и при нормальных размерах объекта. 3. Оператор РВС резко меняет привычное представление об объекте. Он ведет к «диким» идеям — не надо их пугаться, не надо от них отмахиваться. 4. Не спешите: мысленные эксперименты надо вести спокойно, приглядываясь ко всему новому и неожиданному.

Психологические препятствия могут быть преодолены психологическими приемами, планомерным анализом задачи по шагам и такими операциями, как формулировка ИКР, выявление физического противоречия. Но было бы ошибкой считать, что от «психики» только вред. АРИЗ — программа для решения задач человеком, а не машиной, потому и необходима борьба с «психологическими сбоями». Однако человеческому мышлению свойственны и «психологические взлеты». Их надо использовать. В какой-то мере это запрограммировано в АРИЗ. Работая с оператором РВС, человек не только уходит от старого образа технической системы, но и создает новый образ, подчас неожиданный и волюнтарный. Формулируя ИКР, мы рисуем образ-мечту — и это тоже дает положительный эффект. Но главный психологический эффект не связан конкретно с тем или иным шагом АРИЗ. Он получается побочно и может возникнуть на любом этапе решения. АРИЗ высвобождает скованную мысль и нередко, решая одну задачу, человек попутно вырабатывает идеи, относящиеся к другим задачам, которые он в начале решения даже не ставил перед собой.

В 50-х годах один из авторов этой книги взялся за задачу, считавшуюся нерешимой, — разработку легководолазного скафандра для спуска на дно океана (до 11 км). Существуют глубоководные жесткие скафандры, водолаз находится в них под обычным атмосферным давлением. Но такие скафандры очень тяжелы и громоздки, они стесняют движение водолаза, в сущности это небольшие камеры с манипуляторами. Между тем ИКР иной: никакого скафандра нет, а человек свободно дышит под водой — на самой большой глубине... Акваланги и кислородные дыхательные приборы рассчитаны на небольшие глубины. Но все-таки лучше идти от этих приборов — они сравнительно легки, просты, не стесняют движений.

Проблема создания легководолазного скафандра включает целый ряд изобретательских задач. В частности, задача об очистке выдыхаемого воздуха. Человеческий организм устроен так, что при вдохе усваивается всего около 4 процентов кислорода, даже если дышать чистым кислородом. В обычном воздухе 21 процент кислорода — и все равно организм усваивает лишь 4 процента, а остальные 17 процентов теряются при выдохе. Вместо поглощенных 4 процентов кислорода организм выделяет примерно такое же количество углекислого газа. Возникает задача: нужно очистить выдыхаемый воздух от углекислого газа и, пополнив этот воздух кислородом, снова направить на дыхание. В кислородных дыхательных приборах так и происходит: выдыхаемый воздух идет в поглотительный патрон, где зерна щелочи поглощают углекислоту. В очищенный воздух добавляют кислород — и газовая смесь снова годна для дыхания.

А если человек находится на глубине 11 километров? Давление там — 1100 атмосфер. В дыхательном аппарате должна циркулировать газовая смесь под давлением, равным наружному, иначе чудовищное давление воды просто-напросто раздавит человека. Вот человек сделал вдох, в организме началось поглощение кислорода и выделение углекислого газа. Но углекислый газ уже при небольшом давлении превращается в жидкость или даже в твердое тело — знакомый всем сухой лед. Вдох — и под действием давления газ тут же — в тканях тела, в крови — превращается в снежинки... Снегопад в организме!

Издавна известна кессонная болезнь. На глубине под давлением азот растворяется в крови человека и при быстром подъеме выделяется в виде пузырьков. Кровь вспенивается, как лимонад, когда открывают бутылку... И вот замаячила новая грозная опасность — «снежная болезнь».

К счастью, призрак опасности быстро рассеялся. Критическая температура углекислого газа 31°, а это значит, что при более высоких температурах углекислый газ ни под каким давлением не превращается в жидкость или твердое тело. Внутри организма температура всегда выше 31°, следовательно, снегопада внутри организма быть не может.

Если бы задачу решала машина, использующая самый совершенный алгоритм, эпизод с призраком «снежной болезни» на этом был бы исчерпан. Опасности нет, можно продолжать решать задачу об очистке выдыхаемого воздуха от углекислого газа. Вполне вероятно, что машина сумела бы полезно применить принцип сжижения углекислоты: наружная температура ниже 31°, следовательно, углекислый газ можно легко отделить от кислорода — благодаря высокому давлению углекислый газ оседает на стенках

поглотительного патрона. Не нужно расходовать щелочь, система очистки получается надежной и простой. Этот вывод в силах сделать и машина: в конце концов, тут знакомый нам прием «обратить вред в пользу»...

Ну, а человек?

Человек вдруг остановился перед «лирическим эффектом»: снегопад в организме — это так неожиданно... Выяснилось, что опасности нет, снегопада не будет, а мысль упорно не хотела расставаться с этим странным видением: снегопад внутри человека...

Мысль совершила неожиданный зигзаг: углекислый газ не дает снегопада, а если бы в организме человека выделился другой газ, имеющий высокую критическую температуру? Например, ксенон. Уж он-то наверняка выпал бы в виде дождя и снежинок... Внутри организма ксенона нет, а снаружи? На суше ксенон выделяется из природных источников — почему этого не может быть на дне океана? Удивительная складывается картина: если пузырь ксенона вышел в океан на глубине более 550—600 м, он не всплывает, а превращается в капельку жидкости более тяжелой, чем вода, и... тонет, идет на дно.

И не только ксенон. Сжимаемость воды намного меньше, чем сжимаемость других жидкостей. Поэтому любая жидкость, плавающая на поверхности океана, при погружении ниже некоторой критической глубины становится тяжелее воды и тонет. Правда, вычисленная критическая глубина для многих жидкостей больше 11 км — максимальной глубины океана. Но есть немало газов и жидкостей со сравнительно небольшой критической глубиной. Например, некоторые виды нефти. Если такая нефть выходит где-то на дне океана, она не всплывает (хотя на поверхности океана была бы легче воды), а образует подводное озеро. Поднять такое озеро до критической глубины — и оно само пойдет вверх...

Работа над глубоководным дыхательным прибором на какое-то время была отложена, открытие критических глубин и связанных с ними явлений оказалось интереснее. Вот этого машина не смогла бы сделать! Чтобы причудливый образ снегопада в организме приковал внимание и увел мысль в сторону, нужны человеческие эмоции, человеческий опыт жизни, человеческие воспоминания...

Эффект Колумба («искал Индию, открыл Америку») изредка проявляется и при решении задач методом проб и ошибок. Но АРИЗ специально создает благоприятные условия для его возникновения: условия задачи сознательно трансформируются, рассматриваемая техническая система обязательно подводится к границам, за пределами которых она превращается в нечто совсем иное. Идет процесс решения конкретной задачи, но операции, «обрабатывающие» задачу, одновременно подводят мысль к черте, за ко-

торой резко возрастает вероятность возникновения эффекта Колумба. Правда, выводить за эту черту и гарантировать эффект Колумба АРИЗ пока не умеет.

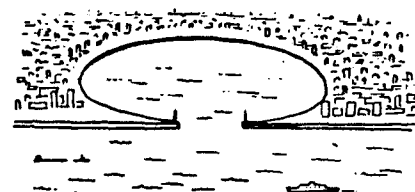
В последние годы на занятиях по АРИЗ стали практиковаться решения... нерешимых задач. На нерешимую задачу (если она и в самом деле нерешима), естественно, нельзя дать ответа. Мысль наталкивается на непреодолимую стену... и вот тут-то АРИЗ начинает тянуть куда-то в сторону. Создаются условия, благоприятные для замены задачи и возникновения эффекта Колумба. В качестве примера можно привести задачу об очистке бухты.

Задача 49. Многие города когда-то были основаны на берегах бухт и заливов, образующих тихие гавани для судов. Шли годы. В портовых городах создавалась промышленность, да и сами морские перевозки менялись: вместо пеньки и чая корабли стали перевозить нефть, руду, химические удобрения... И вот бухты, закрытые почти со всех сторон, превратились в гигантские грязе- и нефтеловушки. Нефть с танкеров, сливные воды с промыслов и нефтеперерабатывающих заводов (если они есть вблизи бухты), стоки химических заводов скапливаются в бухте, отравляя воду и оседая на дно.

Будем считать для определенности, что бухта имеет форму, показанную на фиг. 23, — почти замкнутый круг. На берегу везде постройки, пустырей нет. Площадь бухты — 60 кв. км. Средняя глубина — 6 м. На дне — слой ила толщиной 1,5 м. Ил на 25—30 процентов состоит из отходов самых различных химических производств и продуктов окисления нефти. Идет разложение ила, бухта становится огромным болотом, со дна поднимаются пузырьки ядовитых газов...

Как быть?

Засыпать бухту и перенести портовые сооружения — слишком дорого. Каким-то образом вычерпать ил? Но на берегу нет места для размещения такого громадного количества ила. «Выместить» ил в открытое море? Недопустимо, поскольку загрязнится значительная часть моря. Использовать микроорганизмы, которые съедят ил? Пока мы не умеем выводить микроорганизмы, которые поедали бы чистую нефть, а на дне — ядовитые отходы самых раз-



Фиг. 23

личных химических производств... Закрыть чем-то дно? Работа огромной трудности, требующая немалых средств. Ускорить процесс разложения ила, например, нагревом? Но на берегу — город, люди...

Условия задачи специально ужесточены. Изобретательского ответа на такую задачу нет. Нужно ввести строгий контроль и прекратить загрязнение бухты. Остальное сделают природа и время: через полвека бухта постепенно очистится. В чем-то, может быть, придется помочь природе... если появятся эффективные средства.

Итак, нерешимая задача. Но при тщательном анализе по АРИЗ может возникнуть другая задача. Однажды, например, появилась идея убрать ил вглубь земли: пробурить глубокую скважину, произвести взрыв и сбросить ил в образовавшуюся полость. Как ответ на задачу идея не годится: нельзя устраивать подземный атомный взрыв фактически в черте города. И вот резкий поворот мысли: если нельзя устраивать взрыв в городе, то можно устроить взрыв там, где нет городов. А зачем? Раз нет города, нет и отходов... Еще один поворот мысли: там, где сейчас нет города, в будущем может возникнуть город. Любопытная идея: начинать строительство новых городов с подготовки огромных «мусорных ящиков». Сперва «ящик» с запасом емкости на 50—100 лет, а уж потом — город...

Может быть, проще перестроить производство так, чтобы не было отходов? Увы, не проще. В каждую эпоху имеются свои отходы, которые еще не научились дешево перерабатывать. Их надо прятать, хотя бы временно, до тех пор пока не появятся дешевые и эффективные способы переработки.

А поселения на Луне или на Марсе? Пройдет несколько десятков лет, и на других планетах появятся научные станции, а затем и города. Рек, морей и океанов там нет, сбрасывать отходы для естественной переработки некуда, а искусственная переработка может оказаться нерентабельной. Наверное, в таких условиях пригодится нереальная сегодня идея подземных «ящиков».

Впрочем, так ли уж нереальна эта идея? Вот авторское свидетельство № 514 055: «Способ осушения мелкоконтурных болот, включающий отвод воды, отличающийся тем, что, с целью уменьшения объема работ, отвод воды осуществляют в бессточный водоем, отрываемый в наиболее низких топографических отметках болота, объемом, близким к объему болота». В болоте делают большую яму, вода стекает в эту яму, нет необходимости откачивать ее за пределы болота. Но ведь и в задаче 49 речь идет о болоте, только спрятанном на дне бухты под шестиметровым слоем воды. «Бессточная емкость» по авторскому свидетельству

№ 514 055 — просто яма. В нашем случае — глубоко упрятанная подземная емкость. Два разных этапа развития одной технической системы...

* * *

Однажды шведского ученого Платена поразила прекрасная игра красок осенних листьев. Платена заинтересовал механизм этого явления: почему умирающие листья приобретают такую великолепную окраску? Знакомый биолог объяснил Платену, что листья становятся желто-багровыми не потому, что умирают, а как раз наоборот: листья сопротивляются разрушению. Суть объяснений заключалась в следующем. Допустим, есть десять молекул. Они могут стареть и умирать одновременно. Но мыслимо и другое: восемь молекул остаются без изменений, а две самоотверженно принимают на себя все внешние невзгоды, быстро стареют и умирают, продлевая жизнь другим молекулам. Вот эти две самоотверженные молекулы, разрушаясь, окрашивают живые еще листья в желтые, золотые и багровые тона. На Платена это объяснение произвело огромное впечатление: часть листа идет навстречу смерти, чтобы сохранить жизнь всему листу... Несколько лет спустя Платен использовал этот прием, решая задачу о создании прочной станины пресса для получения алмазов. Платен сделал станину многослойной и внутренний слой разрушил, разрезал, чтобы повысить прочность всей конструкции в целом.

Историки техники видят здесь удивительную роль случая, соединившего столь разнородные вещи — пламя осенних листьев и станину мощного пресса. Но если присмотреться, нетрудно заметить четкую логическую цепочку: осенние листья — принцип «обратить вред в пользу» — конкретный прием «разрушить часть, чтобы сохранить целое», — многослойная станина с разрезанным внутренним слоем. Удивительно другое: такие взлеты мысли случаются чрезвычайно редко. Вот хотя бы у Платена — один раз в жизни... Пусть даже пять или десять раз, все равно — это слишком мало. Назначение АРИЗ — превратить эти редчайшие взлеты в нормальный режим работы мысли.

Вскоре после того как такая проблема была поставлена, стало ясно, что прежде всего для полета мысли требуется огромное количество «горючего»: нужна постоянно пополняемая информация обо всей технике и всей физике. И не простая информация, а сжатая, спрессованная, сконцентрированная — и потому компактная, удобная. Сначала в АРИЗ появился фонд типовых технических приемов, затем — фонд физических эффектов и явлений,

Горючее и двигатель... Огромный запас сжатой информации и программа, позволяющая четко использовать эту информацию.

«Обратить вред в пользу» — Платон вывел этот принцип и использовал его один раз, потому что другие задачи требовали других принципов, а их у него не было. В АРИЗ «обратить вред в пользу» — типовой прием 22. То, что когда-то потрясло Платона, сегодня стало типовой операцией, выполняемой без особых эмоций.

АРИЗ требует, чтобы по единому плану выполнялись четкие мыслительные операции, использовались правила, таблицы... И это отнюдь не мешает взлетам мысли, напротив, способствует им. Процесс решения задачи по АРИЗ бесстрастен и сух лишь на первых этапах учебы. Огромный заряд информации и смелые мысленные операции, запрограммированные в АРИЗ, подводят мысль к порогу, за которым возможны самые неожиданные открытия. Можно просто решить поставленную задачу, но можно сделать и больше: подняться к значительно более интересным проблемам, сделать совсем иные изобретения.

АРИЗ предназначен не для того, чтобы избавить человека от мыслительного труда. Назначение АРИЗ — усилить его эффективность, вывести мысль на режим, который сегодня встречается лишь в виде редких «вспышек гения».

ПОДВИЖНЫЙ В ПОДВИЖНОМ

ОЧЕНЬ ПРОСТО: ВЕЩЕСТВО ЕСТЬ И ВЕЩЕСТВА НЕТ

Теперь, когда мы познакомились не только с составными частями АРИЗ, но и в какой-то мере с особенностями, присущими АРИЗ в целом, еще раз посмотрим, как идет решение задачи. Возьмем хорошо знакомую нам задачу 8 о шлаке.

2.1. Шлак, залитый в ковш, при перевозке охлаждается, и сверху образуется твердая корка, затрудняющая слив жидкого шлака и увеличивающая его потери. Закрывать ковш крышкой-теплоизолятором — плохое решение, поскольку придется вводить оборудование для закрывания и открывания ковша. Подогрев в пути — тоже недопустимо сложное решение. Нужно, не усложняя имеющегося оборудования, обеспечить перевозку и полный слив жидкого шлака.

Смысл этого шага понятен без особых пояснений: мы перешли от ситуации к мини-задаче. Теперь можно приступать к постройке модели задачи.

2.2. Первый элемент (изделие) — шлак. Второй элемент — холодный воздух над шлаком (там, где образуется корка).

Можно построить модель иначе: дана пара «шлак — отсутствующая крышка». Это значительно более четкая модель. Сразу видно физическое противоречие: крышка должна отсутствовать (когда надо), крышка должна присутствовать (когда надо).

2.3. Воздух — в качестве крышки — обладает способностью легко пропускать жидкий шлак при заполнении и опорожнении ковша (т. е. такую «крышку» не надо снимать и не надо потом снова ставить на место). Это качество хорошо бы сохранить.

Воздух — в качестве крышки — не держит тепла, охлаждает шлак. Это качество необходимо устранить.

2.4. Даны жидкий шлак и воздух над шлаком. Воздух позволяет легко пропускать шлак при наполнении и опорожнении ковша, но охлаждает жидкий шлак.

3.1. Шлак — изделие, менять нельзя. Воздух — «инструмент», но природный, а природные элементы трудно менять. Целесообразно взять объектом внешнюю среду (хотя не будет грубой ошибкой взять объектом воздух). Проще всего выполнить шаг 3.1, если на 2.3 указана «отсутствующая крышка». В этом случае объектом, естественно, является эта «отсутствующая крышка» — технический элемент, инструмент.

3.2. ИКР: внешняя среда сама устраняет охлаждение жидкого шлака, не затрудняя при этом наполнения и опорожнения ковша или ...сохраняя способность свободно пропускать жидкий шлак.

Защита от охлаждения с помощью крышки известна. Но крышку приходится то снимать, то ставить на место. Поэтому в формуле ИКР очень важна вторая часть: не затрудняя... и т. д.

3.3. Зона, которая не справляется с комплексом указанных в ИКР двух требований, — от поверхности шлака до краев ковша (или чуть выше, но так, чтобы не выйти за железнодорожные габариты), т. е. то место, которое должна была бы занимать теплоизолирующая крышка.

3.4. а. Для защиты шлака от охлаждения в этой зоне должно быть вещество-теплоизолятор (даже вакуумная изоляция требует вещества — для удержания вакуума).

б. Для свободного прохождения шлака в этой зоне не должно быть вещества. Из работы слушателя общественной школы изобретательского творчества: «Для обеспечения полного выливания выделенная часть внешней среды должна быть проницаемой для жидкого шлака. Для предотвращения быстрого охлаждения шлака эта часть должна быть непроницаема, должна не сообщаться с остальной внешней средой».

3.5. а. Полная формулировка физического противоречия: выделенная зона внешней среды должна быть заполнена веществом, чтобы обеспечить теплоизоляцию, и не должна быть заполнена веществом, чтобы свободно пропускать шлак.

б. Краткая формулировка физического противоречия: выделенная зона внешней среды должна быть и не должна быть. Краткая формулировка физического противоречия, как это часто бывает, обостряет конфликт: выделенная зона должна сама появляться и исчезать.

После получения физического противоречия полезно вернуться к 2.1 и проверить логику анализа.

На 2.1 была рассмотрена система минимум из трех элементов: ковша, шлака и холодного воздуха над шлаком. На 2.2 выбраны два конфликтующих элемента: шлак и воздух. На 2.3 сформулирована суть конфликта. На 2.4 соединены записи 2.2 и 2.3: если они правильно сделаны, соединение получается логичным.

3.1 — выбираем один элемент; 3.2 — составляем формулировку ИКР для этого элемента; 3.3 — выделяем часть одного элемента; 3.4 — переходим от противоречивых технических требований к противоречивым физическим требованиям, свойствам, особенностям, признакам: вместо «для теплоизоляции нужна крышка, а ее трудно поднимать—опускать» записываем: «вещество (крышка) есть и вещества нет». Если 3.3 и 3.4 выполнены правильно, они легко соединяются в формулировку физического противоречия на шаге 3.5.

4.1. С самого начала было очевидно, что противоречивые требования относятся к разным моментам времени (4.1б). Теперь можно уточнить: в выделенной зоне при транспортировке должно быть вещество-теплоизолятор, а при опорожнении — наполнении вещества не должно быть (причем появляться и исчезать вещество должно само).

По 4.1г: частицы крышки свободно пропускают шлак, а вся крышка (образованная многими частицами) «держит» тепло. То есть нужно создать крышку из «кусочков» чего-то (из работы слушателя общественной школы: «Похоже на «тепловое одеяло» из полимерных шариков... наталкивает на мысль об «одеяле» из кусков твердого шлака...).

4.2. Тепловое поле из одного вещества переходит в другое, т. е. дан веполь, но — ненужный, вредный. Тут следовало бы обратиться к таблице типовых вепольных преобразований. У нас этой таблицы нет, мы используем только фрагмент АРИЗ. Но зато у нас есть список стандартов и нам известно правило вепольного анализа — как разрушать веполь. Между шлаком и воздухом нужно ввести третье вещество, являющееся видоизменением одного (или двух) из имеющихся. Видоизменять воздух? Использовать горячий воздух? Но это запрещено условиями задачи — обогрев сложен. Видоизменить шлак? Это уже было — использование «крышки» из кусочков твердого шлака. Остается одна возможность: использовать в качестве третьего вещества смесь жидкого шлака и воздуха, т. е. шлаковую пену (стандарт 13).

Пена — отличный теплоизолятор. Пенная «крышка» может быть образована из имеющихся материалов — жидкого шлака и воздуха. Такая «крышка» удовлетворяет противоречивому сочетанию требований: она есть и ее нет, поскольку сливаемый шлак легко проходит сквозь пену.

4.3. Если бы задача не «капитулировала» на шаге 4.2, мы обратились бы к таблице физических эффектов и явлений. Подходит графа 13 (изменение объемных свойств объекта). Среди перечисленных эффектов есть и «вспенивание».

4.4. На правильный ответ выводит и таблица применения основных приемов устранения технических противоречий (как уже говорилось, эта таблица приведена в книге «Алгоритм изобретения»). Чтобы использовать таблицу, придется вернуться от физического противоречия к техническому. Нужно уменьшить потери энергии (строка 22 в таблице). Если идти обычным путем (поставить крышку), мы проиграем в удобстве эксплуатации (колонка 33) и производительности (колонка 39). Получаем приемы: 35, 32 и 28; 10, 29 и 35. Дважды повторяется прием 35 — изменение агрегатного состояния, — включающий использование пены. Прием 29 (использование пневмоконструкций) на микроуровне тоже означает применение пены.

4.5. Теперь надо перейти от физического ответа к техническому: как именно «газировать» шлак, чтобы на его поверхности появился слой пены. Существуют два способа вспенивания: 1) подать в жидкость газ и 2) подать вещество, превращающееся в газ. Второй способ удобнее, он не требует оборудования (компрессоров и т. д.). Простейшее вещество, превращающееся при высокой температуре в пар, — обыкновенная вода. Такой ответ и зафиксирован в авторском свидетельстве № 400 621.

Остается отметить, что решение, полученное по АРИЗ, оказалось легко конкретизировать. Воду можно подавать либо в шлак, идущий по желобу к ковшу, либо в шлаковую струю, падающую в ковш, либо прямо в ковш. Проверили все три возможности. Пенообразование происходило во втором случае. Изобретение было внедрено сразу же...

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ АРИЗ-80

Каждое занятие по теории решения изобретательских задач обычно начинается со сбора домашних работ — записей решения задач. Удивительны эти записи! С одной стороны, — вроде бы обычные учебные работы. А с другой, — нечто вроде актов об испытании нового самолета. Машина (АРИЗ) одна, но пилоты разные... Просматриваешь записи и видишь: здесь все в порядке, здесь небольшая заминка, но все кончилось благополучно, а здесь — авария, катастрофа... Если из тридцати человек ошибку совершили двое-трое, АРИЗ, скорее всего, не виноват. Но когда одна и та же ошибка встречается почти во всех работах — это сигнал о «сбое» в самом АРИЗ.

Задачу о шлаке решали во многих городах. Накопились сотни работ, и во многих из них в одном и том же месте решения обнаружилась заминка. АРИЗ уверенно выводил к идее покрытия,

причем такого покрытия, которое сделано из имеющихся, но недоиспользованных материалов — шлака и воздуха. Далее возникала идея покрытия из пористых шлаковых гранул. Но гранулы надо изготавливать, их надо удерживать в ковше, чтобы они не вылились вместе с жидким шлаком. Тут-то и возникала заминка. Судя по записям, во многих случаях она легко преодолевалась: вместо покрытия из гранул нужно использовать шлаковую пену — и затруднения исчезают. Но немало было и записей, обрывавшихся именно в этом месте: «Нужно покрыть поверхность расплавленного шлака теплозащитным покрытием из кусков пористого шлака. Не знаю, как получить такой шлак...»

С обычной точки зрения, все очень просто: способности у одних слушателей больше, чем у других. Но такое объяснение ничего не объясняет, оно лишь навешивает ярлыки: называет «способными» тех, кто решил задачу, и «неспособными» — остальных. Но вот дана следующая задача — и все смешалось: многие «способные» не смогли ее решить, а «неспособные» решили...

Для теории решения изобретательских задач типичен другой подход. Если часть слушателей правильно решила задачу, значит, существует объективная закономерность преодоления возникшей заминки, какое-то правило, какой-то прием, словом, нечто, чем волюн или, скорее всего, невольно воспользовались те, кто решил задачу. Нужно выявить это «нечто» и ввести в текст АРИЗ.

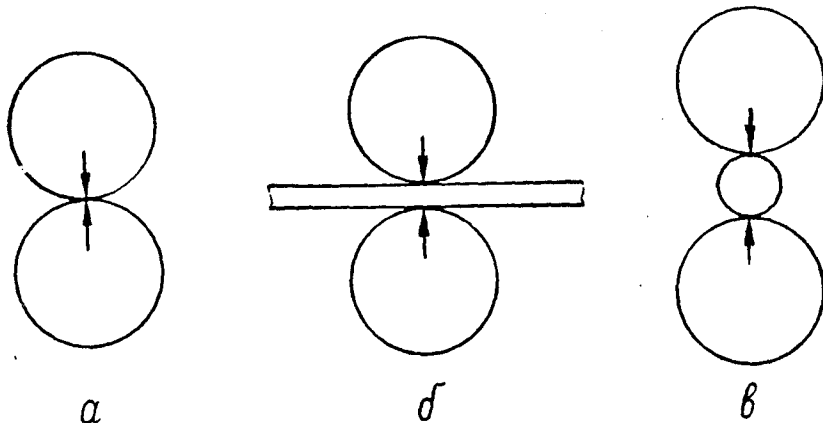
Сравним два ответа: покрытие из пористых гранул и пенистое покрытие. Пористые гранулы — это ответ на макроуровне. Пена — ответ на микроуровне: пена образована пленками молекулярной толщины. В АРИЗ-77 нет шага, который предписывал бы переход, когда это возможно, от макро модели задачи к микро модели. Построена макро модель задачи — и ответ получен на микроуровне. Догадается человек перейти на микроуровень — хорошо. Не догадается — решение может зайти в тупик.

Условия задачи чаще всего формулируются в макротерминах («ковш», «шлак», «крышка»). А ответ столь же часто связан с микрообъектами. Отсюда и ошибки.

Вспомните задачу 25 — о том, как предотвратить окисление тонкоизмельченного порошка железа до внесения его в полимер. В записях решения этой задачи нередко встречается такой ответ: «Измельчить железо и тут же, пока порошок не окислился, сделать из порошка крупные куски. Пусть эти куски окисляются с поверхности — это не страшно. Когда куски попадут в полимер, их нужно раздавить, измельчить». Здесь тоже нет перехода на микроуровень. Измельчить железо надо до атомов, а «куски» образовать путем соединения атомов железа с другими атомами...

В АРИЗ-80 введен шаг, пока еще экспериментальный, предписывающий переход на микроуровень. Но первые же испытания показали, что этого недостаточно. В задаче о шлаке переход на микроуровень дает идею тонкой (молекулярной) пленки, а пена — это система из многих пленок...

Существует закономерность, которую можно назвать принципом соответствия: рабочие органы технических систем (точнее — хороших технических систем) имеют примерно те же размеры (или на один-два порядка меньше), что и обрабатываемое изделие (или обрабатываемый участок изделия). Возьмем, например, за-



Фиг. 24

дачу 37 об укладке фруктов в коробки. Модель задачи: два сталкивающихся плода (фиг. 24,а). В записях решения вслед за такой моделью часто встречается нечто вроде фиг. 24,б: введено промежуточное вещество. Размеры этого вещества почему-то чаще всего принимают равными размерам коробки... и решение заходит в тупик: как извлечь промежуточное вещество, когда один слой уложен и нужно укладывать новый слой? По принципу соответствия это вещество должно быть не больше самих плодов (фиг. 24,в); при таких размерах оно легко будет «маневрировать», поднимаясь, благодаря вибрации, над верхним слоем плодов.

Размеры изделий имеют тенденции к увеличению. Даже если уменьшаются размеры единичного изделия, одновременно быстро растет количество обрабатываемых или применяемых изделий. Эта тенденция приходит в противоречие с тенденцией перехода

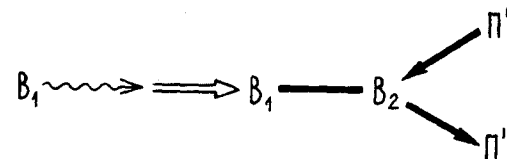
инструмента на микроуровень. Противоречие преодолевается тем, что суммарные размеры инструментов растут (как требует принцип соответствия), а рабочие частицы становятся все мельче и мельче (как требует закон перехода на микроуровень). В задаче о шлаке — по принципу соответствия — крышка должна быть достаточно толстой; если глубина ковша — метры, то толщина крышки — метры или дециметры. С другой стороны, переход к микромоделю подсказывает, что прослойка между шлаком и воздухом должна иметь молекулярные размеры. Противоречие устраняется применением толстого слоя пены, образованной тонкими (молекулярной толщины) пленками.

В АРИЗ-80 пришлось, таким образом, ввести не только правило перехода к микромоделю, но и правило, требующее учитывать принцип соответствия.

Анализ «по шагам» показывает, какую зону технической системы надо менять. Вепольный анализ говорит о том, каким должен быть качественный состав измененной части. Принципы соответствия и правило перехода к микромоделю позволяют подойти к количественной оценке: каковы ожидаемые размеры рабочих частиц и всей измененной зоны в целом.

Задача 50. На прокатном стане изготовляют трубы. Затем их надо проконтролировать — отыскать внутренние дефекты. Размеры дефектов — порядка 1 мм. Основная трудность: труба должна находиться в движении, иначе задержится работа прокатного стана. Составьте вепольную схему решения задачи (что дано, что получено после преобразования). Какого размера должны быть «рабочие частицы» инструмента? Подберите нужный эффект, пользуясь правилами вепольного анализа и таблицей физэффектов. Помните, что останавливать трубу нельзя. Прижимать к ней различные устройства тоже нельзя.

Дано вещество. Чтобы получить хорошо управляемую систему, нужно построить веполь, т.е. ввести второе вещество и поле:



Вещество B_2 скорее всего будет газообразным или жидким: оно не должно мешать движению вещества B_1 . Размеры «рабочих частиц» можно определить, используя принцип соответствия: эти

частицы должны иметь размеры 1 мм или на один-два порядка меньше, т. е. десятые и сотые доли миллиметра.

В таблице применения физэффектов выбираем графу 12 — «Контроль состояния и свойств в объеме». Учитывая предполагаемые размеры «рабочих частиц», можно не рассматривать явления, связанные со светом и электричеством — их «рабочие частицы» (волны, электроны) слишком малы. Маловероятно также использование магнитных явлений, так как «магнитные частицы» — домены — имеют размеры порядка микронов. Остаются ультразвук и колебания. Ультразвук вполне подходит: его «рабочие частицы» (длина волны) могут иметь требуемые размеры. Если P — ультразвуковое поле, то B_2 — жидкость, например вода. Итак, ультразвук просвечивание трубы, движущейся в водной среде.

В течение учебного года в каждой общественной школе изобретательского творчества рассматривают сотни подобных задач — учебных и новых, еще никем не решенных. Через руки преподавателей ежегодно проходят тысячи записей. Теория решения изобретательских задач — новая отрасль знания, и преподавателю приходится быть исследователем. Среди ошибок, допущенных слушателями, изредка попадаются «сбои» и шероховатости, присущие самому АРИЗ. Они сейчас же становятся объектом пристального изучения; в АРИЗ вносятся изменения — и новый текст алгоритма вновь подвергается массовой проверке. *Mobilis in mobile* — подвижный в подвижном — этот девиз, принятый капитаном Немо для «Наутилуса», как нельзя лучше подходит и для АРИЗ. Мир науки и техники постоянно меняется, вместе с ним меняется и алгоритм решения изобретательских задач.

Конечно, изменения возникают не только за счет наблюдений, сделанных в процессе обучения и практического применения АРИЗ. Идут теоретические исследования: постоянно продолжается поиск новых закономерностей развития технических систем, в патентных материалах отыскиваются новые приемы и сочетания приемов, физика подсказывает различные эффекты и явления, еще не вошедшие в изобретательскую практику...

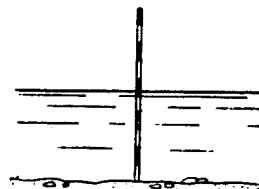
КАК ОБЪЯТЬ НЕОБЪЯТНОЕ

Задачу 36 о борьбе с испарением нефти испытывали на занятиях еще в 60-е годы. Потом ее разбор был опубликован, и «рассекреченная» задача надолго перешла в резервный фонд. Такова судьба многих учебных задач: они «рассекречиваются», уходят в резерв, а через какое-то время некоторые из них снова возвращаются в строй. И вот что интересно: когда задачу о шлаке да-

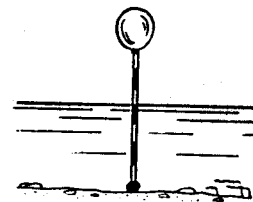
вали тем, кто когда-то решал задачу 36, идея использовать пенную крышку возникала почти сразу — по аналогии со старой задачей. Память прочно хранила оригинальную идею, хотя прошло много лет, да и вообще задача о борьбе с испарением нефти была лишь одной из многих учебных задач.

В АРИЗ все время идет процесс концентрации информации: задачи делятся на группы и по каждой группе формулируется правило, стандарт, прием. Не нужно помнить 20—30 задач, достаточно знать один стандарт. Но появляются новые задачи, более каверзные, они держатся особняком, замкнута. Когда-нибудь и они станут стандартными, а пока их приходится решать индивидуально. В этих случаях часто срабатывает аналогия: стандартного решения еще нет, но задача чем-то похожа на другую задачу, и потому решение этой другой задачи частично можно перенести на новую задачу.

Возьмем хотя бы задачу об измерении глубины реки с самолета. Это задача на измерение линейного размера. У нас были две подобные задачи: 33-я (измерение диаметра шлифовального круга) и 34-я (измерение глубины прихвата буровой трубы). В обоих случаях вдоль измеряемого объекта располагали «линейку» с метками. Попробуем использовать эту подсказку. Допустим, в реку сброшена «линейка» с делениями через каждые полметра (фиг. 25). Нетрудно сосчитать количество меток пад водой и тем



Фиг. 25



Фиг. 26

самым определить число меток под водой, т. е. глубину реки. Но «линейка» для этого должна стоять вертикально, а как этого добиться?

Вот она, инерция терминов, даже таких безобидных, как «линейка»! Привычное представление: линейка — это нечто твердое, какая-то планка, стержень... Заменяем слово «линейка» безобидным «измерялка»: «измерялка» должна располагаться вертикально. Что ж, если на одном конце «измерялки» камень, а на другом воздушный шарик — вертикальное положение обеспечено (фиг. 26). Саму «измерялку» можно сделать из лески, метки — кусоч-

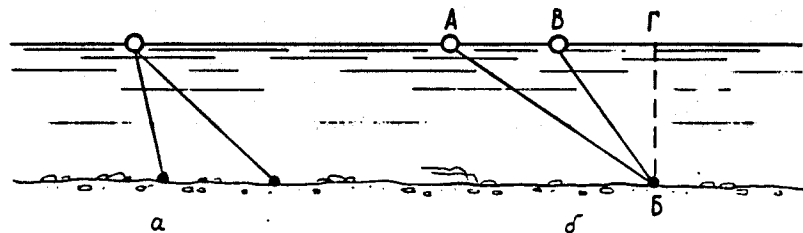
ки дерева, поплавок. Кстати, воздушный шарик не нужен: метки будут сами держаться на воде (фиг. 27). Задача решена: сбросим с самолета «измерялку» (она практически ничего не стоит: камень, обломки веток, леска), а потом сделаем фотоснимок. На нем будет видно, сколько меток держится на поверхности. Вроде бы все хорошо, но мы, к сожалению, не приняли в расчет течение реки, из-за которого «измерялка» расположится отнюдь не вертикально (фиг. 28)...



Фиг. 27



Фиг. 28



Фиг. 29

Не будем «дотягивать» ответ методом проб и ошибок. Нам интересно использовать приемы, которые подсказывают уже решенные задачи. Рассматривая задачу 34, мы сначала тоже использовали линейную «измерялку». А потом перешли к «измерялке» в форме неправильного треугольника. Почему бы не поступить так и на этот раз?

Если «измерялка» имеет форму треугольника, то возможны только два варианта. Внизу два камня, а наверху один поплавок (фиг. 29, а). Или же внизу один камень, а наверху два поплавка (фиг. 29, б). Первый случай удобен для наблюдателя, находящегося под водой. Второй — для наблюдателя над водой: зная длины сторон AB и BB и определив по снимкам длину AB , нетрудно рассчитать глубину реки $BΓ$.

Еще нет стандарта, но что-то уже намечается: «Если нужно определить линейные размеры, используй «измерялку» в виде треугольника...»

В информационный фонд АРИЗ входят не только устоявшиеся правила, но и правила только-только формирующиеся, еще не выкристаллизовавшиеся и как бы растворенные в учебных задачах. Поэтому для освоения АРИЗ нужно разобрать по крайней мере сотню нестандартных задач: это не только практика в применении алгоритма, но и очень существенное пополнение его информационного фонда.

Хорошая учебная задача содержит что-то, поддающееся «шагам», стандартам, правилам, и что-то новое, например какую-то тонкость в применении физического эффекта. Вот хотя бы задача 32 о разделении на фракции алмазного порошка. Модель задачи проста: даны две крупинки алмаза — большая и маленькая; надо их отделить друг от друга (применение сита исключено). Для построения вепольной системы нужно добавить поле. Это поле должно действовать на одну из частиц (допустим, на крупную) и не действовать на другую. Обе частицы — алмазные, разница только в размерах, поэтому поле должно «срабатывать» в зависимости от размера частицы. Прямой случай применения стандарта 27: если поле и крупная частица алмаза объединяются в одну систему, то необходимо согласовать их частоты: собственную частоту колебаний частицы и частоту поля.

Итак, начнем вибрировать «смесь» двух крупинок. Выберем частоту колебаний так, чтобы большая крупинка «запрыгала» в резонанс. Остается совсем немного до ответа; мы уже заставили крупинки вести себя по-разному. Маленькая крупинка прыгает еле-еле, а большая крупинка старается из всех сил... Нужно, чтобы энергично подпрыгивающая крупинка куда-то ушла — тогда задача будет решена.

Что же мешает нам довести решение до конца? Прежде всего, мы плохо использовали вепольный анализ. Мы рассуждали так: маленькая крупинка, большая крупинка и поле — получается веполь. Но ведь маленькая крупинка не взаимодействует ни с полем, ни с большой крупинкой! Фактически у нас система из одного вещества (большая крупинка) и поля. Нужно ввести второе вещество, которое будет взаимодействовать с «прыгающей» большой крупинкой. Теперь, казалось бы, остается только применить стандарт 12: поместим крупинки в жидкость и будем менять параметры жидкости так, чтобы «прыгающая» крупинка утонула, а неподвижная всплыла. Или наоборот. Но у крупинок одинаковая плотность, они будут тонуть или всплывать одновременно, независимо от того, «прыгают» они или нет.

А вот ответ на задачу: алмазный порошок осторожно кладут на поверхность воды. Алмазы не смачиваются и плавают на поверхности, их держит поверхностное натяжение. Через подсолен-

ную воду пропускают ток. Если теперь включить переменное магнитное поле, в воде возникнут колебания. Алмазы, попавшие в резонанс этим колебаниям, начнут «прыгать», проткнут поверхностную пленку и осядут на дно...

Мы были очень близки к ответу, оставалась одна деталь: порошок надо расположить не в воде, а на воде, чтобы использовать эффект поверхностного натяжения. Эффект этот еще не отражен в таблице применения физэффектов, поэтому разбор задачи, помимо тренировки в анализе и в применении стандартов, пополняет и нашу информацию об использовании физических эффектов и явлений.

У Жюль Верна к концу жизни скопилась картотека в двадцать тысяч выписок. Не каждый современный институт имеет такой информационный фонд... Мы уже говорили, что для взлета мысли нужен огромный запас информации. Теперь можно уточнить: информации тщательно отобранной и не просто хранящейся, а перерабатываемой так, чтобы постоянно повышалась степень ее организованности. Кристалл, опущенный в пересыщенный раствор, быстро растет, частицы вещества переходят из раствора в кристаллическую решетку. Нечто подобное происходит и с информацией, причем роль кристалла играет АРИЗ: множество разрозненных фактов классифицируется, упорядочивается и заменяется эмпирическими правилами, а эти правила в конце концов превращаются в теоретически обоснованную закономерность.

На первом же занятии АРИЗ слушателям объясняют: нужно организовать *личную картотеку* и регулярно ее пополнять. В картотеку нужно отбирать то, что может увеличить информационный фонд АРИЗ: физические эффекты и примеры их изобретательского применения; новые вещества и примеры нового применения старых веществ; новые приемы и новые сочетания приемов; задачи, имеющие сильные решения, и наоборот, плохо решенные задачи (их можно перерешать); интересные вепольные преобразования; факты к намечающимся закономерностям; интересные случаи технических и физических противоречий...

Основной источник — патентные материалы (бюллетени изобретений, описания изобретений, бюллетень «Изобретения за рубежом», реферативные журналы — в них публикуются рефераты изобретений). А кроме того, литература по физике и химии, всевозможные специальные технические издания, журналы «Изобретатель и рационализатор», «Техника и наука», материалы по истории техники и психологии творчества... Ежемесячно картотека должна пополняться по крайней мере 30—40 выписками. Удобно, когда выписки сделаны на отдельных карточках. В принципе можно использовать и перфокарты, но если количество

карточек измеряется тысячами (а только тогда имеет смысл применение перфокарт), то отстает процесс анализа и переработки собираемой информации. В хорошей картотеке должно быть не более тысячи карточек: как только возникает группа однотипных карточек, необходимо заменить ее одной карточкой, отражающей общий принцип, правило, закономерность.

«Охота за информацией», пополнение картотеки и переработка собранной информации намного интереснее, чем, скажем, коллекционирование марок или спичечных этикеток. Коллекционирование почти никогда не переходит в исследование, сбор же «аризной информации» очень быстро перерастает в научно-исследовательскую работу. Попадает, например, в картотеку патент ФРГ № 1 616 242: антенна с изменяемой геометрией имеет отражатель в виде гиперболоида вращения. Тут привлекает простота. Два диска расположены параллельно и соединены проводами; получается конструкция в виде цилиндра. Если теперь начать вращать диски в разные стороны, цилиндр превратится в гиперболоид вращения. Криволинейная конструкция образована прямолинейными элементами! Как в знаменитой башне Шухова в Москве, на Шаболовке. А в японском патенте 44-20937 тот же гиперболоид использован в опорах ленточного конвейера: вместо роликовых опор неизменной формы использованы регулируемые гиперболические опоры. Но разве только в ленточных конвейерах нерегулируемый ролик-каток плохо работает в паре с гибкой цилиндрической поверхностью? Начинает вырисовываться правило: если есть пара «ролик и поверхность меняющейся кривизны», то для лучшего взаимодействия элементов пары ролик надо сделать в виде регулируемого гиперболоида вращения... Впрочем, правило выводить еще рано, надо продолжить сбор информации: инструмент для обработки поверхности оптических деталей (авт. св. № 156 864); камера для нанесения полимерных покрытий (авт. св. № 280 819); герметичный элемент, допускающий осевое скручивание (авт. св. № 309 185); инструмент для алмазного выравнивания (авт. св. № 437 611)... Десять, двадцать, тридцать таких примеров — и вырисовывается правило: в таких-то случаях следует таким-то образом использовать такие-то свойства гиперболоида вращения. Одна карточка с правилом заменяет десятки частных примеров. И сразу напрашивается мысль объединить эту карточку с аналогичной карточкой по применению ленты Мёбиуса. Теперь просматривается дальняя цель исследования: нужно получить аналогичные карточки по другим геометрическим структурам (сфера и т. д.), а потом попытаться сформулировать общие правила или составить таблицу для решения «геометрических» изобретательских задач. Такая работа может потребовать двух-

трех лет, но трудно даже подсчитать, сколько «человеко-лет» сэкономит потом хорошая «геометрическая» таблица...

Мы привели только один пример, но читатель, наверное, уже увидел, что личная картотека — это не просто накопитель информации, а реактор, в котором информация перерабатывается. Может возникнуть вопрос: а не кустарничество это — в одиночку собирать личные картотеки? Разве может один человек объять необъятное? Нет, это не кустарничество: личные картотеки входят в коллективную систему *сводной картотеки*. В каждой школе изобретательского творчества преподаватели постоянно контролируют личные картотеки. Наиболее интересные карточки копируются и раз в году выпускаются тиражом, достаточным для обмена с другими школами. Обычно в каждом выпуске сводной картотеки 50 карточек с комментариями. За год сводная картотека увеличивается на несколько тысяч карточек. И дело не только в количестве карточек. Меняется качество информации. Возможности личной картотеки ограничены кругозором одного человека. Как бы ни был велик этот кругозор, он намного меньше коллективного кругозора тысяч специалистов, участвующих в составлении сводной картотеки, в которой сталкиваются потоки информации из самых разных отраслей науки и техники. Причем вся эта информация изложена в единых понятиях АРИЗ: ситуация, задача, модель задачи, технические и физические противоречия, ИКР, прием, выполненные преобразования и т. д. Поскольку в сводную картотеку попадает отборная информация, «реакции» внутри сводной картотеки идут очень быстро: формулируются новые приемы, правила, стандарты. Информация концентрируется, переходит в таблицы, и сводная картотека остается компактной.

ЧАС, ДЕНЬ ВСЯ ЖИЗНЬ...

Итак, освоение АРИЗ, плюс регулярное пополнение личной картотеки, плюс изучение все новых и новых выпусков сводной картотеки... Кроме того, в школах изобретательского творчества от слушателей требуют постоянного чтения научной фантастики: хороший фантастический рассказ — это не только художественная литература, но и упражнение по развитию воображения. Кроме того, надо овладеть основами патентоведения... Где взять время на все это?

Жалобы на нехватку времени — чуть ли не главные жалобы XX века. Времени не хватает всем, даже бездельникам. Но вместе с тем никто серьезно не учитывает расход времени. О зарплате за прошлый месяц каждый может сказать с точностью до рубля.

Но кто может сказать, сколько часов в прошлом месяце было потрачено на чтение? Сколько часов ушло на передвижение? Сколько часов потеряно и почему?

В одной школе изобретательского творчества преподаватель раздал слушателям табличку расхода времени и попросил вернуть ее через неделю. Табличка была простая: требовалось каждый день отмечать расход времени на основную творческую работу, на вспомогательную творческую работу (например, подбор материалов для основной работы), на чтение и т. д. Преподаватель объяснил, что записывать следует только «чистое» время: разговоры, передвижение и прочие потери времени отмечаются отдельно. Через неделю группа не сдала домашнее задание. Преподаватель тщетно просил вернуть таблицы. В конце концов, один из слушателей признался: таблицы есть, но сдавать их стыдно...

В 1974 г. издательство «Советская Россия» выпустило небольшую книжку Д. Гранина «Эта странная жизнь» — о биологе Александре Александровиче Любичеве. С 1916 года (Любичеву было тогда 26 лет) он начал вести ежедневный учет расходуемого времени. На протяжении 56 лет Любичев ежедневно записывал, сколько времени потрачено на основную научную работу, сколько — на дополнительную, какие были еще работы, сколько времени потеряно и почему. Каждый месяц составлялась сводка, каждый год подводился годовой баланс. Разумеется, учитывалось только «чистое» время, без каких бы то ни было потерь. Подчеркиваем, учет велся ежедневно на протяжении 56 лет.

Что дает такой учет?

Прежде всего, он позволяет зафиксировать потери времени и определить их причины. Если известны причины потерь, легче бороться за лучшее использование времени. Далее, регулярный учет вырабатывает умение с высокой точностью оценивать в часах любую предстоящую работу. Это дает возможность планировать работу на многие годы вперед. Любичев имел систему целей



и планов (он хотел создать периодическую систему биологических объектов) на всю жизнь, на пятилетку, на год, на месяц. Учет времени помогал сравнивать эффективность разных способов выполнения одной и той же работы и применять в дальнейшем более эффективные способы. Из года в год сокращались потери времени, планирование становилось точнее, работа шла лучше. Последние 20 лет жизни Любичев работал более продуктивно, чем в молодости.

Система планирования и учета времени постепенно меняла стиль жизни Любичева. Если поставлены четкие цели и на счету каждая минута, из жизни вытесняется суета во всех ее проявлениях. Вырабатывается умение оценивать чужие работы — видеть заложенный в них истинный труд. Отсюда независимость в суждениях. Огромное количество сэкономленного времени позволяет получить широкие знания в философии, истории, литературе, математике...

В книге Гранина обо всем этом рассказано подробно. Мы настоятельно советуем прочитать эту книгу. А здесь отметим только одно: АРИЗ — не волшебная палочка, позволяющая без труда решать творческие задачи. Чтобы эффективно применять АРИЗ, нужно много работать. Поэтому планирование и учет расхода времени — это необходимость. Если они не ведутся — что стоят жалобы на нехватку времени? Ну, а когда планирование и учет расхода времени налажены, жалоб обычно не бывает: их вытесняет деловое обсуждение — как уменьшить те или иные потери времени...

* * *

«Решение задач из своей области средствами этой области» — таков обычный подход к изобретательскому творчеству. Но мы уже видели: интересные задачи не вписываются в рамки узкой специализации, а самые сильные средства решения обязательно находятся вдали от задачи. «Решение любых задач средствами из любых областей» — только на этой формуле может основываться научная организация творчества. Но чтобы это не было пустой декларацией, требуются обширные знания и, главное, четкое управление их использованием — до решения задачи, когда идет накопление информации на будущее, и в процессе решения, когда информация вводится в действие.

Управление мышлением... Проверьте себя. Вот упражнение: «Дождь, снег, радуга, эхо, полярное сияние — реальные природные явления. Придумайте фантастическое природное явление — столь же интересное и впечатляющее».

Информации на эту тему у вас предостаточно. Нужно только управлять этой информацией. Если вы хотя бы на мгновение растерялись и мысль начала метаться, пытаться нащупать ответ беспорядочными пробами, значит, мышление управляется неважно. Да, мы не рассматривали таких упражнений. Но это творческая задача, и решать ее надо не методом проб и ошибок, а управляя мышлением. Разве нельзя применить здесь оператор РВС? Или верный анализ и верные преобразования? Или поставить вопрос шире: какие противоречия приходится преодолевать при выполнении подобных упражнений и какие «шаги» для этого нужны?..

Нельзя просто «выучить АРИЗ» — раз и навсегда. Нужно регулярно пополнять информационный фонд и, главное, нужно постоянно тренироваться в решении задач, совершенствуя управление мышлением.

СИЛА РАЗУМА

КОЕ-ЧТО О ШЕРЛОКЕ ХОЛМСЕ

До сих пор мы говорили об изобретательстве. А как обстоит дело с творчеством в других областях? Возможна ли там алгоритмизация процесса решения задач, считающихся творческими?

Давайте начнем с криминалистики. С Шерлока Холмса и его дедуктивного метода. Кстати, сам Холмс не раз говорил доктору Уотсону, что хотел бы видеть вместо рассказов о раскрытии преступлений учебник по теории раскрытия: «Преступление — вещь повседневная. Логика — редкая. Именно на логике, а не на раскрытии преступлений вам и следовало бы сосредоточиться. А у вас курс серьезных лекций превратился в сборник занимательных рассказов»¹. Что ж, исправим хотя бы отчасти «ошибку» доктора Уотсона.

Перелистайте рассказы о Шерлоке Холмсе: в каждом рассказе содержится сложная криминалистическая задача. Нетрудно заметить, что почти всегда в основе задачи лежит криминалистическое противоречие, по форме подобное физическому противоречию. Вот, например, рассказ «Человек с рассеченной губой». Из помещения исчез человек, хотя ни выйти, ни спрятаться он не мог. Противоречие: «Человек находится здесь, поскольку он не мог исчезнуть из этого помещения, и человека здесь нет, поскольку все присутствующие — другие люди». Сыщики из Скотланд-Ярда решают такие задачи методом проб и ошибок, хватаясь в первую очередь за варианты, кажущиеся очевидными. А Шерлок Холмс использует свой метод. Суть этого метода Холмс излагает в одной из бесед с Уотсоном:

«...При решении подобных задач очень важно уметь рассуждать ретроспективно. Это чрезвычайно ценная способность, и ее

нетрудно развить, но теперь почему-то мало этим занимаются. В повседневной жизни гораздо полезнее думать наперед, поэтому рассуждения обратным ходом сейчас не в почете. Из пятидесяти человек лишь один умеет рассуждать аналитически, остальные же мыслят только синтетически.

— Должен признаться, что я вас не совсем понимаю.

— Я так и думал. Попробую объяснить это понятнее. Большинство людей, если вы перечислите им все факты один за другим, предскажут вам результат. Они могут мысленно сопоставить факты и сделать вывод, что должно произойти что-то. Но лишь немногие, узнав результат, способны проделать умственную работу, которая дает возможность проследить, какие же причины привели к этому результату. Вот эту способность я называю ретроспективными, или аналитическими, рассуждениями»¹.

Мысль Холмса можно пояснить простым примером. Предположим, дана задача: «40 плюс 60. Что получится?» Решить такую задачу просто: есть «факт» (40), есть еще «факт» (60), складываем, получаем «результат» (100). По терминологии Холмса это — синтетическое мышление. Вторая задача: «Дано 100. Как это число получилось при сложении?» Налицо «результат» (100), и надо узнать, суммой каких «фактов» (чисел) он является. Тут по терминологии Холмса нужно аналитическое, дедуктивное мышление. Задача трудная. Может быть, 100 — это сумма 35 и 65. А может быть — 12 и 88. Или 56, 14 и 30...

Чтобы усилить аналогию, надо допустить, что некоторые известные нам «факты» (цифры) лишние, т. е. даны не только числа от 1 до 99, но и 356, 2452 и т. д., которые не могут войти ни в какую сумму, но мы об этом не знаем и можем пытаться получить 100, складывая 2452 и 74... А некоторых нужных «фактов» (цифр) нет, т. е. мы почему-то забыли о существовании, например, чисел 10, 20, 30 и т. д. В этих условиях идти «обратным ходом» — от результата к породившим его фактам — действительно очень трудно.

Так обстоит дело и при решении изобретательских задач. Нетрудно предугадать, что получится, если применить определенный физический эффект в сочетании с определенным приемом. Но в изобретательской задаче известен «результат» («бухта должна быть очищена от ила»), и неизвестно, суммой каких действий (эффектов, приемов) он должен быть получен.

Как же действует Холмс?

Прежде всего он отбрасывает лишние факты, оставляя только те, которые действительно необходимы: «В искусстве раскрытия

¹ А. Конан Дойль. Собр. соч. в 8 томах. Изд-во «Правда», 1966, т. 1, с. 519. Далее цитаты по этому изданию.

¹ Там же, т. 1, с. 144.

преступлений первостепенное значение имеет способность выделить из огромного количества фактов существенные и отбросить случайные. Иначе ваша энергия и внимание непременно распылятся вместо того, чтобы сосредоточиться на главном»¹. Холмс много раз возвращается к этой мысли. С точки зрения теории решения изобретательских задач, это тоже очень важно: речь идет о построении модели задачи. Лишние факты должны быть отброшены, а из оставшихся абсолютно необходимых фактов надо построить модель конфликта.

Сразу возникает вопрос: а как быть с недостающими фактами? Вот ответ Холмса: «Идеальный мыслитель, — заметил он, — рассмотрев со всех сторон единичный факт, может проследить не только всю цепь событий, результатом которых он является, но также все вытекающие из него последствия. Подобно тому, как Кювье мог правильно описать целое животное, глядя на одну его кость, наблюдатель, досконально изучивший одно звено в цепи событий, должен быть в состоянии точно установить все остальные звенья, и предшествующие, и последующие»². Тут прямо напрашивается аналогия с правилами полного анализа. Когда мы говорим, что дано одно вещество и потому надо добавить еще одно вещество и поле, идет достройка «звеньев цепи». Аналогично можно продолжить (даже термины в чем-то сходные: есть, скажем, ценные венполи...), но это всего лишь аналогия. Важно другое: чтобы получить недостающие факты путем наращивания «цепи», нужно знать, какие «звенья» можно стыковать и как именно. Нужно знать, как строить систему фактов, т. е. нужно знать законы построения и перестроения систем. Разумеется, эти законы различны для изобретательства и криминалистики. Но важен подход: надо знать и использовать законы достройки и преобразования моделей задач (а для этого надо знать законы развития систем — изобретательских, криминалистических или любых других).

Кроме знания законов, по которым «стыкуются» факты, нужно иметь в запасе обширный набор фактов, могущих понадобиться при «стыковке». То есть нужно иметь мощное информационное обеспечение: «Посредством умозаключений можно решить такие задачи, которые ставили в тупик всех, кто искал их решения с помощью своих чувств. Однако, чтобы довести это искусство до совершенства, мыслитель должен иметь возможность использовать все известные ему факты, а это само по себе предполагает, как вы легко убедитесь, исчерпывающие познания во всех областях на-

укл...»¹. И Холмс старается «объять необъятное»: ведет картотеку, тщательно упорядочивает информацию и стремится сжать ее, заменяя множество однотипных фактов одним правилом.

Можно привести интереснейшие высказывания Холмса о том, как должен быть организован информационный фонд, как надо управлять мышлением, чтобы гасить психологическую инерцию, и т. д., и т. п. Но мы не хотим лишать читателя удовольствия заново перечитать А. Конан Дойля. Сейчас нам важно другое. В эпоху, когда криминалистические задачи и в самом деле решались примитивным перебором вариантов, Конан Дойль спрогнозировал возникновение научной криминалистики — и не ошибся. И что самое важное: решение криминалистических задач по методу Холмса (или на основе современной научной криминалистики) похоже — хотя бы и в общих чертах — на решение задач по АРИЗ. Приходится строить модель задачи, выявлять противоречие, преодолевать психологическую инерцию, использовать информационный фонд («таблица криминалистических эффектов»: зависимость между ростом преступника и длиной его шагов, зависимость между сортом табака и свойствами пепла и т. д.).

Ну, а раз алгоритмизация (или «онаучивание») процесса решения задач в изобретательстве и криминалистике идут сходными путями, почему бы теми же путями не пойти и в науке?

ИЗОБРЕТЕНИЕ И ОТКРЫТИЕ: В ЧЕМ, СОБСТВЕННО, РАЗНИЦА?

Потребность в эффективных методах решения творческих задач в технике была осознана еще 30—40 лет назад. Появились методы, если и не порывавшие с древней тактикой бессистемного перебора вариантов, то, по крайней мере, пытавшиеся повысить ее эффективность: мозговой штурм, морфологический анализ, синектика. Почти одновременно началась и разработка АРИЗ. Современный инженер, как правило, хорошо понимает необходимость освоения теории решения изобретательских задач или хотя бы ее фрагментов — приемов, методов, правил.

В науке иное положение. Здесь еще сильны традиционные представления, согласно которым открытия делаются особо одаренными людьми, наделенными природными способностями и обладающими глубокими знаниями. Метод проб и ошибок (молодые научные сотрудники непочтительно называют его «методом научного тыка») в науке считается вполне естественным. Конечно, наука не может утверждать, что творческие процессы непознава-

¹ Там же, т. 2, с. 126.

² Там же, т. 1, с. 369

¹ Там же, т. 1, с. 369—370.

емы и не поддаются усовершенствованию. Такое утверждение противоречило бы самому духу науки. Но существуют удобные формулировки: «Главное — интуиция, а механизм интуиции пока не раскрыт...»

Еще совсем недавно слово «ученый» было синонимом слова «мудрец», и где-то в подсознании мы до сих пор связываем эти слова. Можно ли сомневаться в том, что мудрец умеет правильно мыслить?!

Некоторые ученые сравнивали процесс открытия с восхождением на труднодоступную вершину. Лезешь вверх, говорили они, выбиваешься из сил, срываешься, падаешь, снова карабкаешься вверх, а когда, наконец, поднимаешься на вершину, то обнаруживаешь, что рядом была прямая и удобная дорога... Такие сравнения охотно цитировали, пересказывали, но «теорию поиска прямых и удобных дорог» никто серьезно не разрабатывал.

В 1930 году в Оксфорде вышла книга математика Р. Фишера «Генетическая теория естественного отбора». В ней Фишер, в частности, показал, что для формулирования законов, открытых Менделем, не было даже необходимости в экспериментах: достаточно было разумно использовать обыден-

ные знания, имеющиеся у каждого человека. Все мы знаем, что в среднем ребенок от отца получает примерно столько же наследственных признаков, сколько от матери. Это первая предпосылка.

Во-вторых, мы часто видим, что ребенок получает свои признаки не непосредственно от отца, а, скажем, от деда. Из этого нетрудно сделать вывод, что данный признак в скрытом виде находился и у отца, но был как бы прикрыт другим, аналогичным ему признаком и вынырнул затем лишь в третьем поколении (считая за первое поколение деда). Этих двух предпосылок было бы уже достаточно, чтобы прийти к выводу, что обычно у человека (да и у других организмов, вероятно) каждый признак представлен по крайней мере двумя задатками — от матери и от отца, причем один из них может подавлять собой другой. Это означает диплоидность генов и возможность доминирования одного признака над другим. Отсюда естественно вытекают и те численные отношения, которые вывел Мендель для одной пары признаков.



Третьей предпосылкой является то наблюдение, что ребенок получает признаки разных органов (цвет глаз, форма носа или цвет волос и т. д.) независимо друг от друга. Так, цвет глаз сын иногда наследует от отца, а вьющиеся волосы — от матери. Другой ребенок в этой семье может получить цвет глаз от матери, а гладкие волосы от отца или оба признака от одного родителя. Это уже дает основание для представления о независимом наследовании непарных признаков, к которому пришел Мендель. Короче говоря, все основные законы Менделя человек, мыслящий точно и имеющий лишь обычный житейский опыт, мог бы достаточно уверенно вывести даже без эксперимента.

Высказывание Фишера — редчайший случай критического отношения к эффективности научного мышления. Факты запаздывания открытий довольно многочисленны, и их видели многие. Но тут же находили оправдания... Типичный пример — история открытия пенициллина в изложении канадского ученого Г. Селье:

«Вот история его открытия. В то время как английский микробиолог сэр Александр Флеминг занимался изучением гриппа, на чашке с культурой стафилококка случайно развивалась плесень и создавала круг, свободный от микроорганизмов. Флеминг немедленно сделал вывод, что какое-то активное вещество (он назвал его пенициллином), продуцируемое плесенью, убивает микробов. Он предположил также, что это вещество может быть использовано для борьбы с инфекционными болезнями. Вы можете сказать, что любой человек, оказавшийся перед лицом подобных фактов, пришел бы к тому же выводу. Однако история свидетельствует, что это не так. В самом деле, подобные наблюдения над различными видами плесени и различными микробами делались не раз и прежде, однако никто серьезно не подумал об их использовании. На первый взгляд, плесень кажется такой грязью, что представляется невероятным, чтобы кто-нибудь захотел приложить ее к ране или впрыснуть больному человеку. Плесень обычно растет на испорченных продуктах, и мы так привыкли рассматривать ее как нечто вредное, что только в высшей степени творческий, оригинальный ум, полностью освободившийся от привычных шаблонов мысли, мог сделать подобное открытие. Все другие микробиологи, которым приходилось видеть микробные культуры, разрушенные присутствием плесени, просто заключили, что нельзя допускать плесень в эти культуры. Нужна была вспышка гения, чтобы увидеть всю перспективность этого основного наблюдения»¹.

¹ Г. Селье. На уровне целого организма. М., «Наука», 1972, с. 17.

Микробиологи видели, что плесень убивает микробы. Знали, что инфекционные болезни вызываются микробами. Но объединить эти два факта не смогли. Психологическая трещина была совсем мала — и все же ее не удавалось преодолеть. Казалось бы, надо было встревожиться: почему мысль останавливается перед столь небольшими препятствиями и что надо сделать, чтобы преодолеть эту психологическую инерцию? Но Селье делает иной вывод: такой уровень мышления вполне естествен, поэтому, чтобы объединить эти два факта, нужна была «вспышка гения»...

Интересно отметить, что запоздало и учение о «стрессе», созданное самим Селье, причем запоздало на целое столетие! Селье пишет, что для установления открытых им закономерностей вполне достаточно было общезвестных наблюдений об одинаковом начале различных заболеваний и очень элементарных опытов. Но снова потребовалась «вспышка гения», чтобы увидеть очевидное...

Классический пример открытия — обнаружение радиоактивности А. А. Беккерелем. История этого открытия со всеми необходимыми атрибутами — ярким проявлением случайностей, обязательной «вспышкой гения» — описана в учебниках, пересказана в научно-популярных книгах, очерках, статьях. Мы как-то устроили опрос на одном семинаре по АРИЗ. Выяснилось, что все участники семинара знали дату, автора и обстоятельства открытия. И ни один не знал, что почти за сорок лет до Беккереля Ньепс де сен Виктор обнаружил, что азотнокислый уранил в темноте засвечивает фотопластинку. Десять лет Ньепс наблюдал это явление и накапливал факты. В 1868 г. он сделал доклад в Парижской академии наук. Доклад выслушали, тезисы напечатали — и не обратили никакого внимания! Незамеченными прошли и аналогичные опыты Арнодона, химика из Лиона... Тут не требовалось даже стыковать факты, открытие было изложено в готовом виде, оставалось только заинтересоваться им, оценить — пусть в сто раз меньше — его значение...

«Сбои» научной мысли забываются, в памяти остаются «вспышки гения» — и история научных открытий представляется каскадом феерических подвигов мысли. Что и говорить, открытия очень важны, каждое из них так или иначе влияет на судьбу человечества. Но вот пути к открытиям крайне несовершенны, технология решения «открывательских задач» в основе своей не изменилась с древнейших времен: все тот же метод проб и ошибок, перебор вариантов, долгое топтание перед самыми небольшими психологическими препятствиями...

Можно ли решать «открывательские задачи» иначе?

Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим, как была решена небольшая, но очень типичная научная задача.

В 1897 году Рассел обнаружил, что очищенная от окислов поверхность некоторых металлов способна создавать скрытое изображение на фотопластинке. Если в темной комнате приложить к цинковому кольцу фотопластинку, а потом проявить ее, получится отпечаток этого кольца.

Открытие Рассела было сделано после открытия катодных, анодных, рентгеновских и радиоактивных лучей. В эту эпоху все, похожее на новый вид излучения, сразу привлекало всеобщее внимание, поэтому «эффект Рассела» не остался незамеченным. Вскоре однако выяснилось, что лучи здесь ни при чем. Освобожденная от окислов поверхность металла взаимодействует с влагой воздуха, поглощая кислород и выделяя водород в атомарном, очень активном состоянии. Атомарный водород, воздействуя на слой фотоэмульсии, вызывает ее почернение.

Казалось бы, механизм эффекта Рассела ясен. Но тут обнаружилось удивительное явление. Пластинку отодвигали от цинка на десять сантиметров, и все равно она чернела. Это противоречило хорошо известным свойствам атомарного водорода: при нормальном давлении атомы водорода не могут пробегать такое расстояние, они должны попарно соединиться и стать молекулами. А молекулярный водород не действует на фотоэмульсию.

Свыше семидесяти лет это явление оставалось неразгаданным. Объяснение нашел ленинградский инженер, преподаватель АРИЗ В. В. Митрофанов. Он прежде всего четко сформулировал физическое противоречие: «Атомарный водород должен преодолевать расстояние от металла до пластинки, чтобы вызвать ее почернение, и атомарный водород не должен преодолевать этого расстояния, потому что он этого не может». Противоречие видели и до Митрофанова. Но воспринимали это противоречие как сигнал: «Так быть не может». С точки зрения теории решения изобретательских задач, все наоборот: так вполне может быть, решение любой изобретательской задачи представляет собой пример совмещения несовместимого...

«Вещество есть и вещества нет» — такое противоречие уже встречалось нам в задаче 25 о внесении тонкодисперсного железного порошка в полимер. Там тоже нельзя было донести частицы железа до полимера: железо по пути окислялось. Идея решения заключалась в том, чтобы на время «прикрыть» каждый атом железа, соединив его с другими атомами в легкораспадающуюся молекулу; попав в полимер, эта молекула распадется, и железо будет, таким образом, доставлено в активном атомарном состоянии. В. В. Митрофанов предположил, что подобный механизм имеет место и при засвечивании пластинки. У поверхности металла образуется атомарный водород. Но атомы водорода по-

царно соединяются, образуя молекулы. Как и в решении задачи 25, это молекулы легкораспадающиеся, возбужденные (знакомые всем из школьной химии молекулы H_2 , но обладающие высокой энергией и потому готовые вот-вот «лопнуть» подобно надутому до предела воздушному шарiku). Такие молекулы преодолевают расстояние от металла до фотопластины: все-таки это молекулы, атомарного водорода нет! Но достигнув пластинки, возбужденные молекулы сталкиваются с ее поверхностным слоем, который тоже наделен избытком энергии. И уже тут молекулы разрушаются: есть атомарный водород!

Самое поразительное, что все факты, потребовавшиеся для решения задачи, хорошо известны по школьным курсам физики и химии. Был и инструмент для их соединения: формулировка физического противоречия. Но инструмент отбрасывали, и факты оставались несоединенными...

На одном семинаре преподаватель пригласил к доске слушателя-физика, объяснил задачу, связанную с эффектом Рассела, и предложил ее решить. Первые восемь минут ушли на препирания: слушатель утверждал, что это несерьезно — вот так, сразу, у доски решать подобные задачи. А вдруг потребуются эксперименты? А вдруг неверны исходные данные? А вдруг каких-то данных недостает?.. Наконец, преподаватель уговорил слушателя и тот начал решать задачу. В сущности, это были все те же попытки уклониться от решения: «Может быть, почерпение вызывается не атомарным водородом, а чем-то другим?.. Может быть, здесь проявляется совместное действие водорода и еще какого-то фактора?..» Так продолжалось десять минут, после чего преподаватель сказал: «Давайте исходить из того, что есть твердо установленный факт — почерпение пластинки вызвано именно атомарным водородом. Сформулируйте противоречие и найдите условия, при которых водород ведет себя так, как требует эта формулировка». Вот запись дальнейшего диалога:

Слушатель: — Противоречие заключается в том, что атомарный водород должен зачернять пластинку, поскольку вы утверждаете, что это так, и не должен этого делать, поскольку он не может пройти расстояние от металла до пластинки. Это, конечно, не совсем точно: отдельные атомы водорода вполне могут достичь пластинки... Может быть, дальше идет цепная реакция?

Преподаватель: — Мы будем оперировать только теми достоверными фактами, которые даны в условиях задачи. Если ничего не получится, тогда начнем вводить новые факты. А пока в этом нет необходимости.

Слушатель: — Хорошо. Итак, атомарный водород есть и атомарного водорода нет.

(Пауза)

Преподаватель: — Вспомните простейшие операции по шагу 4.1.

Слушатель: — Противоречивое требование можно разделить в пространстве и времени. Потом — использование переходных состояний. Но атомарный водород, превратившись в молекулярный, сам не перейдет снова в атомарное состояние... Еще один путь — перестройка структуры. Непонятно: что менять в атомарном водороде?

Преподаватель: — Что ж, разделим противоречивые требования в пространстве и во времени.

Слушатель: — Это подразумевается в условиях задачи.

Преподаватель: — Ничего. Давайте четко разделим противоречивые требования во времени и в пространстве.

Слушатель: — В какой-то момент времени у поверхности металла образуется атомарный водород. Можно считать, что в это время он есть. Но тут же он исчезает, превращается в молекулярный водород. И через какое-то время снова появляется у фотопластины... Единственная возможность: фотопластинка сама расщепляет молекулярный водород.

Преподаватель: — А это реально?

Слушатель: — Насчет фотопластины не знаю. Некоторые металлы, например палладий, поглощают водород и при нагревании выделяют его в атомарном состоянии. Но ведь по условиям задачи молекулярный водород не взаимодействует с пластинкой! Она не может его поглощать.

Преподаватель: — Да, не может.

Слушатель: — Идея решения все равно годится. Атомарный водород на время перехода от металла к пластинке перестает быть атомарным и образует какое-то неустойчивое соединение, которое распадается, ударяясь о поверхность пластинки... Мы неправильно сформулировали противоречие. Атомарный водород по условиям задачи есть, он наверняка образуется у металла и — так говорится в задаче — наверняка появляется у поверхности пластинки. Противоречие надо отнести к молекулярному водороду: он есть, потому что атомарный водород не может существовать в пространстве между металлом и пластинкой, и его нет, потому что пластинка чернеет. Тогда все увязывается: сначала водород существует в атомарном виде, потом атомарный водород сам превращается в молекулярный, а молекулярный водород сам распадается на атомы при столкновении с пластинкой... Не пластинка разбивает молекулу водорода, а молекула сама распадается при

встрече с пластинкой. Для этого молекула должна быть в неустойчивом состоянии. Возбужденная молекула... противоречие устраняется по третьему пункту шага 4.1: возбужденная молекула водорода — это и не атомарный водород, и не молекулярный...

Заняв этот диалог немногим более семи минут. Чтобы решить задачу, потребовалось сформулировать физическое противоречие и определить условия, при которых уживаются противоречивые требования. («Подсказки» преподавателя ограничивались тем, что записано в АРИЗ: сформулируй физическое противоречие, примени простейшие правила преобразования системы... На первых этапах обучения АРИЗ преподавателю приходится напоминать: не бойся задачи, иди по шагам, сформулируй противоречие... Мысль, не приученная к направленному движению, то и дело срывается на привычное «А если сделать так?» или останавливается перед самым небольшим психологическим препятствием. После 50—70 учебных задач это проходит, появляется привычка строить модель задачи, находить противоречие и внимательно рассматривать его — и только потом искать ответ, опять-таки организованно, используя законы, правила, формулы, таблицы...)

В научных задачах отчетливо просматриваются противоречия, которые и делают задачи задачами, и простые в общем приемы преодоления этих противоречий. В 1856 году немецкий химик Ф. А. Кекуле предложил структурную формулу бензола. Эта формула предусматривала существование двух изомеров, которые, однако, не удалось выделить. Возникло противоречие: изомеры есть и изомеров нет... Как и в задаче об эффекте Рассела, противоречие устраняется по шагу 4.1 (пункты «б» и «в»): молекулы находятся то в одном, то в другом состоянии. Причем эти переходы совершаются настолько быстро, что невозможно поймать и отделить молекулы, которые в данный момент находятся в каком-то одном состоянии.

Еще один пример. В 1957 году американские физики Джон Бардин, Джон Шриффер и Леон Купер выдвинули теорию сверхпроводимости (ее называют теорией БШК), за которую они были удостоены Нобелевской премии. Построение теории БШК — классический случай преодоления противоречия. Чтобы был возможен макроскопический квантовый эффект — незатухающий, сверхпроводящий ток, необходимо одной волновой функцией описать великое множество переносчиков этого тока, т. е. все электроны должны быть в одном и том же квантовом состоянии. А электроны подчиняются запрету Паули, согласно которому в одном и том же квантовом состоянии больше одной частицы находиться не

может. В теории БШК это противоречие преодолено в духе шага 4.1 г: допустим, электроны с противоположными спинами объединены в пары, имеющие нулевой спин. На такие пары принцип Паули не распространяется. Все, противоречие снято! Есть множество электронов, находящихся в одном квантовом состоянии, и таких электронов как бы нет, они спрятаны в парах...

Обратите внимание: в двух разных примерах одно и то же противоречие и преодолено оно одним и тем же стандартным приемом.

И еще пример. В 1889 году было обнаружено, что удаление поджелудочной железы вызывает диабет. Однако при перевязке («отключении») железы несмотря на то, что пищеварительный сок в кишечник не поступал, диабета не обнаруживалось. Возникло противоречие: поджелудочная железа ответственна и не ответственна за диабет. В 1900 году петербургский врач Л. С. Соболев разделил противоречие в пространстве: он высказал мысль, что поджелудочная железа состоит из двух частей, одна из которых ответственна за диабет, а другая с диабетом никак не связана и участвует лишь в процессах пищеварения. Соболев предположил, что частью, ответственной за диабет (точнее, за предотвращение диабета), являются давно известные вкрапления в поджелудочной железе — «островки Лангерганса». В дальнейшем это было подтверждено экспериментально. Кстати, аналогичное разделение свойств в пространстве мы использовали при решении задачи 13 о запайке ампул...

Собрав и рассмотрев множество подобных примеров, сотрудники Бакинской общественной лаборатории изобретательства выдвинули идею построения алгоритма решения научных задач, основанного на выявлении и преодолении противоречий, лежащих в основе «задач на открытие». Они рассматривают научные представления, гипотезы и теории как научные системы, которые развиваются подобно техническим системам. Разница, в сущности, в том, что изменение, внесенное в техническую систему, воплощается материально: мы строим новую систему. Изменение же, внесенное в научное представление, не требует «внедрения» в природу: достаточно, если новое представление ^{лучше} объясняет и позволяет предсказывать новые факты. Например, наблюдатели обнаруживают пульсары — звезды с меняющимся радиоизлучением, причем частота «радиовсплесков» — десятые и даже сотые доли секунды. Такой факт противоречит имеющимся представлениям о звездах. Чтобы объяснить «всплески» радиоизлучения от какого-то источника на поверхности звезды, надо допустить, что звезда вращается с колоссальной скоростью — десятки оборотов в секунду; но звезда не выдержит этой бешеной скорости, цент-

робежные силы разорвут ее на части... Астрофизик должен преодолеть это противоречие, продумав соответствующую «конструкцию» звезды. Но эту «конструкцию» не нужно «внедрять» в природу, она уже существует...

Алгоритм решения научных задач, предложенный Бакинской лабораторией, пока испытывается и совершенствуется. В технике проще: есть готовый патентный фонд, позволяющий изучать законы развития технических систем. В науке такого фонда нет: сведения об открытиях растворены в океане научной литературы. Но работа идет и, наверное, через несколько лет можно будет рассказать о задачах, решенных по алгоритму.



ПРОФЕССОР Н., АВТОР «ЗНАМЕНИТОЙ ТЕОРИИ КВАЗИМОДУЛЯЦИОННОГО ГИПЕРОПТИМУМА»...

А как с «художественными задачами»? Неужели и в этих задачах скрытаны противоречия? Неужели и здесь есть стандартные приемы?

Такие вопросы и ставить страшно... Идея непознаваемости творчества необычайно сильна в искусстве. Мы уже приводили высказывание драматурга В. Розова: «...художник в момент творческого акта как бы не мыслит, мысль убьет творчество...» Гегель придерживался диаметрально противоположного мнения: «Нелепо думать, что подлинный художник не осознает того, что он делает... на всяком большом произведении искусства видно, что материал его долго и глубоко взвешивался и продумывался по всем направлениям». Но Гегеля можно «поправить», и Розов так и делает: «...художник мыслит до момента творчества и после него, во время же самого акта творчества рефлексии быть не должно». Вот так: быть не должно — и все! Тут не то что спорить — ставить проблему и то еретично...

И все-таки мы рискуем утверждать: решение художественных задач связано с теми же операциями, что и решение любых других задач. Для примера рассмотрим конкретную задачу. Создавая образ героя, писатель показывает дела и мысли изображаемого человека, отношения с другими людьми и с обществом. Представь-

те себе, что герой — ученый примерно такого ранга, как Эйнштейн. Чтобы образ получился художественно убедительным, нужно показать духовный мир и деятельность героя, а это требует вынесения на страницы рассказа, повести или романа научных вопросов во всей их сложности. Вспомните, с каким знанием дела описаны в «Войне и мире» батальные сцены. В романе об ученом с такой же тщательностью и глубиной пропихивания должны быть даны научные проблемы, дискуссии, конфликты... Не потому ли есть много великолепных произведений о музыкантах, артистах, политиках, полководцах и нет произведений такого уровня об ученых?

Если действие романа происходит в прошлом, писатель еще имеет возможность нарисовать образ героя, используя знания читателя. Скажем, герой — Джордано Бруно. Современный читатель понимает суть идей Бруно, чувствует их масштаб, смелость, знает исторические последствия — это дает опору романисту. Сложнее, когда действие происходит в наши дни. Предположим, в конце прошлого века романист пишет об Эйнштейне. Предположим далее, что писатель наперед знает все об Эйнштейне и его трудах. Но ведь читатель этого не знает! Для него слова «Эйнштейн» и «теория относительности» — пустой звук. Они наполнятся смыслом только в том случае, если в романе появится Эйнштейн со всем своим сложным духовным миром — идеями, сомнениями, прозрениями — и если путь к теории относительности будет показан с такими же подробностями, с какими, скажем, в «Войне и мире» показана Отечественная война 1812 года...

Ну, а теперь допустим, что герой не Эйнштейн, а ученый такого же ранга, но живущий в будущем, где-то в XXV веке. Писателю надо самому придумать теорию относительности для своего героя, а это просто невозможно!

Мы часто ругаем научную фантастику за художественную слабость. Но вот одна из объективных трудностей. Можно написать хороший роман о Галилее: известно, что он открыл и в чем состоял его конфликт с церковью. А что открыл ученый XXV века? Что он преодолел на пути к открытию? Что его мучило, радовало, терзало сомнениями, питало надеждами? С кем он боролся и почему? Не напишешь же, что ученый Н. создал «знаменитую теорию квазимодуляционного гипероптимума»: это мертвые слова, за ними ничего нет и потому они не имеют художественной силы.

Фантастика с момента своего возникновения столкнулась с этим типовым противоречием. Нужно, чтобы герой романа профессор Н. был автором «теории квазимодуляционного гипероптимума» или любой другой столь же знаменитой глобальной теории «из будущего», и нельзя, чтобы профессор Н. был этим автором,

ибо писатель не в состоянии придумать эту теорию, а читатель — понять.

Иногда это противоречие удавалось как-то обойти. Вот, например, капитан Немо — образ поразительной художественной достоверности. Нет ни малейших сомнений в том, что это великий ученый и человек сложной, трагической судьбы. Мы видим «Наутилус» — создание капитана Немо. Слышим, как капитан Немо говорит об освоении океана, ошеломляя каскадом блестящих идей. Жюль Верн отдал капитану Немо самые смелые свои прозрения, а остальные мастерски прикрыл таинственной дымкой. Капитан Немо появляется на страницах романа не часто, и это художественно оправдано. Профессор Аронакс и его друзья довольно быстро расстаются с капитаном Немо, это тоже вполне убедительно.

Образ капитана Немо — редчайшая удача. Зато примеров неудач более чем достаточно. Скажем, Кейвор из романа Г. Уэллса «Первые люди на Луне». По идее, это ученый, сочетающий глубинную теоретических познаний Эйнштейна с инженерным гением капитана Немо. Поначалу в это еще можно поверить: автор говорит, что Кейвор разгадал природу тяготения, построил первый космический аппарат... Но вот мы прислушиваемся к словам Кейвора, следим за его поступками — и возникает резкий диссонанс: не мог такой мелкий, пустой и недалекий человек придумать «кейворит». Иллюзия рушится, художественная достоверность исчезает, перед нами литературная неудача.

Итак, задача и противоречие. А раз так, должны быть и приемы преодоления противоречия. Они действительно существуют. Вот один из них, ставший почти типовым. Возьмем не «теорию квазимодуляционного гипероптимума», а что-нибудь известное всем читателям. Например, музыку — само ее существование. Допустим, в XXV веке музыки нет, она выродилась, вымерла, о ней забыли. И вот герой «изобретает» («открывает») музыку. Это сверхоткрытие: человечеству подарена Музыка! Событие глобальное, волнующее и в то же время до тонкостей понятное читателю. Получается «конструкция», очень удобная для художественного изображения: писателю легко реализовать такую «конструкцию», читателю легко ее воспринять... Рассказ об этом называется «Музыкадел», написан он Л. Биггл-младшим, перевод опубликован в сборнике «Музы в век звездолетов» (М., изд-во «Мир», 1969).

Другой вариант: предположим, что нет школ, непосредственное обучение в классах заменено телевизионными уроками. Все забыли, что такое радость живого общения с учителем и одноклассниками. Словом, Школа исчезла — как Музыка в предыдущем рассказе. И вот появляется Герой, который «изобретает» («открывает») Школу. Открытие великое, но всем понятное, можно без

объяснений разрабатывать художественно выигрышную ситуацию. Автор — Л. Биггл-младший, рассказ «Какая прелестная школа!..», помещен в десятом томе Библиотеки современной фантастики (М., «Молодая гвардия», 1967).

В том же томе есть рассказ Д. Куза «Цветы для Элджернона». Герой — умственно ущербный человек. Благодаря операции он начинает быстро развиваться: берется за книги, учится, обгоняет своих учителей. Показан гигантский взлет интеллекта, но читателю все понятно, ибо начальная точка сильно занижена, а вершина кривой лишь на короткое время поднимается над уровнем обычного мышления. Кстати, именно здесь у автора и не хватает красок, появляются художественно беспомощные строки в духе «теории квазимодуляционного гипероптимума»... Но Куза, спасая рассказ, тотчас же ведет кривую вниз: герой рассказа постепенно теряет высокий интеллект. Пара «прием — антиприем» сильнее одиночного приема, использованного Биггл-младшим.

Разумеется, многое зависит от художественного мастерства писателя. Одна и та же «конструкция» может быть воплощена в совершенно различные по художественной силе произведения.

В данном случае речь идет о решении задач в начальной стадии разработки художественного произведения — получении его идеи. На других этапах этого процесса — другие противоречия и другие приемы их устранения.

Может возникнуть вопрос: допустим, выявлены все приемы и построен алгоритм решения художественных задач; создание произведений искусства стало общедоступным — не означает ли это гибель искусства? Если алгоритм будет создан и все его освоит, решение задач, сегодня считающихся творческими, действительно перестанет быть творчеством. Возникнут новые, более сложные задачи. Со временем их решение тоже будет алгоритмизировано и появятся задачи еще более сложные. Этот процесс идет и без алгоритмизации: смысл, вкладываемый в понятие «творчество», медленно, но неуклонно меняется. Речь идет о том, чтобы это происходило быстрее.

Искусство и наука — открытые, безграничные системы. Во всяком случае, такими они сегодня представляются. Иначе обстоит дело с изобретательством. Здесь можно алгоритмизировать решение задач «без остатка». Вместо изобретательства появится точная наука о развитии технических систем и решении возникающих при этом задач. Что ж, та энергия, которую люди тратят сегодня на поиски решения изобретательских задач, найдет применение в других областях. Развитие технических систем должно идти вечно, это необходимое условие существования технической цивилизации.

Опираясь на опыт создания АРИЗ, можно сформулировать план разработки алгоритма решения задач в той или иной области.

1. Сначала надо собрать патентный фонд — задачи и ответы на них. В изобретательстве такой фонд был в готовом виде — обширный, охватывающий всевозможные отрасли, расклассифицированный, четкий по форме изложения, постоянно пополняющийся. Это значительно облегчило работу над АРИЗ. В науке такого фонда нет. Регистрация открытий ведется лишь два десятка лет и то лишь в нескольких странах. Описания «открывательских» задач и их ответы приходится собирать в литературе по истории науки, в мемуарах, в бесчисленных монографиях, учебниках, журнальных статьях. Еще сложнее собрать такой фонд в искусстве: тут регистрация открытий вообще не начата.

2. Эффективная тактика решения задач зависит от их уровня. На нижних уровнях вполне годится метод проб и ошибок. Вся проблема в том, как решать задачи высших уровней. Чтобы ответить на этот вопрос, нужно исследовать собранный патентный фонд и отделить задачи высших уровней от остальных задач.

3. Затем надо сравнить решения задач высших и низших уровней. В чем разница? Если речь идет об изобретательстве, разница ясна: для решения задачи на высших уровнях надо преодолеть противоречие. А в науке, в искусстве? Может быть, там тоже все дело в преодолении противоречий. Но это пока только гипотеза...

Назовем операцию, присущую решению задачи на высших уровнях, «операцией икс». Пока этот «икс» точно известен лишь для изобретательских задач.

4. Теперь можно составить первый вариант алгоритма. «Операция икс» должна быть разделена на элементарные «шаги». Такое разделение — работа очень сложная, потому что «операция икс» не поддается механическому делению. Последовательность «шагов» может быть очень извилистой: в АРИЗ, например, «шаги» ведут через определение ИКР. А в науке? В искусстве?..

5. Алгоритм не будет работать без информационного обеспечения. В принципе информационное обеспечение должно охватить все знания (вспомните слова Холмса). Но поскольку это невозможно, достаточно иметь главное из областей, наиболее важных для данного алгоритма. В изобретательстве такими областями являются физика и химия. А в науке и искусстве?..

Информация должна быть обязательно переработана и сконцентрирована. Если собрать все справочники по физике и приложить их к АРИЗ, это несколько не поможет изобретателю. Нужно

построить мост от задачи к физическому справочнику. Сначала «шаги», выводящие на физическое противоречие, потом выполненные преобразования и таблица физэффектов, затем «Указатель физэффектов», играющий роль предварительного справочника, и, наконец, обычные справочники.

Обеспечение алгоритма сконцентрированной информацией — исключительно трудоемкая работа. Здесь снова приходится обращаться к патентному фонду для выявления приемов, сочетаний приемов, сочетаний приемов с физэффектами и еще более сложных сочетаний приемов, физэффектов и химических преобразований... В АРИЗ найден язык, связывающий едино задачу, приемы, физику и химию, — выполненный анализ. А что заменит выполненный анализ при решении задач в других областях?

6. Даже «заправленный информацией» алгоритм не будет работать, если не учтены психологические факторы. Мы привыкаем решать задачи методом проб и ошибок, и мысль постоянно стремится вернуться к привычному режиму работы. Алгоритм должен быть спроектирован так, чтобы нельзя было перепрыгнуть через «шаг» и чтобы нельзя было формально отписаться или «подсунуть» не ту формулировку. Кроме этих «противоаварийных» мер, естественно, должны быть предусмотрены и меры по активному стимулированию работы мысли в нужном направлении.

7. И только теперь можно начать испытывать первый вариант алгоритма. Испытание — обнаружение «сбоя» — коррекция алгоритма — снова испытание — обнаружение «сбоя» — и снова коррекция... Десятки, сотни таких циклов. Сначала проверка на уже решенных задачах, потом — на задачах новых и все более и более трудных. На первых порах задачу решает автор (или авторы) алгоритма, потом «руль» надо передать другим (вот где начнется серия «сбоев»: будут совершены все мыслимые ошибки и изрядное число ошибок, казавшихся немислимыми...).

8. Наступит момент, когда алгоритм будет готов. Но синюю птицу познания нельзя удерживать в руках: алгоритм должен постоянно развиваться. Значит, снова изучение законов развития систем (технических, научных, художественных и т. д.), снова перестройка алгоритма, пополнение его информационного обеспечения, создание новых, более тонких приемов управления психикой, новые испытания и коррекции...

Решение технических задач и производство новых идей до середины XX века основывалось на методе проб и ошибок. Неэффективность этого метода компенсировалась увеличением числа людей, занятых решением творческих задач. Примерно так когда-



то наращивали число гребцов на весельных кораблях. А потом заменили весла парусами... Метод проб и ошибок исчерпал свои возможности, его несовершенство уже не компенсируется никаким «увеличением числа гребцов». Поэтому создание алгоритмов решения технических, научных и других задач не только возможно, но и необходимо. Вслед за АРИЗ будут созданы алгоритмы для решения научных и других задач. На каком-то этапе неизбежно начнется разработка Общей Теории Решения Творческих Задач. Пока же мы делаем первые, самые трудные шаги.

* * *

Чайку звали Джонатан Ливингстон. Больше всего на свете она любила летать. Но что может чайка? Она ведь не сокол... А Джонатан начал добывать новые знания о полете. Он летал над самой водой и поднимался выше облаков, бросался в пике и пытался делать фигуры высшего пилотажа... Не раз он срывался и падал в море, но постепенно накапливались открытия: как надо летать, как держаться на высоте, как набирать скорость и тормозить. И однажды Джонатан Ливингстон понял, что может все: крылья — это воплощенная мысль, а совершенствованию мысли нет предела.

Так начинается притча «Чайка по имени Джонатан Ливингстон», написанная Робертом Бахом, потомком Иоганна Себастьяна Баха.

Эта сказка, поэтичная и философская, напоминает миф об Икаре — и резко от него отличается. Тот же порыв ввысь, в полет, но порыв, опирающийся на силу мысли. Невозможного нет, крылья могут поднять в космос, могут даже пронести сквозь время — в прошлое или в будущее. Но за каждый шаг вперед надо платить знаниями, добытыми нелегким трудом: Джонатан тренировался упорно, ожесточенно, день за днем, с восхода солнца до полуночи... Роберт Бах, пилот по профессии, с величайшей точностью и достоверностью описывает эти испытательные и тренировочные полеты.

И вот однажды...

«Джонатан открыл глаза. Они были одни — он и Старейший — на совершенно незнакомом морском берегу: деревья подступали к самой воде, над головой висели два желтых близнеца — два солнца.

— Наконец-то ты появился, — сказал Чанг, — но тебе еще нужно поработать над управлением...

Джонатан не мог прийти в себя от изумления:

— Где мы?

Необычный пейзаж не произвел на Старейшего никакого впечатления, как и вопрос Джонатана.

— Очевидно, на какой-то планете с зеленым небом и двойной звездой вместо солнца.

Джонатан испустил радостный крик — первый с тех пор, как он покинул Землю.

— Получается!

— Разумеется, Джон, разумеется, получается, — сказал Чанг. — Когда знаешь, что делаешь, всегда получается. А теперь об управлении...¹

Мощь мысли и в самом деле безгранична, но чтобы эта мощь проявилась, нужно постоянно пополнять знания и совершенствовать управление мышлением: не случайно Чанг с такой настойчивостью твердит об управлении...

Притча о Джонатане кончается так:

Чайка по имени Флетчер, ученик Джонатана, тоже осознает, что нет пределов совершенствованию полета мысли. «Пределов нет, Джонатан? — подумал он. — Ну что же, тогда недалек час, когда я вынырну из поднебесья на твоем берегу и покажу тебе кое-какие новые приемы полета! Нет пределов, но именно поэтому каждое мгновение должно быть использовано для усовершенствования.

И Флетчер ринулся в полет...

¹ «Иностранная литература», 1974, № 12, с. 186.

ЧТО ЖЕ ДАЛЬШЕ?

(Вместо заключения)

А дальше надо серьезно заняться теорией решения изобретательских задач; прочитай книгу, вы только бегло познакомились с идеями этой теории. Вот, например, оператор РВС. Мы ограничились одним примером. А чтобы освоить оператор РВС, нужны десятки упражнений. И так почти с каждым элементом АРИЗ.

Во многих городах работают общественные школы изобретательского творчества. Иногда они называются школами научно-технического творчества, иногда — семинарами по теории решения изобретательских задач. Организуют их отделения общества «Знание», НТО, ВОИР, комитеты комсомола, советы молодых специалистов. Есть такие школы в Москве, Ленинграде, Волгограде, Челябинске, Горьком, Днепропетровске, Петрозаводске, Харькове, Обиньске — всех городов и не перечислишь. Немало школ создано на предприятиях (на Уралмашзаводе, на Кировском заводе и др.), в научных учреждениях (например, в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне), в институтах повышения квалификации. В 1978 г. студенты Днепропетровского государственного университета сдавали зачет по теории решения изобретательских задач; впервые в зачетные книжки внесена запись об АРИЗ... В Чувашском государственном университете каждый год защищаются дипломные работы на исследовательские темы, связанные с АРИЗ. Занятия по АРИЗ идут в Минском радиотехническом институте и в Запорожском политехническом...

Какова эффективность занятий?

Вот некоторые цифры. В Петрозаводске АРИЗу обучились десятки инженеров и студентов. Сегодня здесь работает филиал Ленинградского общественного университета научно-технического творчества. Занятия по ТРИЗ проводятся также в объединении

«Петрозаводскмаш» им. В. И. Ленина, в головном конструкторском бюро по деревообработке. С помощью ТРИЗ сделано уже немало изобретений. Так, инженер-патентовед Т. М. Сярки имеет девять авторских свидетельств, инженер-конструктор Г. И. Слугин — десять, И. М. Голубев — восемь. В Днепропетровске школа АРИЗ работает с 1972 г. За 7 лет ее окончило свыше 400 человек, получено свыше 200 авторских свидетельств. В Волгограде с 1975 г. школу АРИЗ окончили 114 человек. По анкетному опросу, охватившему только 31 человека, известно, что на первый квартал 1979 г. ими получено уже 103 авторских свидетельства.

Занятия обычно рассчитаны на 100—120 часов: год занятий (раз в неделю) без отрыва от работы или месяц занятий (каждый день) с отрывом — в институтах повышения квалификации. Состав слушателей: от студентов (в порядке эксперимента иногда включали в группы и школьников) до докторов наук. Основные учебные предметы: теория решения изобретательских задач, курс развития творческого воображения, патентоведение. Занятия идут по единым для всех школ учебным программам, используются единые учебные пособия и учебно-методические разработки. Следовало бы, пожалуй, добавить, что занятия захватывают интересно, но мы надеемся, что читатель уже почувствовал: теория решения изобретательских задач — удивительная наука, сочетающая точность и, если так можно сказать, информационную насыщенность с романтикой проникновения в неизведанное.

В некоторых школах работает и второй курс, готовящий исследователей в области теории решения изобретательских задач, которая, как всякая новая область знания, остро нуждается в специалистах.

Как быть там, где школ нет?

Вероятно, самый радикальный выход — создать школу. Для этого следует обратиться за помощью в одну из существующих школ. А пока школы нет, надо заниматься самостоятельно. Прочитайте разделы 4.1—4.4 в книге Дж. К. Джонса «Инженерное и художественное конструирование» (М., «Мир», 1976) и главы 1—3 в книге Дж. Диксона «Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений» (М., «Мир», 1969): там рассказано о неалгоритмических методах — мозговом штурме, морфологическом анализе и т. д. Методы эти ограничиваются усовершенствованием обычного перебора вариантов, но знать их надо. По теории решения изобретательских задач есть книга Г. С. Альтшуллера «Творчество как точная наука» (М., «Советское радио», 1979), там вы найдете и библиографию.

Главное — решать задачи, вырабатывая навыки управления мышлением. В приложениях к нашей книге дан небольшой

сборник задач и упражнений. Поработайте с этими задачами. Очень может быть, что не все задачи получатся сразу. Что ж, перечитайте книгу и снова поработайте с учебными задачами...

А потом можно браться и за новые задачи, которые еще никто не решал.

Желаем вам успеха!

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

АРИЗ-77 (фрагмент)

Часть 2. Построение модели задачи.

2.1. Записать условия задачи, не используя специальные термины.

2.2. Выделить и записать конфликтующую пару элементов. Если по условиям задачи дан только один элемент, перейти к шагу 4.2.

Правило 1: В конфликтующую пару элементов обязательно должно входить изделие.

Правило 2: Вторым элементом пары должен быть элемент, с которым непосредственно взаимодействует изделие (инструмент, второе изделие, внешняя среда).

Правило 3: Если один из элементов (инструмент) по условиям задачи может иметь два состояния, надо взять то состояние, которое обеспечивает наилучшее осуществление главного производственного процесса (основной функции технической системы, указанной в задаче).

Правило 4: Если в задаче есть пары однородных взаимодействующих элементов, достаточно взять одну пару.

2.3. Записать два взаимодействия (действия, свойства) инструмента и изделия: имеющееся и то, которое надо ввести (или: полезное и вредное).

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

Часть 3. Анализ модели задачи.

3.1. Выбрать из элементов, входящих в модель задачи, тот, который можно легко изменять, заменять и т. д.

Правило 5: Технические объекты легче менять, чем природные.

Правило 6: Инструменты легче менять, чем изделие.

Правило 7: Если в системе нет легко изменяемых элементов, следует указать «внешнюю среду».

3.2. Записать стандартную формулировку ИКР (идеального конечного результата): элемент (указать элемент, выбранный на шаге 3.1.) сам устраняет вредное воздействие (указать, какое), сохраняя способность выполнять полезное воздействие.

Правило 8: В формулировке ИКР всегда должно быть слово «сам» («сама», «само»).

3.3. Выделить ту зону элемента (указанного в 3.2), которая непосредственно не справляется с требуемым по ИКР комплексом двух взаимодействий. Что в этой зоне — вещество, поле?

3.4. Сформулировать противоречивые физические требования, предъявляемые к состоянию выделенной зоны элемента конфликтующими взаимодействиями (действиями, свойствами):

а. Для первого действия (указать полезное взаимодействие или то взаимодействие, которое надо сохранить) необходимо (указать физическое состояние: быть нагретой, подвижной, заряженной и т.д.).

б. Для второго действия (указать вредное взаимодействие или взаимодействие, которое надо ввести) необходимо (указать физическое состояние: быть холодной, неподвижной, незаряженной и т.д.).

Правило 9: Физические состояния, указанные в пунктах «а» и «б», должны быть взаимно противоположными.

3.5. Записать стандартную формулировку физического противоречия: выделенная зона элемента (указать) должна быть (указать состояние, обозначенное на 3.4 а), чтобы выполнять полезное взаимодействие (указать), и должна быть (указать состояние, обозначенное на 3.4б), чтобы предотвращать вредное воздействие (указать).

Часть 4. Устранение физического противоречия.

4.1. Рассмотреть простейшие преобразования выделенной зоны:

а. Разделение противоречивых свойств в пространстве

б. Разделение противоречивых свойств во времени.

в. Разделение противоречивых свойств путем использования переходных состояний, при которых сосуществуют или попеременно появляются противоположные свойства.

г. Разделение противоречивых свойств перестройкой структуры: частицы выделенной зоны наделяются имеющимся свойством, а вся выделенная зона в целом наделяется требуемым (конфликтующим) свойством.

Правило 10: Рассматривать только те преобразования, которые соответствуют ИКР (т. е. осуществляются сами по себе).

4.2. Использовать таблицу типовых моделей задач и выполненных преобразований.

4.3. Использовать таблицу применения физических эффектов и явлений.

4.4. Использовать таблицу основных приемов устранения технических противоречий.

4.5. Перейти от физического ответа к техническому: сформулировать способ и дать схему устройства, осуществляющего этот способ.

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ И ЯВЛЕНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

(фрагмент таблицы)

Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
1. Измерение температуры	Тепловое расширение и вызванное им изменение собственной частоты колебаний. Термоэлектрические явления. Спектр излучения. Изменение оптических, электрических, магнитных свойств вещества. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкиса и Баркхаузена
2. Управление перемещением объектов	Действие магнитным полем на объект или на ферромагнетик, соединенный с объектом. Действие электрическим полем на заряженный объект. Передача давления жидкостями и газами. Механические колебания. Центробежные силы. Тепловое расширение. Световое давление.
3. Управление движением жидкости и газа	Капиллярность. Осмос. Эффект Томса. Эффект Бернулли. Волновое движение. Центробежные силы. Эффект Вайссенберга. «Газирование» жидкостей, вспенивание
4. Стабилизация положения объекта	Электрические и магнитные поля. Фиксация в жидкостях, твердеющих в магнитном и электромагнитном полях. Гироскопический эффект. Реактивное движение
5. Силовое воздействие. Регулирование сил. Создание больших давлений	Действие магнитным полем через ферромагнитное вещество. Фазовые переходы. Тепловое расширение. Центробежные силы. Изменение гидростатических сил путем изменения кажущейся плотности магнитной или электропроводной жидкостей в магнитном поле. Применение взрывчатых веществ. Электрогидравлический эффект. Оптико-гидравлический эффект. Осмос
6. Разрушение объекта	Электрические разряды. Электрогидравлический эффект. Резонанс. Ультразвук. Кавитация. Индуцированное излучение

Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
7. Аккумуляция механической и тепловой энергии	Упругие деформации. Гироскопический эффект. Фазовые переходы. <i>Эф. Мотт-матрицы</i>
8. Передача энергии: — механической — тепловой — лучистой — электрической	Деформация. Колебания. Эффект Александра. Волновое движение, в том числе ударные волны. Излучения. Теплопроводность. Конвекция. Явление отражения света (световоды). Индуцированное излучение. Электромагнитная индукция. Сверхпроводимость
9. Установление взаимодействия между подвижным (меняющимся) и неподвижным (неменяющимся) объектами	Использование электромагнитных полей (переход от «вещественных» связей к «полевым»)
10. Измерение размеров объекта	Измерение собственной частоты колебаний. Нанесение и считывание магнитных и электрических меток
11. Изменение размеров и формы объектов	Тепловое расширение, применение биметаллических конструкций. Деформация. Магнито-стрикция, электрострикция. Пьезоэлектрический эффект
12. Контроль состояния и свойств в объеме	Введение «меток» — веществ, преобразующих внешние поля (люминофоры) или создающих свои поля (ферромагнетики), зависящие от состояния и свойств исследуемого вещества. Изменение удельного электрического сопротивления в зависимости от изменения структуры и свойств объекта. Взаимодействие со светом. Электрические и магнитооптические явления. Поляризованный свет. Рентгеновские и радиоактивные излучения. Электронный, парамагнитный и ядерный резонансы. Магнитоупругий эффект. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкинса и Баркхаузена. Измерение собственной частоты колебаний объекта. Ультразвук. Эффект Мессбауэра. Эффект Холла

Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
13. Изменение объемных свойств объекта	Изменение свойств жидкости (кажущейся плотности, вязкости) под действием электрических и магнитных полей. Введение ферромагнитного вещества и действие магнитным полем. Тепловое воздействие. Фазовые переходы. «Газирование» жидкостей, вспенивание. Ионизация под действием электрического поля. Ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивное излучения. Деформация. Диффузия. Электрические и магнитные поля. Эффект Баушингера. Термоэлектрические, термомагнитные и магнитооптические эффекты. Кавитация. Фотохромный эффект. Внутренний фотоэффект
14. Создание заданной структуры. Стабилизация структуры объекта	Интерференция волн. Стоячие волны. Муаровый эффект. Магнитные поля. Фазовые переходы. Механические и акустические колебания. Кавитация
15. Индикация электрических и магнитных полей	Электризация тел. Электрические разряды. Пьезоэлектрический и сегнетоэлектрический эффекты. Электреты. Электронная эмиссия. Электрооптические явления. Эффекты Гопкинса и Баркхаузена. Эффект Холла. Ядерный магнитный резонанс. Гидромагнитные явления. Магнитооптические явления
16. Индикация излучения	Оптико-акустический эффект. Тепловое расширение. Фотоэффект. Люминесценция. Фотопластический эффект
17. Управление электромагнитными полями	Экранирование. Изменение состояния среды, например увеличение или уменьшение ее электропроводности. Изменение формы поверхностей тел, взаимодействующих с полями
18. Управление потоками света. Модуляция света	Преломление и отражение света. Электрооптические и магнитооптические явления. Фотоупругость. Эффекты Керра и Фарадея. Эффект Ганна. Эффект Франца — Келдыша

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

СТАНДАРТНЫЕ РЕШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ КЛАССОВ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

1. Стандарты на изменение систем

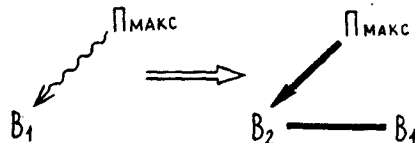
1.1. Синтез вепольных систем.

Стандарт 1. Если дана невепольная система, плохо поддающаяся нужным изменениям, и условия задачи не содержат ограничений на введение веществ и полей, задачу решают достройкой веполя, вводя недостающие элементы.

Стандарт 2. Если дана невепольная система, плохо поддающаяся нужным изменениям, и условия задачи не позволяют ввести второе вещество, достройку веполя осуществляют путем разделения имеющегося вещества на две части.

Стандарт 3. Если нужен оптимальный режим действия, а обеспечить его по условиям задачи трудно или невозможно, надо использовать максимальный режим, а избыток убрать. При этом избыток поля убирают веществом, а избыток вещества — полем.

Стандарт 4. Если нужно обеспечить максимальный режим действия на вещество, а это по тем или иным причинам недопустимо, максимальное действие следует сохранить, но направить его на другое вещество, связанное с первым:



Пример (авт. св. № 120 909). При изготовлении предварительно напряженного железобетона нужно растянуть стальные стержни. Для этого их нагревают; от тепла стержни удлиняются, и в таком виде их закрепляют. Однако, если вместо стержней используют проволоку, ее нужно нагревать до 700°, допустимо же нагревать только до 400° (при большом нагреве проволока теряет свои свойства). Предложено нагревать верасходуемый жаропрочный стержень, который от нагрева удлиняется и в таком виде соединяется с проволокой. Охлаждаясь, стержень укорачивается и растягивает проволоку, остающуюся холодной.

1.2. Преобразование вепольных систем.

Стандарт 5. Если дана вепольная система (простая, двойная или цепная), ее эффективность может быть повышена путем увеличения степени дисперсности (дробления) вещества, играющего роль инструмента.

Пример (авт. св. № 272 737). При последовательной перекачке разных жидкостей по одному трубопроводу использовались поршневые и шаровые разделители. Работали они плохо: быстро истирались, застревали и т. д. Предложено ввести в зону контакта жидкостей разделитель из дробинok размера 0,3—0,5 мм с плотностью, равной средней плотности жидкостей.

Стандарт 6. Если дана вепольная система (простая, двойная или цепная), ее эффективность может быть повышена путем использования магнитного поля (вместо того поля, которое ранее входило в веполь).

Пример (авт. св. № 424 623). Устройство для объединения потоков жестяных консервных банок, включающее ряд транспортеров для подвода отдельных потоков банок, транспортер для отвода объединенного потока и приспособления для формирования последнего, отличающееся тем, что, с целью упрощения конструкции, приспособление для формирования объединенного потока представляет собой ряд наклонных сходящихся лотков, над каждым из которых смонтированы с возможностью попеременного включения электромагниты.

Стандарт 7. Если дана вепольная система (простая, двойная или цепная), ее эффективность может быть повышена путем динамизации, т. е. перехода к гибкой, меняющейся форме системы.

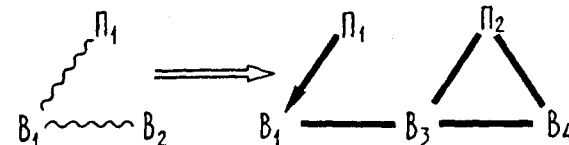
Пример (авт. св. № 161 247). Подводное транспортное судно, корпус которого имеет цилиндрическую форму, отличающееся тем, что, с целью уменьшения осадки судна при полной его загрузке, корпус судна выполнен из двух раскрывающихся шарнирно сочлененных полуцилиндров.

Стандарт 8. Если веществу, входящему в веполь (или могущему войти в веполь), должна быть придана определенная пространственная структура, то процесс следует вести в поле, которое имеет структуру, соответствующую требуемой структуре вещества.

Пример (авт. св. № 536 874). Способ профилирования материала типа пруткового путем наложения на заготовку ультразвуковых колебаний и ее пластической деформации, отличающийся тем, что, с целью получения на заготовке периодического профиля синусоидального характера, заготовку подвергают действию ультразвуковых колебаний так, чтобы расположение пучностей и узлов ультразвуковой волны соответствовало выступам и впадинам профиля, после чего осуществляют процесс пластического деформирования заготовки в осевом направлении.

1.3. Синтез сложных вепольных систем.

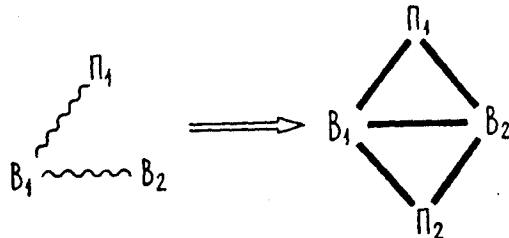
Стандарт 9. Если дан плохо управляемый веполь и нужно повысить его эффективность, задача решается превращением одной из частей веполя в независимо управляемый веполь и образованием цепного веполя:



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

Пример (авт. св. № 329 441). Качающийся дозатор имеет ковш, постепенно заполняемый жидкостью, и противовес. Когда ковш наполняется, дозатор наклоняется и выливает жидкость. Однако такой дозатор слишком рано начинает подниматься — часть жидкости остается в ковше. Предложено в противовесе сделать канал, в котором свободно перемещается шарик. При опрокидывании ковша шарик смещается к оси, передвигает центр тяжести системы и тем самым удерживает ковш наклонным до полного слива жидкости.

Стандарт 10. Если есть плохо управляемый веполь и нужно повысить его эффективность, причем замена элементов этого веполя недопустима, задача решается постройкой двойного веполя путем введения второго поля, хорошо поддающегося управлению:



Пример (авт. св. № 275 331). Способ регулируемого расхода жидкого металла из разливочного ковша, отличающийся тем, что, с целью безаварийной разливки, гидростатический напор регулируют высотой металла над отверстием разливочного стакана, вращением металла в ковше электромагнитным полем.

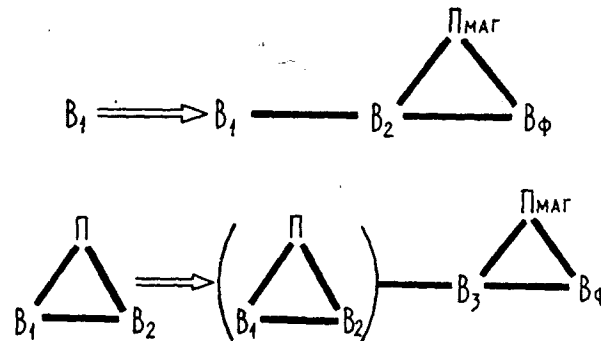
В частности, если в системе имеются отдельные элементы, используемые чисто механически, следует использовать также их магнитные свойства для получения дополнительных эффектов: улучшения взаимодействия элементов, получения информации о работе и состоянии системы и т. д.

Пример (авт. св. № 518 591). Мальтийский механизм, содержащий ведущее звено и ведомый мальтийский крест, отличающийся тем, что, с целью повышения срока службы, ведущее звено снабжено секторами из магнитомягкого материала с установленными в них постоянными магнитами, а мальтийский крест снабжен пластинками из гистерезисного материала.

1.4. Переход к фепольным системам.

Стандарт 11. Если нужно повысить эффективность управления системой, необходимо перейти от веполя к феполу, заменив одно из веществ ферромагнитными частицами (или добавив ферромагнитные частицы) и использовав магнитное поле.

Стандарт 12. Если нужно повысить эффективность управления системой путем перехода от веполя к феполу, а замена веществ ферромагнитными частицами (или введение в вещества этих частиц) недопустима, то ферромагнитный порошок следует ввести во внешнюю среду и, действуя магнитным полем, менять параметры среды, и, следовательно, управлять находящейся в ней системой. В качестве внешней среды могут быть использованы также электрореологические жидкости и управляющие ими поля:



Пример (авт. св. № 469 059). Способ демпфирования механических колебаний путем перемещения металлического неферромагнитного подвижного элемента между полюсами магнита, отличающийся тем, что, с целью уменьшения времени демпфирования, в зазор между полюсами магнита и подвижным элементом вводят магнитную жидкость и меняют напряженность магнитного поля пропорционально амплитуде колебаний.

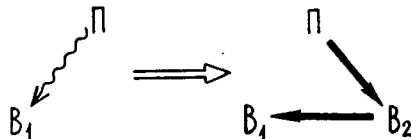
В частности, если в системе используются поплавки или одна часть системы является поплавком, то в жидкость следует ввести ферромагнитные частицы и управлять кажущейся плотностью жидкости. Управление можно также вести, пропуская сквозь жидкость ток и действуя электромагнитным полем.

Пример (авт. св. № 527 280). Манипулятор для сварочных работ, содержащий поворотный стол и узел поворотного стола, выполненный в виде поплавкового механизма, шарнирно соединенного через кронштейн со столом и помещенного в емкость с жидкостью, отличающийся тем, что, с целью увеличения скорости перемещения стола, в жидкость введена ферромагнитная смесь, а емкость с жидкостью помещена в электромагнитную обмотку.

1.5. Разрушение вепольных систем.

Стандарт 13. Если два (подвижных относительно друг друга) вещества должны соприкасаться и при этом возникает вредное явление, т. е. образуется вредный веполь, который необходимо ликвидировать, задача решается введением между данными веществами третьего вещества, являющегося их видоизменением.

Стандарт 14. Если необходимо устранить вредное действие поля на вещество, задача может быть решена введением второго вещества, оттягивающего на себя вредное действие поля:



Пример (авт. св. № 152 492). Для защиты подземных кабельных линий от повреждений, вызываемых образованием в грунте морозобойных трещин, заранее прорывают узкие прорезы («трещины») в стороне от трассы кабеля.

1.6. Переход к принципиально новым системам.

Стандарт 15. Если нужно увеличить технические показатели системы (точность, быстродействие и т. д.) и это наталкивается на принципиальные препятствия (запрет со стороны законов природы, резкое ухудшение других свойств системы), то задача решается переходом с макроуровня на микроуровень: система или ее часть заменяются веществом, способным при взаимодействии с полем выполнять требуемое действие.

Пример (авт. св. № 275 751). Регулируемый лабиринтный насос, содержащий цилиндрические ротор и статор с многозаходной нарезкой противоположного направления, отличающийся тем, что, с целью обеспечения возможности регулирования насоса с помощью изменения температуры, ротор и статор выполнены из материалов с различными коэффициентами линейного расширения.

Стандарт 16. Если нужно увеличить технические показатели системы (вес, размеры, скорость и т. д.) и это наталкивается на принципиальные препятствия (запрет со стороны законов природы, отсутствие в современной технике необходимых веществ, материалов, мощностей и т. д.), система должна войти в качестве подсистемы в состав другой, более сложной, системы. Развитие исходной системы прекращается, заменяясь более интенсивным развитием сложной системы.

Пример (авт. св. № 111 144). Увеличение защитной мощности холодильного костюма для горноспасателей наталкивалось на весовой барьер. Предложено объединить холодильную и дыхательную системы в единый скафандр, в котором одно холодильное вещество (жидкий кислород) выполняет две функции: сначала испаряется и нагревается, а потом идет на дыхание. Отпадает необходимость в тяжелом дыхательном аппарате, что позволяет во много раз увеличить запас холодильного вещества.

2. Стандарты на обнаружение и измерение

2.1. Обходные пути решения задач на обнаружение и измерение.

Стандарт 17. Если дана задача на измерение, целесообразно перевести ее в задачу на последовательное обнаружение изменений.

Пример (авт. св. № 186 366). При добыче медных руд камерным способом образуются огромные подземные залы, камеры. От взрывов и других причин потолок (кровля) камер местами ослабляется, падает. Необходимо регулярно следить за состоянием потолка, измерять образующиеся

«ямы». Но как это сделать, если потолок — на высоте пятиэтажного дома? Предложено при подготовке камер заранее бурить в кровле скважины — сбоку, над потолком — и закладывать в них разноцветные люминесцирующие вещества. Если в каком-то месте выпала порода и образовался купол, это легко обнаружить по свечению люминофора. А по цвету можно судить о высоте образовавшегося купола.

Стандарт 18. Если дана задача на обнаружение, целесообразно перевести ее в задачу на измерение.

Пример (авт. св. № 440 717). Способ измерения силы контактного нажатия в герконах, отличающийся тем, что, с целью упрощения процесса измерения, герконы вращают вокруг оси, параллельной его продольной с осью с нарастающей угловой скоростью до момента размыкания контактов, измеряют угловую скорость, при которой происходит размыкание контактов, и по ее величине судят о величине контактного нажатия.

2.2. Синтез вепольных систем.

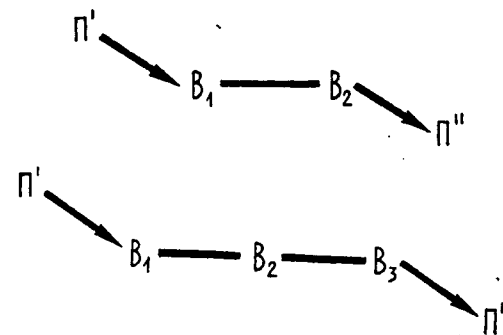
Стандарт 19. Если объект трудно обнаружить в какой-то момент времени и если есть возможность заранее ввести в объект добавки, задача решается предварительным введением в объект добавок, которые создают легко обнаруживаемое (чаще всего электромагнитное) поле или легко взаимодействуют с внешней средой, обнаруживая себя и, следовательно, объект.

2.3. Синтез сложных вепольных систем.

Стандарт 20. Если объект трудно обнаружить или измерить в какой-то момент времени и нет возможности ввести в объект добавки, то эти добавки, создающие легко обнаруживаемое и легко измеряемое поле, преимущественно электромагнитное, следует ввести во внешнюю среду, по изменению состояния которой можно судить об изменении состояния объекта.

Пример (авт. св. № 260 249). Для контроля износа двигателя нужно определить количество «стершегося» металла. Частицы эти поступают во внешнюю среду — масло. Предложено добавлять в масло люминофоры: металлические частицы являются носителями свечения.

Стандарт 21. Если нужно обнаружить или измерить изменения, происходящие в вепольной системе, задачу решают, применяя поле, проходящее сквозь систему и выносящее информацию о ее состоянии:



Пример (авт. св. 269 558). Способ обнаружения момента начала кипения в жидкости. Через жидкость пропускают электрический ток. При появлении пузырьков резко возрастает электрическое сопротивление.

Стандарт 22. Если невозможно непосредственно обнаружить или измерить изменения, происходящие в вепольной системе, задача решается возбуждением в системе резонансных колебаний, по изменению частоты которых можно определить происходящие в системе изменения.

Пример (авт. св. 486 078). Способ контроля процесса электролитического полупроводника прецизионных лент путем замера электрического параметра и косвенного определения геометрических размеров, отличающийся тем, что, с целью повышения точности, ленту размещают в магнитном поле, подключают к генератору и измеряют частоту собственных колебаний.

2.4. Переход к фепольным системам.

Стандарт 23. Если нужно повысить эффективность обнаружения или измерения вепольной системы, необходимо перейти от веполя к феполу, заменив одно из веществ ферромагнитными частицами (или добавив ферромагнитные частицы) и обнаруживая или измеряя магнитное поле.

Пример (авт. св. № 239 633). Способ определения степени затвердевания (размягчения) полимерных составов, отличающийся тем, что, с целью неразрушающего контроля, в состав вводят магнитный порошок и измеряют изменение магнитной проницаемости состава в процессе его затвердевания (размягчения).

3. Стандарты на применение стандартов

3.1. Добавка вещества при настройке, перестройке и разрушении вепольной.

Стандарт 24. Если нужно ввести вещество, а это запрещено условиями задачи или недопустимо по условиям работы системы, следует использовать обходные пути:

- 1 — вместо вещества вводят поле;
- 2 — вместо внутренней добавки используют добавку наружную;
- 3 — добавку вводят в очень малых дозах;
- 4 — добавку вводят на время;
- 5 — в качестве добавки используют часть имеющегося вещества, переделенную в особое состояние или уже находящуюся в таком состоянии;
- 6 — вместо объекта используют его копию (модель), в которую допустимо введение добавок;
- 7 — добавку вводят в виде химического соединения, из которого она потом выделяется;
- 8 — добавку, после того как она сработает, переводят в вещество, одинаковое с данным веществом.

Стандарт 25. Если нужно ввести большое количество вещества, а это запрещено условиями задачи или недопустимо по условиям работы системы, в качестве вещества используют «пустоту» в виде надувных конструкций или пены.

Стандарт 26. Если нужно совместить в пространстве два вещества, а это невозможно по условиям задачи, вместо веществ используют их оптические копии.

Пример (авт. св. № 350 219). Контроль пластины с просверленными отверстиями ведут, совмещая желтое изображение пластины с синим изображением эталона; если на экране появляется желтый цвет, значит, в контролируемой пластинке отсутствует отверстие; появление синего цвета означает, что на пластинке есть лишнее отверстие.

В частности, если нужно сравнить объект с эталоном с целью выявления отличий, то задача решается оптическим совмещением изображения объекта с эталоном или с изображением эталона, причем изображение объекта должно быть противоположно по окраске эталону или его изображению. Аналогично решаются задачи на измерение, если есть эталон или его изображение.

3.2. Объединение объектов в систему и объединение систем в надсистему.

Стандарт 27. При объединении объектов в систему и объединении систем в надсистему должны быть согласованы их собственные частоты.

Пример (авт. св. № 317 707). Способ предварительного ослабления угольного пласта путем воздействия на породы массива искусственно создаваемых импульсов, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности ослабления, на массив, предварительно приведенный в возбужденное состояние, воздействуют направленными импульсами с частотой, равной частоте собственных колебаний массива.

В частности, если надо совместить два взаимоисключающих действия (или два взаимоисключающих состояния объекта), то каждое из этих действий надо сделать прерывистым и совместить их таким образом, чтобы одно действие совершалось в паузах другого.

Пример (авт. св. № 510 337). Способ электродуговой сварки с магнитотепловой обработкой для удержания расплавленного металла сварочной ванны, при котором через свариваемую деталь, помещаемую в пульсирующее магнитное поле, пропускают постоянный ток, отличающийся тем, что, с целью устранения влияния магнитного поля на сварочную дугу и удержания расплавленного металла сварочной ванны магнитным полем при сварке пульсирующей дугой, магнитное поле включают в паузах между импульсами сварочного тока.

Стандарт 28. Если объект должен периодически находиться в разных физических состояниях, то переход должен осуществляться самим объектом за счет использования обратимых физических превращений, например фазовых переходов, ионизации — рекомбинации, диссоциации — ассоциации и т. д.

Пример (авт. св. № 117 497). Молниепровод в виде газоразрядной трубки. Сам включается при возникновении молнии: газ ионизируется, становится проводником. После исчезновения молнии ионы сами рекомбинируют, газ становится электронейтральным, а молниепровод непроводящим и поэтому не дающим радиопомех.

В частности, если измерение производят с целью управления системой, то следует перейти от измерения к саморегулируемому изменению системы путем использования обратимых физических превращений.

Пример (авт. св. № 471 395). Индукционная печь нагрева токами промышленной частоты, включающая тигель и индуктор, отличающаяся тем, что, с целью поддержания заданного режима нагрева, тигель выполнен из ферромагнитного материала, точка Кюри которого равна заданной температуре нагрева.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

«— Дело в том, Флетчер, что мы пытаемся раздвигать границы наших возможностей постепенно, терпеливо. Мы еще не подошли к полям сквозь скалы, по программе нам предстоит заняться этим немного позже».

Р. Бах. «Чайка по имени Джонатан Ливингстон».

Смысл работы с учебными изобретательскими задачами, даже, на первый взгляд, очень простыми, — не в угадывании ответа. Важен ход решения. К ответу нужно идти по «шагам» АРИЗ, по таблицам, на основе законов развития технических систем. В этом случае полезны даже неудачи — они дают опыт, который пригодится при решении новых задач.

Решать учебные задачи надо спокойно, без суеты, имея под рукой книгу и обязательно записывая движение по «шагам», выполненные преобразования и т. д. Следите за тем, чтобы не свернуть на метод проб и ошибок! В некоторых задачах мы специально не упомянули ни о каких методах решения. Будьте внимательны, не попадитесь в эту ловушку! Все задачи относятся к системам, а системы развиваются закономерно. Поэтому решение задач должно основываться на этих закономерностях и обязательно быть систематическим.

По некоторым задачам мы привели ответы — номера авторских свидетельств. Зная эти номера, нетрудно найти формулы изобретений в патентной литературе. Там, где ответов нет, надо проверять полученные решения по контрольным вопросам: хорошее решение близко к ИКР, устраняет физическое противоречие, опирается на закономерности развития технических систем.

Для решения не нужны специальные знания. Все необходимые сведения содержится в условиях задачи.

Две последние задачи несколько труднее, зато решать их интересно...

Задача 51. Каток картофелеуборочной машины имеет цилиндрическую форму. Каток движется по грядке. Форма и размеры грядок меняются. Желательно, чтобы каток хорошо прилегал к грядке. Ваше предложение? На чем оно основано?

Это — задача для самоконтроля: если вы внимательно прочитали книгу, вам будет очень легко дать обоснованный ответ. Если же возникнут затруднения, наверное, надо перечитать книгу и уже потом вернуться к задачке...

(Авт. св. № 426 618)

Задача 52. Из описания к авторскому свидетельству: «Известны способы восстановления деталей контактной дуговой приваркой металлических порошков, при которых на поверхности детали наносят привариваемый порошок. Однако при контактной приварке ферромагнитных металлов

чекских порошков в момент прохождения сварочного тока сложно подавать привариваемый порошок, так как порошок намагничивается и во многих случаях выталкивается магнитным полем из зоны сварки...»

Как устранить это вредное явление?

Эта задача, как и предыдущая, предназначена для самоконтроля. Если задача вызывает хотя бы малейшие затруднения, нужно перечитать главу «Физика и... психика».

(Авт. св. № 397 289)

Задача 53. Представьте себе, что пружину (длина 10 см, диаметр 1 см) надо в сжатом виде установить (плашмя) между страницами книги. Сжали пружину пальцами и положили внутрь книги. Но тут-то и возникает затруднение: если отпустить пальцы, пружина сразу разожмется. А если пальцы не отпускать, их прижмет закрываемая книга... Такого рода затруднения нередко возникают при сборке приборов. Как быть? Связывать пружину нельзя: в собранном приборе пружине придется работать.

Итак, объект — пружина. Какое правило вепольного анализа следует применить? Как конкретно выглядит решение? Помните, что прибор портить нельзя.

(Авт. св. № 456 706)

Задача 54. Для бурения искривленной скважины применяют так называемый отклонитель — изогнутую трубку. Отклонитель ставят в самый низ колонны труб, а к нему крепят турбобур (колонна труб при использовании турбобура не вращается). Принципиальный недостаток такого отклонителя — им нельзя управлять (менять кривизну). Нужно предложить отклонитель, лишенный этого недостатка. Используйте для решения задачи правила вепольного анализа.

(Авт. св. № 247 159)

Задача 55. Были изобретены так называемые печатные платы. На эти платы токопроводящей краской печатают электросхемы. На небольшой пластине стало возможным уместить сотни метров «провода». А если сложить вместе несколько десятков пластинок, то в спичечную коробку поместится прибор, который раньше имел объем солидного письменного стола. Правда, для этого требуются достаточно тонкие пластинки. Поэтому пластинку, прежде чем печатать схему, необходимо тщательно отшлифовать. Делают это на зачистных станках абразивными кругами, в которых алмазные крупинки впрессованы в мягкую ткань. Но даже эта мягкая ткань оказывается слишком твердой для тонких пластинок — сминает их в гармошку и портит. Как быть?

Задача 56. При сборке колес автомобилей последняя операция — накачка шин. Рабочий подключает шины к ниппелю, и в шину поступает сжатый воздух от компрессора. При этом приходится периодически отсоединять шланг от ниппеля и измерять давление манометром. Если установить манометр на шланг, это ничего не даст: манометр покажет давление сжатого воздуха в компрессоре.

Решите эту задачу, используя правила вепольного анализа. Сделайте вепольную запись, а затем перейдите к конкретному техническому ответу.

(Авт. св. № 351 066)

Задача 57. Для очистки неэлектропроводных суспензий используют фильтр из керамики. Выяснилось, что вибрация улучшает работу фильтра.

Следующее изобретение должно состоять в переходе на микроуровень. Как конкретно может выглядеть такое техническое решение?

(Авт. св. № 497 031)

Задача 58. Стальные тросы, на которых опускается в море трад, называются ваерами. Они должны сходить с лебедок синхронно, или, как говорят моряки, стравливаться одинаково. Оперение любого из ваеров вызывает перекос трала, а это чревато серьезными последствиями.

Поиск надежных способов для замера длины вытравленных ваеров до недавнего времени особого успеха не имел, поэтому до сих пор в траловом флоте господствует «метод бульбы»: во время спуска у лебедок стоят специальные дежурные и, ориентируясь на пеньковые утолщения в стальном тросе — «бульбы», выкрикивают, сколько метров ваера ушло в воду. Хорошо, если погода спокойная, нет качки, а «бульбы» новые. Но даже при этих благоприятных условиях ошибка не исключена: стальные ваера, работая в режиме больших нагрузок, вытягиваются...

Решите эту задачу, используя только таблицу физэффектов.

Как надо видоизменить найденное решение, чтобы применить его к задаче 46?

(Авт. св. № 500 464)

Задача 59. Имеется ковш для жидкого металла. На дне ковша сделано разливочное отверстие, закрытое пробкой. При разливке пробка отводится специальным механизмом и металл вытекает под действием силы тяжести. Скорость вытекания металла зависит от гидростатического напора, т. е. от высоты налитого в ковш жидкого металла. Во многих случаях желательно иметь возможность регулировать эту скорость, например, поддерживать ее постоянной. Но как этого добиться? Регулировать величину отверстия в дне ковша по ряду причин нецелесообразно — это решение отпадает. Поддерживать постоянный уровень металла в ковше (при разливке) — тоже плохое решение. Как быть?

Решите эту задачу, используя таблицу применения физических эффектов. Если задача вызывает затруднения, перечитайте приложение 3.

(Авт. св. № 275 331)

Задача 60. При изготовлении балок, колонн и других подобных железобетонных изделий с предварительно напряженной (т. е. растянутой) стальной арматурой иногда возникает необходимость измерить напряжение в готовом изделии. Или определить длину арматуры и по величине удлинения вычислить напряжение. Трудность заключается в том, что арматура (для простоты будем считать, что это один стержень) находится внутри бетона. Чтобы добраться до нее, пришлось бы делать отверстия в бетоне, а это недопустимо.

Руководствуясь правилами верного анализа, определите, какой физический эффект следует использовать.

(Авт. св. № 255 820)

Задача 61. Если по металлическому стержню пропустить переменный электрический ток, а потом подать сильный электрический импульс, то взаимодействие двух токов заставит стержень вздрогнуть. На этом основан ряд изобретений: способ удаления льда с крыла самолета, способ удаления льда с водозаборных сооружений и т. д. Предложите еще одно изобретение в том же духе. Разумеется, если вы предложите удалять лед еще с какого-то объекта, это будет слишком тривиально.

Задача 62. Известен физический эффект Джонсона — Рабека, состоящий в том, что сила трения между полупроводниковым материалом и металлом изменяется в зависимости от температуры. Предложите техническое применение этого эффекта.

Задача 63. Нужен способ измерения дальности прыжка воднолыжника. Устанавливали вдоль линии прыжка буйки, но измерение «на глаз» не дает хороших результатов.

Вспомните решение задачи 7 об измерении глубины реки с самолета. Решая задачу 7, мы использовали «правило треугольника с разными сторонами». Это правило пригодится и при решении задачи 63. В одной версии треугольника, естественно, должен находиться приводившийся лыжник. А в двух других?

Разумеется, к лыжнику нельзя привязывать веревки, шнурки и т. д. (Авт. св. № 256 570)

Задача 64. Пластмассу можно сделать электропроводной, если в ее состав ввести частицы токопроводящего вещества (никеля, графита и т. д.). Но для получения удовлетворительной электропроводности приходится вводить так много добавок, что меняются основные свойства полимера. А если наполнителя взять мало, то полимер не будет проводить ток. Как преодолеть это противоречие?

Задача 65. При исследовании процесса дуговой сварки нужно одновременно следить за состоянием дуги и переносом металла. Но увидеть металл внутри яркой дуги нельзя. Чтобы обойти это затруднение, дугу освещают еще более ярким светом от дополнительного источника. Но при этом хорошо виден металл и не видна дуга...

По какому стандарту решается задача? Как конкретно выглядит решение, позволяющее одновременно видеть дугу и металл?

(Авт. св. № 267 772)

Задача 66. В кинофильме «Заводной апельсин» режиссера Стенли Кубрика героя фильма Алекса по ходу действия выбрасывают из окна многоэтажного здания. Глазами Алекса показано падение, видна стремительно приближающаяся земля. Во время съемок Кубрик шесть раз бросал из окна кинокамеры. Пять камер разбилось зря: Кубрик хотел, чтобы в последний момент — после одного-двух оборотов — камера упала на землю объективом. Повезло с шестой камерой, она упала как надо...

Возникает учебная задача — нельзя ли сэкономить кинокамеры? Нужно, чтобы камера, падая, сделала один или два оборота, а потом объективом ударилась о землю. Парашютики прицеплять нельзя — они попадут в кадр. Стабилизаторы к камере тоже нельзя приделывать, камера должна кувыряться. Подушки класть на землю нельзя: они попадут в кадр. Привязывать камеру тонкой леской, не дающей удариться о землю, нельзя: от перегрузки камера сломается.

Задача 67. В авторском свидетельстве № 539 009 описано такое изобретение: «Способ армирования строительных изделий путем введения в строительную смесь волокнистого наполнителя, отличающийся тем, что, с целью повышения несущей способности изделий, отрезки волокон закрепляют ориентированно на водорастворимой пленке, которую вводят в строительную смесь одновременно с формированием из нее изделий». Такой способ более или менее пригоден, если волокна надо расположить

в один слой. Если же волокна должны находиться во всем объеме изделия, способ становится громоздким, малопроизводительным.

Какой стандарт надо применить? В чем заключается конкретное решение, основанное на этом стандарте?

Задача 68. Существуют стереоскопические печатные изображения (карты, рисунки, чертежи). Они представляют собой два наложенных (со смещением) друг на друга изображения — красное и зеленое. Красное соответствует тому, что должен видеть правый глаз, зеленое — левый. Рассматривают такие изображения через очки со светофильтрами (красным и зеленым). Благодаря этому каждый глаз видит только предназначенное ему изображение, чем и достигается стереоэффект.

Недостаток таких изображений в том, что их нельзя рассматривать без очков с фильтрами. Изображение двоится, ничего нельзя разобрать.

Как сделать, чтобы изображение можно было рассматривать в полевых условиях без очков (и без стереоэффекта) и в условиях «кабинетных» — с очками (со стереоэффектом)?

Использовать изображения на двух листах, накладываемых друг на друга, нельзя.

(Авт. св. № 269 170)

Задача 69. В крыле самолета расположен бак с горючим. Нужен способ, позволяющий определять количество горючего при любых положениях самолета.

Какой стандарт следует применить? Как конкретно выглядит решение? (Авт. св. № 271 051)

Задача 70. Для изготовления блоков памяти ЭВМ используют пластины из диэлектрического материала (выбор достаточно широк). В пластины делают отверстия для ферритовых колечек.

Диаметр колечек — десятки доли миллиметра, толщина стенок — сотые доли миллиметра.

В процессе работы ЭВМ повышается температура и наступает момент (точка Кюри), когда феррит теряет ферромагнитные свойства. Установлено, что точку Кюри можно повысить, если подвергнуть феррит сжатию. Будь колечки достаточно крупными, их нетрудно было бы сжать и в таком состоянии вставить в отверстия пластины; но колечки столь малы, что об этом не может быть и речи.

Нужно найти предельно простой и высокопроизводительный способ изготовления пластин со сжатыми (в радиальном направлении) колечками.

Задача тренировочная: сделайте запись решения по АРИЗ.

(Авт. св. № 266 853)

Задача 71. Для правильной вентиляции коровников, конюшен, свинарников и тому подобных помещений нужно знать, как движутся потоки воздуха внутри этих помещений. Продувка моделей не решает проблемы, нужны натурные исследования. Но помещения, о которых идет речь, — большие. Способ должен быть удобным, точным, производительным. Рассмотрите решение этой задачи по АРИЗ.

(Ответ см. «Изобретатель и рационализатор», 1970, № 5, с. 16)

Задача 72. При отключении (и включении) электрической цепи образуется электрическая дуга. Существующие способы гашения дуги связаны с ее разрывом: дугу разывают шунтирующими сопротивлениями, маг-

нитным полем, дутьем воздуха или элегаза (шестифтористой серы) и т. д. Например, в масляных выключателях дуга разлагает масло, образуется газ, разрывающий дугу.

С увеличением силы тока применение этих способов становится все более сложным. Намного заманчивее использовать способы, при которых дуга вообще не возникает. Напряжение переменного тока (при частоте 50 Гц) сто раз в секунду проходит через нуль. Если в этот момент бегущести контакты, цепь будет отключена без дуги. Так работают синхронизированные аппараты отключения. Постоянный ток можно перед отключением превратить в переменный, поэтому синхронизированные аппараты годятся и для постоянного тока.

К сожалению, синхронизированные аппараты сложны и дороги. Вызвано это условиями их работы. Уже через $1/200$ секунды после прохождения через нуль напряжение на контактах достигает максимума. Поэтому разводить контакты нужно чрезвычайно быстро — в десятитысячные доли секунды. Только тогда восстанавливающееся напряжение не успеет вызвать пробой промежутка между контактами. Отсюда сложность аппаратуры: контакты должны двигаться (разогнаться, а затем тормозить) с гигантским ускорением.

Возникает изобретательская задача: обеспечить бездуговое отключение переменного тока высокого напряжения, используя простую аппаратуру.

При решении задачи достаточно найти идею хотя бы в общем виде. Но это должна быть новая идея, не надо предлагать способы, перечисленные в условиях задачи. Все сведения, необходимые для решений, содержатся в условиях задачи.

Решите задачу, используя АРИЗ. Ответ обязательно должен быть обоснован с позиций теории решения изобретательских задач.

Задача 73. При разработке новых конструкций шин проводят статические испытания: шину прижимают к опорной поверхности и смотрят, как меняется площадь контакта в зависимости от нагрузки, давления воздуха в шине, характера опорной поверхности и других факторов (например, внешней температуры). На эту тему есть изобретение, защищенное авторским свидетельством № 275 495: «Способ определения площади контакта шин с опорной поверхностью в статическом состоянии, отличающийся тем, что, с целью снижения трудоемкости и повышения точности испытания шин с повышенной сложностью рисунка протектора, беговую часть покрышки покрывают адгезионным составом, а опорную поверхность — слоем сыпучего материала толщиной в одну частицу, а по весу прилипших частиц судят о площади контакта».

Нужно выявить недостатки этого изобретения, составить и решить задачу на их устранение.

Задача новая. Хорошее ее решение может оказаться патентоспособным изобретением.

Задача 74. Художник решил написать картину на тему «Бесконечность Вселенной». Нужна идея — что и как изобразить, чтобы чувствовалась безграничность космоса, его непостижимые расстояния...

Какое здесь возникает противоречие?

Попробуйте использовать... стандарты на решение изобретательских задач. Среди них есть и такие, которые не связаны с физическими эффектами, а отражают общие закономерности развития систем.

Задача 75. Животные обитают в жидкой и газообразной средах. Попробуйте придумать фантастическое животное, обитающее в твердой среде (внутри скал, например).

Это — упражнение для развития воображения. Выполнять упражнение надо без спешки, подробно разрабатывая «проект»: из чего «построено» животное? как оно выглядит? в какую надсистему объединяются отдельные организмы (системы)? чем питаются животные? как передвигаются? в каком направлении идет их эволюция? какое название вы предлагаете для этих животных?..

Ответить на один какой-то вопрос нетрудно, но суть упражнения в том, чтобы создать «многогранный образ» животного. Тут вам придется освежить знания по физике твердого тела, учитывать биологические факторы (например, для объяснения механизма эволюции в «твердом мире»), применить описанные в книге способы преодоления противоречий (их будет немало при «проектировании»), наконец, просто использовать фантазию...

СОДЕРЖАНИЕ

К читателям	3
Знакомьтесь: изобретательские задачи	5
Десять секунд на изобретение	5
Эта высокая, высокая, высокая труба	9
«Очень немногие выдерживают до конца»	12
«А рукой чешет лоб...»	14
Еще одна задача	17
Инструменты есть, но...	20
Кубики для изобретателей	20
За деревом — лес	23
Склад снарядов — и ни одной пушки	27
Почему трудны трудные задачи?	36
Изобретательская ситуация	36
Системы-вассалы и системы-сеньоры	40
В мире противоречий	42
Усложним задачу, чтобы ее упростить	48
Битва за простоту: от задачи — к ее модели	54
Модель задачи	54
Вополь — «молекула» технической системы	58
Пять простых правил	64
Задачи для тренировки	68
Крылья для Икара	73
Ошибка Дедала	73
АРИЗ: первое знакомство	75
Не думать об обезьяне	80
Стальные жернова программы	82
Шесть задач	86
Преодолеть барьер	89
Закон есть закон	93
Внимание: задачи особой трудности	93
Знать законы	95
Линии жизни технических систем	104
Этапы большого пути	111
Сага о стандартах	118
О том, как непросты простые приемы	118
Ход троянским конем	122
Третий лишний совсем не лишний	126
На все руки	133
Чуть-чуть практики	136
Фигуры высшего пилотажа	139

Физика и психика	143
Изобретательский характер	143
Физика для изобретателей	145
Мосты над психологическими трещинами	151
Подвижный в подвижном	163
Очень просто: вещество есть и вещества нет	163
Некоторые черты АРИЗ-80	166
Как объять необъятное	170
Час, день, вся жизнь...	176
Сила разума	180
Кое-что о Шерлоке Холмсе	180
Изобретение и открытие: в чем, собственно, разница?	183
Профессор Н., автор «знаменитой теории квазимодуляционного гипероптима»...	192
Синяя птица познания	196
Что же дальше? (Вместо заключения)	200
Приложение 1. АРИЗ-77 (фрагмент)	203
Приложение 2. Применение физических эффектов и явлений при решении изобретательских задач (фрагмент таблицы)	205
Приложение 3. Стандартные решения некоторых классов изобретательских задач	208
Приложение 4. Задачи и упражнения	216

Генрих Саулович Альтшуллер,
Александр Борисович Селюцкий

КРЫЛЬЯ ДЛЯ ИКАРА

Как решать изобретательские задачи

Редактор П. К. Генделева. Рисунки Ю. Ф. Федосеева. Оформление
О. В. Чумака. Художественный редактор Р. С. Киселева. Технический
редактор В. В. Буракова. Корректор В. А. Ульянкова.

ИБ № 594

Сдано в набор 28.12.79. Подписано в печать 22.05.80. Е-01703. Формат бум. 60×84^{1/16}.
Типографская № 1. Обыкновенная новая гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л.
13,02. Уч.-изд. л. 13,71. Тираж 15000 экз. Заказ № 9. Изд. № 32. Цена 60 коп.
Издательство «Карелия». 185610, Петрозаводск, пл. им. В. И. Ленина, 1. Типография
им. Анохина Управления по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
Совета Министров Карельской АССР. 185630, Петрозаводск, ул. «Правды», 4.