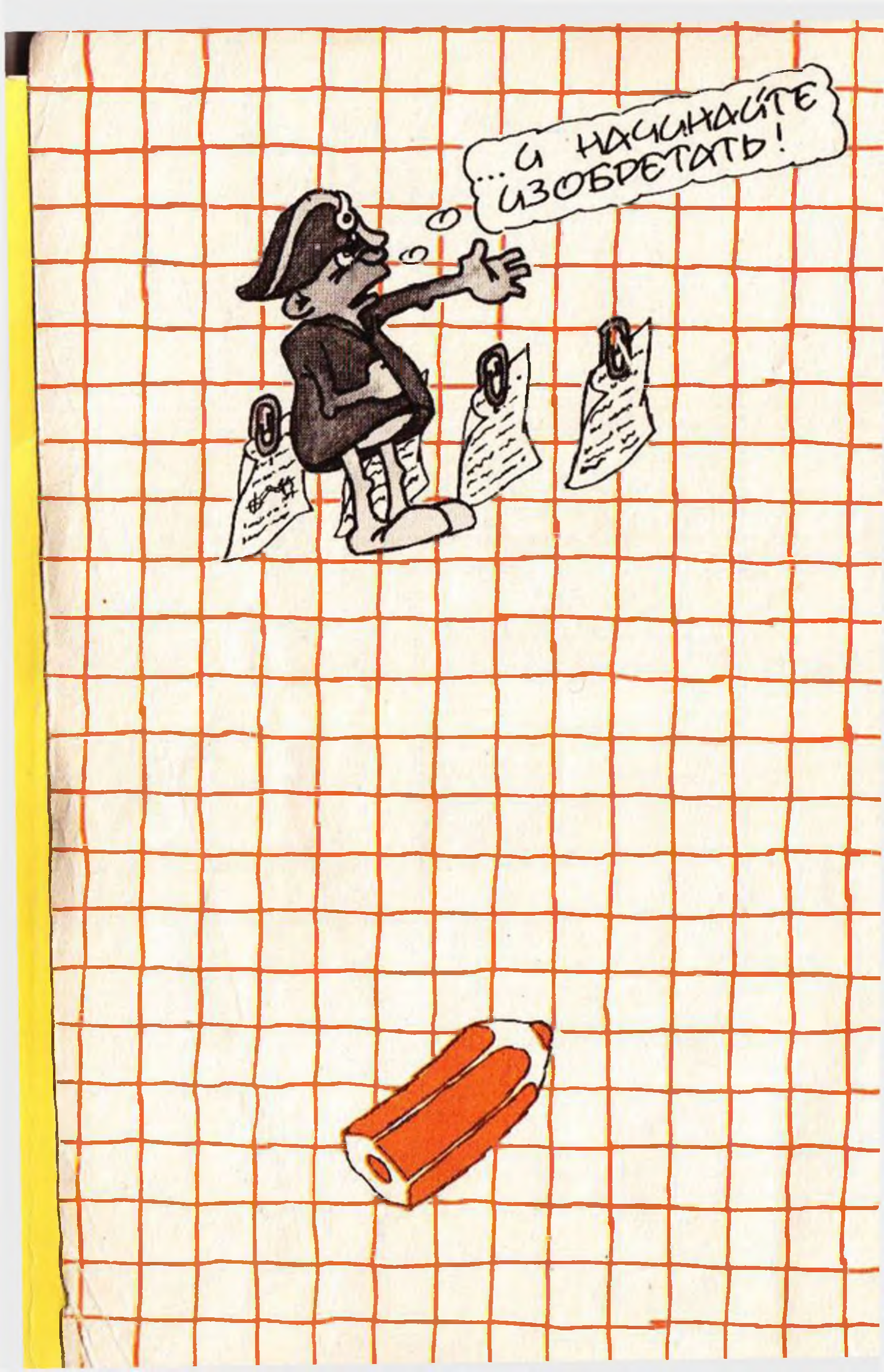
Геннадий Иванов
B1
B2
ФОРМУЛЫ ТВОРЧЕСТВА, ИЛИ КАК НАУЧИТЬСЯ ИЗОБРЕТАТЬ


...И НАЧИНАЙТЕ ИЗОБРЕТАТЬ!

Геннадий ИВАНОВ

ФОРМУЛЫ ТВОРЧЕСТВА, ИЛИ КАК НАУЧИТЬСЯ ИЗОБРЕТАТЬ

КНИГА ДЛЯ УЧАЩИХСЯ
СТАРШИХ КЛАССОВ

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1994

ББК 30у
И20

Рецензенты:
учитель школы № 223 (Москва) канд. пед. наук *М. И. Изотов*,
заслуженный изобретатель России, канд. техн. наук *Ю. М. Ермаков*

Художник *Г. Д. Егоров*

Иванов Г. И.

И20 Формулы творчества, или Как научиться изобретать: Кн. для учащихся ст. классов.— М.: Просвещение, 1994.— 208 с.: ил.— ISBN 5-09-004135-0.

Автор книги — конструктор по профессии, имеющий более 100 изобретений, отвечает на актуальные вопросы сегодняшнего дня: зачем человеку творчество? Почему мы плохо изобретаем? Как надо изобретать? На многочисленных примерах, взятых из практики и доступных учащимся среднего и старшего школьного возраста, убедительно показывает процесс перехода от случайного, неуправляемого метода проб и ошибок к управляемому творчеству высокого уровня.

Книга может служить популярным учебным пособием для всех, кто желает развить свои творческие способности.

И $\frac{4306020000-429}{103(03)-94}$, инф. письмо I полугодие 1994 г. **ББК 30у**

ISBN 5-09-004135-0

© «Просвещение», 1994

ОТ АВТОРА

Знаете ли вы, сколь силен может быть один человек...

Федор Достоевский

Эта книга для тех из вас, кто хочет стать изобретателем, кто увлечен миром технического творчества и стремится глубже познать его. Цель книги — помочь вам развить свои изобретательские способности.

Труден путь к изобретению, и не преодолеть его без веры в свои силы, без знаний, которые накопило человечество за всю свою многовековую историю. На заре своего развития человек приравнивал изобретателей к богам или мифическим героям. Вспомните Прометея, Дедала, Икара и других героев древнегреческой мифологии, которые изобрели огонь и крылья, орудия лова, гончарный круг, плотницкий инструмент и многие другие полезные для человека предметы.

Могущественный Геракл приумножил свою славу тем, что первым, выражаясь современным техническим языком, применил гидроуборку навоза в закрытых животноводческих помещениях. Он направил в конюшни Авгия, находившиеся в страшном запустении, бурные воды протекавшей вблизи реки и за несколько часов навел в них идеальный порядок.

Но мал был этот отряд «божественных» изобретателей, он явно не справлялся с возрастающими потребностями человечества. Пришлось людям самим заняться делами богов. И вот, толкая перед собой огнедышащее чудовище — паровоз, человечество вступило в эпоху научно-технической революции. Мир стал стремительно изменяться, наполняясь запахами машинного масла, гулом станков и ревом реактивных самолетов.

Как удивились бы жители средневековья, попав сегодня на улицы современного города. Возгласом испуганного восхищения встретили бы они обычное включение электрической лампочки или разговор по телефону с человеком, который находится за сотни или даже за тысячи километров. Телевизор, радио, кино, автомобиль, самолет — все это с трудом уложилось бы в их сознании. Да, мы многое можем и многое умеем сегодня. Но наши потомки

вряд ли смогут найти объяснение многим нашим действиям. Например, зачем мы, добывая ценнейшее полезное ископаемое — уголь или нефть, уничтожаем его, сжигая в топках жилищ и в различных двигателях, в то время как над нами целый океан энергии — солнечной, космической, а под нами разогретая до тысячи градусов магма Земли. Но наибольшее удивление у них, наверное, вызовет наша бесхозяйственность в расходовании главной энергии Земли — умственной. В своих научных и технических деяниях в их глазах мы будем похожи на малых детей, бестолково и суетливо вертящих в разные стороны калейдоскоп в надежде найти новый красивый узор.

Да, мы изменили многое, но не тронули технологию творчества. Как и сто, тысячу и десять тысяч лет назад, продолжаем искать новое все тем же методом проб и ошибок. Примерно так, как поступал наш далекий пращур, когда подыскивал для своей палицы соответствующий булыжник. Он брал его, примерял, отбрасывал и начинал искать другой. В поисках нового решения мы, в сущности, выполняем те же действия: берем, примеряем, отбрасываем. Снова берем, примеряем...

Такой подход к поиску нового вряд ли можно считать приемлемым в век научно-технического прогресса, так как он связан с низкой эффективностью работы изобретателя и большой потерей времени. Генрих Саулович Альтшуллер (писатель-фантаст Г. Альтов) первым в мире осознал, что техника, которую создает человечество для своих потребностей, развивается не случайным образом и не по прихоти пусть самых талантливых изобретателей, а по особым законам и закономерностям, которые нужно познать и использовать. Эта мысль была впервые изложена им более 30 лет назад. Позже высказанные положения автор развил в ряде книг и в научных работах. Так зародилась наука о творчестве, получившая впоследствии название ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ — ТРИЗ.

Сегодня большой коллектив исследователей продолжает развивать ТРИЗ, выявляя все новые законы развития не только технических, но и биологических, социальных, художественных и прочих систем. Все это создает предпосылки для создания в будущем Общей Теории Сильного Мышления.

Благодаря появлению ТРИЗ стало возможным поручить машине многие творческие элементы. В Минской лаборатории под руководством В. М. Цурикова создана Изобретающая Машина, которая в сотни раз увеличивает творческие возможности человека. И это только начало, только первые шаги в сторону творческой революции, которую несет ТРИЗ.

Производство материальных благ требует в первую очередь производства новых идей. Именно поэтому сегодня ТРИЗ изучают во многих сотнях школ России. В результате изобретательство перестает быть уделом избранных. Освоив основы ТРИЗ, практически любой человек может стать изобретателем.

Этой теме и посвящена книга. В ней в качестве примеров приведены задачи, многие из которых решены самим автором, в прошлом и не помышлявшем об изобретательстве, его друзьями и коллегами, которые также не родились Эдисонами.

Кроме этого, в книге представлены задачи, решенные школьниками, учащимися 6—7 классов, многие из которых стали впоследствии настоящими изобретателями. Это обычные ребята, которые, познав методику творческого мышления, открыли для себя новый и удивительный мир. Они почувствовали себя способными улучшить мир и наравне со всеми участвовать в ускорении научно-технического прогресса. В основном в книгу помещены задачи, решенные членами кружка юного изобретателя «Импульс», которым автор много лет руководил в г. Ангарске. Кружковцы были неоднократными призерами изобретательских конкурсов, имеют настоящие «взрослые», официально зарегистрированные изобретения.

К сожалению, объем книги не позволил автору поместить многие интересные разделы ТРИЗ. Необъясненными остались многие законы развития технических систем и положения ТРИЗ. Пусть некоторым утешением для вас станут слова философа древности Сократа, сказанные им по случаю знакомства с новой для него наукой: «То, что я успел познать — превосходно. Думаю, таково и то, что мне еще предстоит познать».

На многие вопросы, связанные с теорией и практикой изобретательского творчества, вы можете найти ответ в той литературе, список которой приведен в конце книги.

Автор будет считать свою задачу выполненной, если у вас появятся интерес к изобретательству и желание участвовать в техническом прогрессе.

В заключение хочется выразить искреннюю благодарность удивительному человеку, посвятившему свою жизнь познанию законов творческого стиля мышления, раскрывшему для человечества новые горизонты его возможностей, автору ТРИЗ — Генриху Сауловичу Альтшуллеру.

Выражаю также глубокую признательность, своим друзьям и коллегам — М. К. Бдуленко, А. А. Быстрицкому, И. М. Верткину, В. И. Волосяному, И. Б. Бухману, М. И. Денискину, С. И. Ивановскому, Б. Л. Злотину, А. Н. Лимаренко, С. С. Литвину, А. Б. Селюцкому, А. Сайфутдинову, Ю. П. Саламатову, К. А. Склобовскому, А. И. Тютрину, М. И. Шарапову и многим другим, чья помощь в значительной степени и определила появление этой книги.

Человек, по-видимому, создан, чтобы мыслить: в этом все его достоинство, вся его заслуга; вся его обязанность в том, чтобы мыслить как должно...

Блез Паскаль

Более двухсот миллионов лет движется Солнце, совершая один оборот вокруг центра Галактики. Это так называемый галактический год. Всего «год» назад была мезозойская эра, эпоха ящеров. История человечества не насчитывает и двух «суток». Обычная человеческая жизнь в этом измерении — всего несколько «секунд». Что можно сделать за эти секунды, пусть даже галактические?

Оглянемся всего на несколько десятилетий назад, и мы с удивлением обнаружим, что у наших прадедов не было ни самолетов, ни вертолетов, ни спутников, ни гидростанций. Отсутствовали радио, телевизор, телефон, магнитофон, нейлон, капрон и многие тысячи других вещей, которые окружают нас сегодня и без которых мы уже не мыслим нашу жизнь. Более того, согласно теории биогеологического единства живого и неживого в природе, выдвинутой акад. В. И. Вернадским, окружающая нас биосфера под влиянием социальной и научной деятельности человека переходит в качественно новое состояние — ноосферу. В. И. Вернадский подчеркивает: «Человек впервые реально понял, что он житель планеты и может — должен мыслить и действовать в новом аспекте, не только в аспекте отдельной личности, семьи, рода, государства, или их союзов, но и в планетном аспекте».

Познавая законы природы и разумно их используя, человек сам становится крупнейшей природоформирующей силой, сопоставимой по масштабам с геологическими процессами. Он вносит новые формы обмена вещества и энергии в природе, осваивая космос, оказывается причастным и к явлениям, происходящим в нем.

«Может быть, что вся-то цель на земле, к которой человечество стремится, только и заключается в одной беспрерывности процесса достижения, иначе сказать, в самой жизни...» — так писал более 100 лет назад Ф. Достоевский. Да, наша жизнь — это беспрерывный поиск.

Человек, кажется, только тем и занят, что постоянно что-то изменяет, переделывает, совершенствует. Зачем это ему надо? Какая сила заставляет его отказываться от старого, привычного и проверенного? Разве нельзя, отладив что-то один раз, успокоиться на этом и жить без суеты, размеренно отсчитывая положенное нам время? К сожалению, нет. Природа не допускает подобного образа жизни. Почему?

Психологи поставили любопытный опыт. Лабораторных крыс поместили в большой вольер. Там всего было у них вдоволь и потребность в поиске исключалась полностью. Однако через некоторое время обитатели вольера стали проявлять беспокойство. Наиболее активные из них стали с интересом изучать узкий темный коридорчик, примыкающий к вольеру. Этот коридорчик вел в пустую комнату с металлическим полом, находящимся под напряжением. Крысы протискивались в коридорчик, шерсть у них дыбилась, в панике убегали они от шума, но снова шли. Что их гнало в эту комнату? Поисковая активность!

Интересно, что долгожителями в этой «райской» колонии оказались самые любопытные, которые на свой страх и риск неоднократно лезли в страшный темный коридор. Те же особи, которые довольствовались имеющимся в избытке и не выходили из вольера, вскоре теряли всякую активность, жирели и сдыхали.

Поисковая активность человека гораздо многогранней и содержательней, чем у представителей животного мира, а потому имеет для него еще более решающее значение. При этом с биологической точки зрения не важно, в какой области будет проявлять человек свою поисковую активность — в музыке, в науке, в литературе, в технике, в общественной деятельности, в ведении домашнего хозяйства и т. д. Важно, чтобы эта активность вообще присутствовала и была развита до творческого уровня.

Творчество — это не роскошь для избранных, а общая биологическая потребность, часто неосознаваемая нами.

Замечено, что равнодушные ко всему люди, относящиеся без интереса к своей учебе или работе, ничем не увлеченные, уходящие от решения задач, требующих элементов творчества, чаще болеют, быстрее стареют и уходят из жизни.

Даже в экстремальных условиях от человека требуется все то же — искать цель, ставить задачу и решать ее. Вспомните рассказ Джека Лондона «Любовь к жизни». Голодный, измотанный физически и почти замерзший человек постоянно ставит перед собой какую-либо конкретную задачу — дотащиться до очередного холма, поймать перепелку, преодолеть еще несколько метров. Он решает массу трудных в его положении задач, требующих немалой изобретательности. И выигрывает жизнь.

Известно, что для нормальной жизнедеятельности человеку необходимо, чтобы положительные эмоции преобладали над отрицательными. Творчество в любой области деятельности, но особенно в изобретательстве, представляет собой, пожалуй, наи-

более мощный и неиссякаемый источник положительных эмоций.

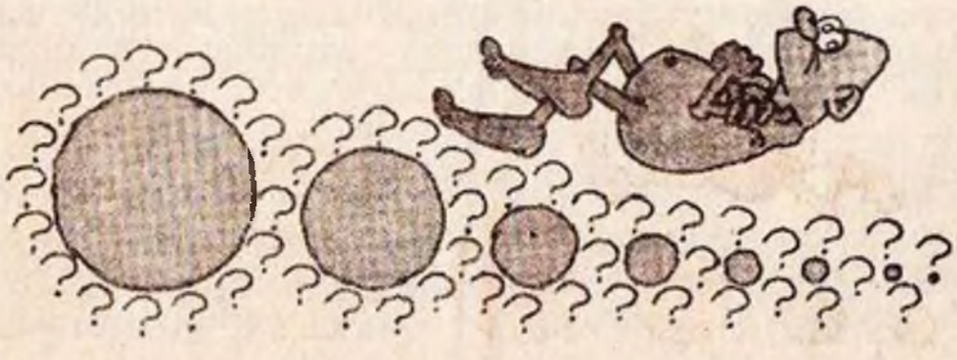
А что будет, если человек не умеет, не может или, что крайне редко, не желает находить элементы творчества в своей жизни, в своем труде? Такие люди приходят к мысли о засилии зла в жизни и тщетности суеты человеческой. Так природа наказывает тех, кто не по назначению использует свой разум.

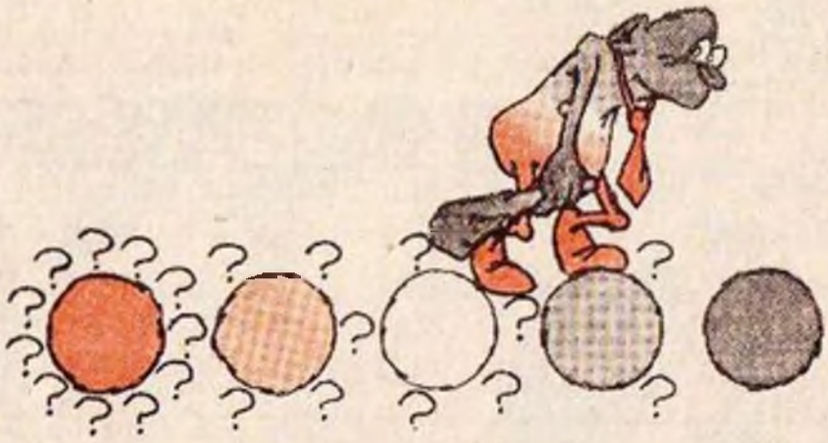
А как влияет творчество на развитие общества в целом? Предположим, что с каждым годом или даже с каждым днем мы будем уменьшать объем своих творческих притязаний. Формула проста: «Я человек маленький, мне много не надо, чем меньше, тем лучше». Графически это можно изобразить в виде ряда окружностей, радиусы которых символизируют уменьшающуюся творческую активность, а поверхность кругов — уменьшающееся соприкосновение с окружающей средой, жизнь в которой требует творчества.

Итак, если с течением времени уменьшается радиус творчества, то уменьшается и длина окружности, а значит, и количество задач, которые нужно решать. Деятельность человека упрощается, он деградирует и постепенно переходит к образу жизни примитивных животных. Наконец человек превращается в одноклеточное существо, например амебу, которая, следуя тому же принципу, продолжает упрощаться, пока не превратится в неживую молекулу. Ничего решать не надо, нет никаких вопросов! Но нет и жизни...

Рассмотрим второй вариант, при котором радиус творчества не растет и не убывает. Все остается как есть. Мы ничего не меняем. Живем так, как жили десять, сто, тысячу и десятки тысяч лет назад. Формула такова: «Наши деды и прадеды жили так, и я так проживу». Из поколения в поколение решаются одни и те же задачи, одними и теми же средствами. Повторяющиеся раздражители вырабатывают сначала рефлекторные действия, затем появляются врожденные инстинкты. Творчество полностью исчезает. Хорошо это или плохо?

Хорошо, потому что не требуется новых энергетических затрат, достаточно прислушаться к своему инстинкту, к «внутреннему голосу», и все будет «о'кэй». Так живут почти все виды животных. Птицы вьют сложнейшие по конструкции гнезда, пауки создают сетчатые конструкции, ажурность и прочность которых восхищает ученый мир. Да и мы значительную часть своих дейст-





вий совершаем неосознанно, по инерции. Плохо, потому что окружающая нас природа не является постоянной. Со временем изменяется климат на Земле, исчезают одни реки, озера, моря, появляются новые. Изменяются атмосфера, растительность, животные. Весь мир находится в движении. А мы с вами? Микроб и тот меняет свою популяцию, если изменилась среда его обитания. Исчезновение тысяч видов животных, занесенных в Красную книгу, объясняется только тем, что они не смогли приспособиться к изменившимся условиям.

Может ли человек допустить такую малую надежность своего существования? Конечно, нет. Как заметил Льюис Кэрролл в своей книге «Алиса в стране чудес», «для того, чтобы оставаться на месте, нужно все время бежать вперед». Этот все нарастающий «бег», именуемый сегодня научно-технической революцией, представляется единственным способом дальнейшего существования общества и повышения его жизнестойкости.

Итак, из трех предложенных вариантов существования человечеству подходит только один, а именно — наращивание поисковой активности, увеличение знаний и творческих способностей. Если мы хотим жить, значит, должны научиться делать это, причем темпами более быстрыми, чем идут изменения в природе. Графически все рассмотренные выше варианты представлены на рисунках.

Чем дальше во времени, тем больший радиус творчества нужно иметь и решать все больше вопросов. Творческий стиль жизни — это не привилегия одиночек, это единственный способ нормального существования и развития всего общества.

Уж лучше совсем не помышлять об отыскании каких бы то ни было истин, чем делать это без всякого метода...

Рене Декарт

ПОЧЕМУ МЫ ПЛОХО ИЗОБРЕТАЕМ

Вероятно, вы замечали, что любая работа, которую бы вам ни пришлось выполнять, чаще всего осуществляется по заранее продуманному плану, по определенной технологии — правилам действия. Нарушение их приводит к неудаче или вызывает дополнительные заботы.

Так работают все. Печник, прежде чем сложить свою печь, построит в уме всю последовательность своих действий, начиная с подготовки кирпича и раствора и заканчивая последним мазком краски при отделке поверхности.

Хирург, прежде чем приступить к операции, неоднократно мысленно проходит весь ее путь — от первоначального надреза до наложения швов.

Токарь, вытачивая деталь, работает по технологической карте, в которой указаны скорости поперечной и продольной подачи суппорта, частота вращения шпинделя, тип резца и многое другое, без чего деталь не может быть качественно изготовлена.

Даже когда вы собираетесь сходить в кино, то делаете это по определенной «технологии». Намечаете время выхода из дома, прикидываете путь до кинотеатра, способ преодоления этого пути — пешком, автобусом или трамваем, наконец, считаете деньги — хватит ли их на билет? И если хотя бы одно из этих действий не соответствует конечной цели, то поход в кинотеатр придется отложить.

Итак, технология — это лесенка, ведущая к намеченной цели. Без нее не делается ни одна работа в мире! Плохая или хорошая, но технология должна быть, иначе любое занятие, любая работа становятся бессмысленными.

А есть ли технология у изобретателя? До последнего времени трудно было положительно ответить на этот вопрос. В классической литературе утвердился образ бледного, замученного пос-

ЛЮБАЯ РАБОТА ДЛЯ СВОЕГО ВЫПОЛНЕНИЯ ТРЕБУЕТ КАКОГО-ТО ПЛАНА ДЕЙСТВИЙ
1
2
3
4 ?
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
1
2
3
4
5
6
а) ВЫЙТИ В
б) ПОЕХАТЬ НА
в) УПЛАТИТЬ
КАССА
ЦЕНА БИЛЕТА 50 Р.
ПЛАН
1
2
3
?
1
2
3
10 АУГ

тоянными поисками и непосильными трудами изобретателя. Ему каждый раз приходилось начинать с неизвестного, он совершал сотни и тысячи проб, но никогда не был уверен, что делает все правильно и что затраченный труд приведет к успеху. Почему? Да потому, что не было у него даже намека на какую-то технологию. Что нужно делать вначале, а что потом — оставалось неизвестным. Все решали случай и настойчивость, с которой изобретатель искал этот счастливый случай. Изобретатель с прилежанием пчелы перебирал все возможные варианты в надежде на то, что когда-нибудь у него что-нибудь получится.

Конечно, по мере познавания мира и накопления знаний человек все более осмысленно соединял различные элементы между собой, но технология получения изобретений оставалась неизвестной.

СТАВКА НА СЛУЧАЙ

Английский химик Ч. Макинтош в своей лаборатории случайно опрокинул бутылку с жидким веществом — сольвентнафтом на кусочек высохшего природного каучука. Он заметил, что почти твердый каучук стал мягким, как свежее тесто. Тут же возникла догадка: если пропитать им материал одежды, она станет непромокаемой. Так появились резиновые плащи — макинтоши, водонепроницаемая резиновая обувь — калоши, сапоги и многие другие вещи, которые быстро нашли многочисленных покупателей.

Но, к сожалению, природный каучук на морозе трескался, а при жаре начинал растекаться. Требовалось устранить эти недостатки. Снова пошли сотни экспериментов. И снова помог случай, но уже другому исследователю.

В 1839 г. Ч. Гудиир, делая очередной опыт, по рассеянности уронил на горячую плиту кусочек резины и серы. Резина и сера сцепились, образовав новое эластичное вещество, которое не ломалось при низких температурах и не размягчалось при высоких. Так был изобретен способ вулканизации резины, который стал широко применяться при изготовлении промышленных и бытовых товаров.

Инженер Самюэль Броун, лежа под деревом, обдумывал конструкцию нового моста, который был бы легче всех известных, но прочнее их. И вдруг... его взгляд упал на натянутую между ветвями паутину. Это было то, что он искал! Так появилась идея висячего моста.

Голландец З. Янсон, оптических дел мастер, отшлифовав одну из своих линз, решил рассмотреть ее поверхность с помощью другой увеличительной линзы. И тут случайный взгляд через две линзы на колокольню далекой церквушки поразил его. Казалось, что церквушка стоит прямо перед его окном. Были видны все ее мелкие детали. Так была найдена идея телескопа.

Французский физик Антуан Беккерель открыл радиоактивность, после того как обнаружил засвеченную фотопластинку, которая случайно оказалась рядом с урановой солью.

В 1870 г. А. Мариле изобрел способ химической очистки ткани. Это случилось после того, как он вынул из бочки со скипидаром случайно упавший туда загрязненный костюм.

Оуэн Ричардсон случайно опрокинул перекись водорода на гусиное перо, которое вдруг стало бесцветным. На свет появился способ, позволяющий моднице-брюнетке быстро стать блондинкой.

Француз Бернанд Куртуа в 1811 г. случайно получил йод.

Алхимик Барнд в 1674 г. в поисках «философского камня», экспериментируя с человеческим волосом, случайно открыл фосфор.

Случайно были изобретены пенициллин, железобетон, метод электроискровой обработки металлов, рентген и многое-многое другое.

Мир полон случайностей! Но для того чтобы случайность состоялась, нужно, чтобы она произошла с подготовленным человеком и в тот момент, когда он решает соответствующую случаю задачу.

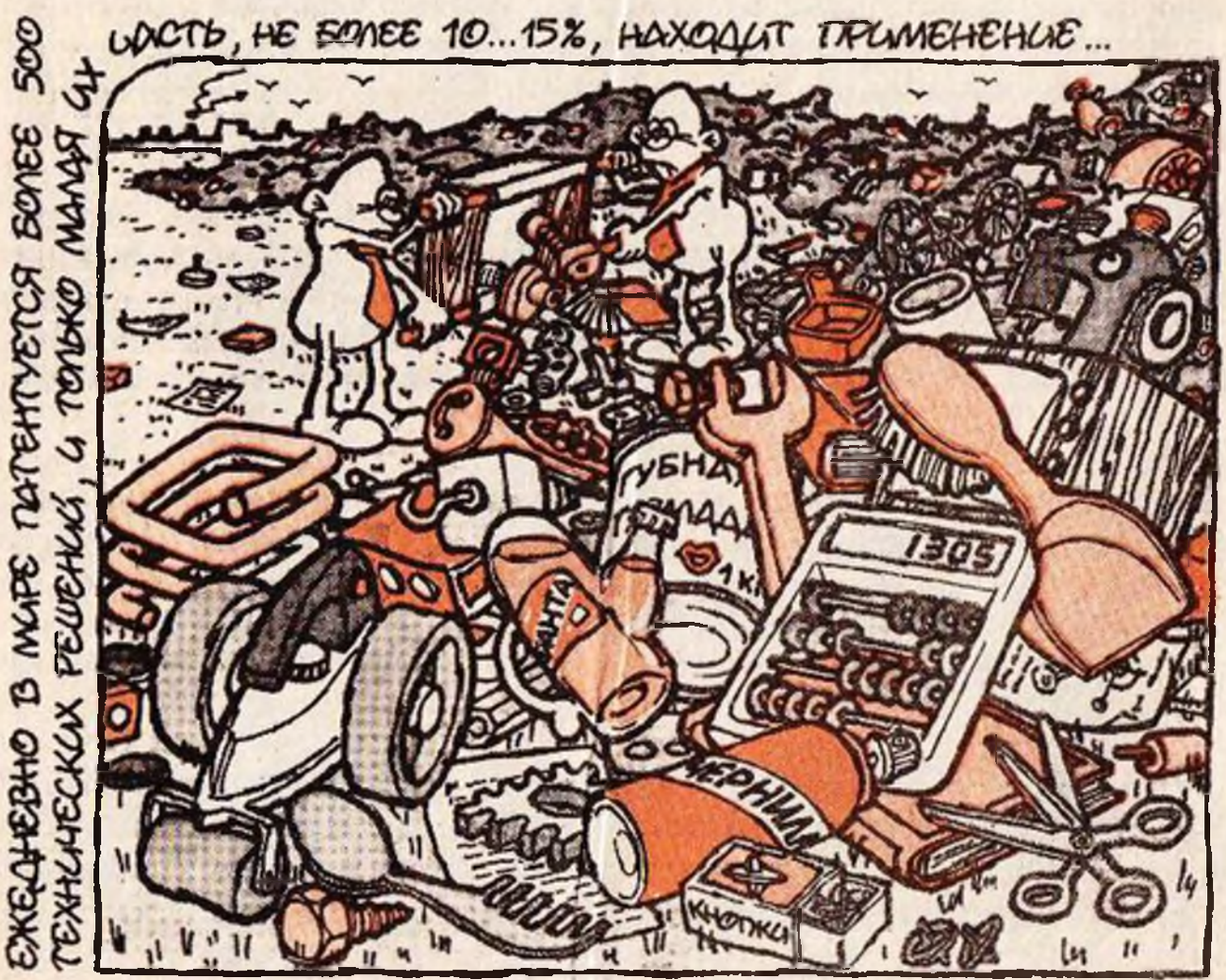
Слишком много неопределенных условий, чтобы говорить о какой-то определенной технологии поиска. Возникает только одна мысль — чтобы увеличить вероятность встречи с нужной случайностью, нужно увеличить количество собственных действий, экспериментов и проб.

ПРАВО НА ОШИБКУ

Пожалуй, это самый древний метод создания технических систем и устройств. Им пользовался еще наш далекий пращур, когда прилаживал к своей палке соответствующий камень.

Метод подкупает своей простотой и надежностью — взял, примерил, отбросил. Снова взял, примерил... Опять взял... Так работали и сто лет, и сто тысяч лет назад. Метод проб и ошибок, пожалуй, и сегодня остается наиболее распространенным среди изобретателей и рационализаторов. Ежедневно в мире патентуется более 500 технических решений, и только малая их часть, не более 10—15%, находит применение в практике. Все остальное является своеобразным «информационным шумом», т. е. эти решения никогда не будут внедрены, это «брызги» случайностей, «отходы» интеллектуальной деятельности человека, работающего методом проб и ошибок. Выявлено, что для того, чтобы сделать этим способом хотя бы одно изобретение среднего уровня, требуется совершить многие сотни и даже тысячи проб. Вероятно, поэтому и появилось крылатое выражение: «Талант — это 99% пота и 1% удачи».

Действительно, талантливый изобретатель успевает в уме за короткое время перебрать десятки, а то и сотни вариантов. Это



необычайно трудная и утомительная работа, на которую физиологически способны немногие. Что же делать?

Корифей изобретательства А. Эдисон держал целый институт экспериментаторов, которые, например, в поисках нужного материала для нити накаливания электрической лампочки провели многие тысячи опытов, испытывая все имеющиеся под рукой материалы. В ход шли все известные металлы и сплавы, обугленные нити из шерсти, шелка, бристольского картона, бумаги и даже из человеческого волоса. По заданию Эдисона его сотрудники ездили в Бразилию, Китай, Японию и другие страны для поиска и сбора различных видов растений, например бамбуков. Как показывали опыты, обугленные палочки из некоторых сортов бамбука достаточно хорошо работали в качестве нити накаливания.

Эдисон получил несколько десятков патентов на различные виды нитей накаливания для лампы. Однако работоспособность ламп с этими нитями все еще была низка. Лишь значительно позже Эдисоном была понята основная причина этого — кислород, который все же оставался в колбе после откачки из нее воздуха, окислял материал нити, и она разрушалась. Стали делать высоковакуумные лампы или заполнять их полость инертным газом. Долговечность работы лампы резко увеличилась. Теперь нить накаливания можно было делать из обычных тугоплавких металлов, которые к тому времени стали уже не столь дефицитными.

Около 40 тысяч опытов пришлось сделать Эдисону и его сотрудникам, чтобы получить достаточно работоспособную конструкцию щелочного аккумулятора. Это действительно был титанический труд.

Отдадим должное таланту и трудолюбию Эдисона. Но если метод проб и ошибок еще был допустим в начале века, когда мир техники только зарождался, то сейчас он просто исчерпал свои возможности. Подсчитано, что для того, чтобы этим методом сохранить набранные темпы развития изобретательской деятельности, то в скором будущем за стол экспериментатора надо будет посадить все население нашей планеты!

Да, пробы нужны, ошибки неизбежны, и человек всегда будет иметь право на них, но их количество по мере «взросления» человечества должно все более и более сокращаться. Иначе нам придется оставить мысль об ускоряющемся развитии человеческой цивилизации путем эффективного использования в изобретениях накопленных знаний.

К великим истинам ведет тропа ошибок.

Поль Валери

Вероятно, первым, кто пришел к мысли о необходимости повышения степени организации творческого труда, был древнегреческий философ-отшельник Диоген. За неимением лаборатории он избрал своим пристанищем бочку, где в полном уединении предавался размышлениям о совершенстве природы и безбрежности космоса.

К сожалению, история не сообщает, были ли у Диогена последователи и насколько житие в бочке повышает творческие способности.

Римский поэт и философ Тит Лукреций Кар в своей философской поэме «О природе вещей» излагает учение греческого философа Эпикура, который предлагает получать различные новые объекты путем комбинирования составляющих их частей. Это уже был значительный шаг вперед, который породит в будущем многие науки, в том числе комбинаторику.

Знаменитый испанский ученый раннего средневековья Раймунд Луллий разработал свой метод познания истины и изложил его в труде под названием «Великое искусство». Основная идея заключалась в символическом обозначении различных понятий и последующем их комбинировании и толковании. Для этого Луллием была изготовлена специальная машина, представляющая собой набор вращающихся на одной оси дисков с символическими знаками. После остановки дисков с них считывались совпадающие знаки-символы и давался вполне определенный ответ по любой проблеме. Хотя «механизация» умственного труда и была полной, метод так и не получил заметного распространения. А сам Луллий ушел в пустыню и до конца своих дней продолжал совершенствовать свой прибор.

Первые реально применяемые методы активизации творческого процесса стали появляться в конце 20-х годов нашего столетия. К ним относятся: метод мозгового штурма, метод фокальных объектов, метод морфологического анализа, метод контрольных

вопросов, синектика, матричный метод, интегральный метод, ассоциативный метод и т. п.

Всего их насчитывается более тридцати. Познакомимся с некоторыми методиками поближе.

МЕТОД МОЗГОВОГО ШТУРМА

Это наиболее древний метод. Еще викинги применяли его при разрешении своих проблем. Во время морских экспедиций при экстремальных ситуациях вся команда собиралась на совет, и каждый вносил свои предложения. При этом вначале высказывались юнги и младшие матросы, затем старшие матросы и все остальные. Капитан высказывался последним и он же принимал решение.

Современная модификация мозгового штурма, так называемая «мозговая атака», предложена американским морским офицером А. Осборном, который во время второй мировой войны был капитаном небольшого транспортного судна.

Однажды, опасаясь нападения немецких подводных лодок, А. Осборн собрал всю команду на палубу и попросил каждого высказать свои соображения по поводу того, как защитить безоружный корабль от торпеды. Вероятно, оптимисты есть везде. Один из матросов предложил всей команде встать вдоль борта и, когда торпеда будет приближаться к кораблю, всем разом и дружно дунуть на нее. Торпеда должна сбиться со своего пути и пройти мимо корабля. В тот раз не было необходимости проверять этот способ защиты на практике. Матросы дружно посмеялись и разошлись по своим кубрикам. Однако высказанная идея показалась А. Осборну плодотворной. Он установил на палубе вентилятор, который создавал мощный поток воды и в одном из рейсов действительно «отдул» торпеду от борта своего судна.

Уже после войны А. Осборн начал детальную проработку метода. Его книга «Прикладное воображение» легла в основу курсов лекций во многих высших учебных заведениях, в НИИ и промышленных компаниях США.

Сущность мозговой атаки — дать свободный выход мыслям из подсознания. По теории Фрейда, управляемое сознание является тонким слоем на массе неуправляемого подсознания. При мозговой атаке нужно создать условия, чтобы расковать подсознание.

МЕТОД ФОКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Сущность метода состоит в перенесении признаков случайно выбранных объектов на совершенствуемый объект.

Допустим, вам нужно усовершенствовать с помощью этого метода зубную щетку. Выбирают не менее трех-четырех случайных объектов-предметов (наугад из словаря, каталога, книги, журнала и т. д.). У меня, например, попались слова «звонок», «конфета», «лампа». Составляем список признаков этих предметов.

Звонок — электрический, школьный, часовой, велосипедный...

Конфета — карамель, шоколадная, сладкая, душистая, витаминная...

Лампа — настольная, навесная, бактерицидная...

Теперь попытаемся хотя бы мысленно присоединить найденные признаки к изменяемому объекту — зубной щетке. Что получается? При известной доле фантазии можно предложить сделать щетку, которая сама рано утром звонит, призывая вас воспользоваться ею, испускает душистые запахи. Ручку этой щетки можно немного откусить, так как она выполнена съедобной, в ней много витаминов и к тому же она бактерицидная, т. е. убивает все болезнетворные микробы во рту.

Хорошая щетка?

Метод фокальных объектов не дает никакой гарантии, что у вас получится что-то дельное, но все же он раскрепощает мышление и порой приводит к неожиданным комбинациям. Метод содействует развитию фантазии, но говорить о каком-то направленном или планируемом изменении объекта не приходится.

Разновидностью метода является метод гирлянд случайностей и ассоциаций.

МЕТОД СИНЕКТИКИ

Наиболее эффективная из созданных за рубежом методик психологической активизации творчества — синектика (предложена В. Дж. Гордоном), которая является развитием и усовершенствованием метода мозгового штурма.

При синектическом штурме допустима критика, которая позволяет развивать и видоизменять высказанные идеи. Этот штурм ведет постоянная группа. Ее члены постепенно привыкают к совместной работе, перестают бояться критики, не обижаются, когда кто-то отвергает их предложения.

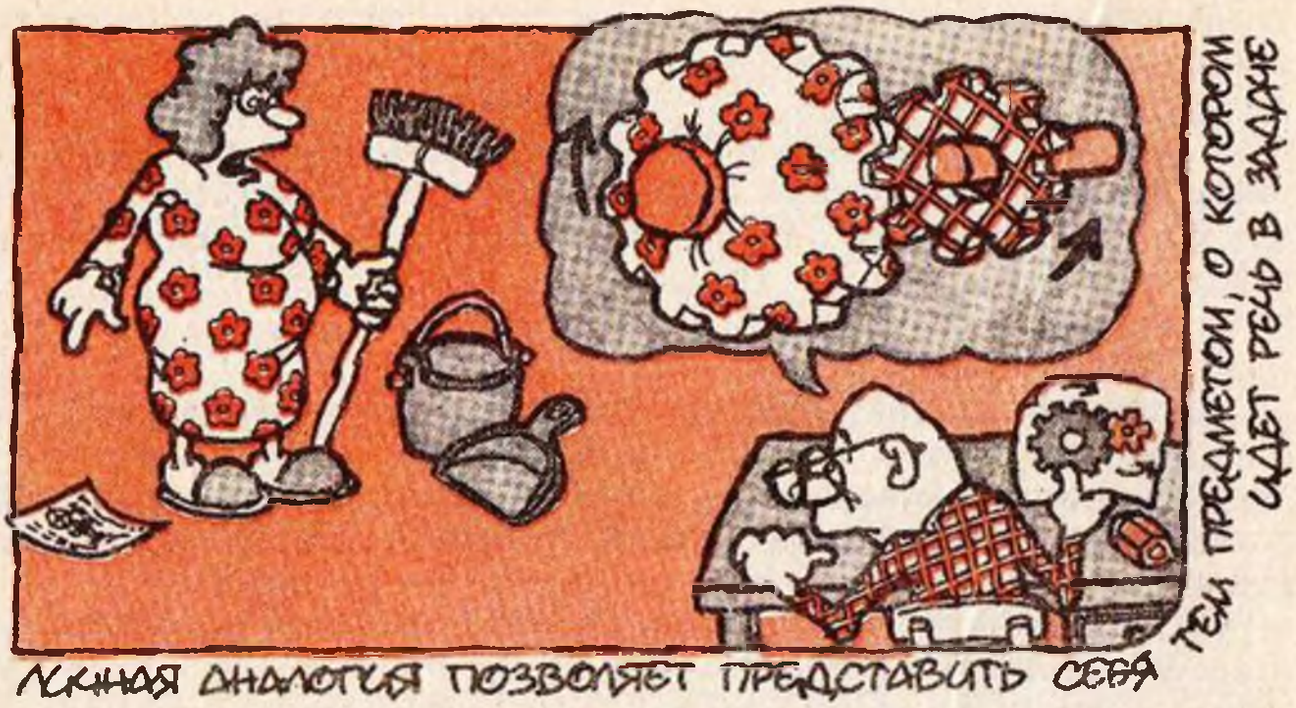
В методе применены четыре вида аналогий — прямая, символическая, фантастическая, личная.

При *прямой аналогии* рассматриваемый объект сравнивается с более или менее похожим аналогичным объектом в природе или технике. Например, для усовершенствования процесса окраски мебели применение прямой аналогии состоит в том, чтобы рассмотреть, как окрашены минералы, цветы, птицы и т. п. или как окрашивают бумагу, обои, кинопленки, телеизображение и т. п.

Символическая аналогия требует в парадоксальной форме сформулировать фразу, буквально в двух словах отражающую суть явления. Например, при решении задачи, связанной с мрамором, найдено словосочетание «радужное постоянство», так как отшлифованный мрамор (кроме белого) — весь в ярких узорах, напоминающих радугу, но все эти узоры постоянны.

При *фантастической аналогии* необходимо представить фантастические средства или персонажи, выполняющие то, что требуется по условиям задачи. Например, хотелось бы, чтобы дорога существовала там, где ее касаются колеса автомобиля.

Личная аналогия (эмпатия) позволяет представить себя тем предметом, о котором идет речь в задаче. В примере с окраской



мебели можно вообразить себя белой вороной, которая хочет окраситься. Или, если совершенствуется зубчатая передача, то представить себя шестерней, которая крутится вокруг своей оси, подставляя бока соседней шестерне. Нужно в буквальном смысле входить «в образ» этой шестерни, чтобы на себе почувствовать все, что достается ей, и какие она испытывает неудобства или перегрузки. Что дает такое перевоплощение? Оно значительно уменьшает инерцию мышления и позволяет рассматривать задачу с новой точки зрения.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Морфологический анализ — пример системного подхода в области изобретательства. Метод разработан известным швейцарским астрономом Ф. Цвикки. Благодаря этому методу ему удалось за короткое время получить значительное количество оригинальных технических решений в ракетостроении.

Для проведения морфологического анализа необходима точная формулировка проблемы, причем независимо от того, что в исходной задаче речь идет только об одной конкретной системе, обобщаются изыскания на все возможные системы с аналогичной структурой и в итоге дается ответ на более общий вопрос. Например, необходимо изучить морфологический характер всех видов транспортных средств и предложить новую эффективную конструкцию устройства для транспортирования по снегу — снегохода.

Точное определение класса изучаемых систем (устройств) позволяет раскрыть основные характеристики или параметры, облегчающие поиск новых решений. Применительно к транспортному средству (снегоходу) морфологическими признаками могут быть

функциональные узлы снегохода: *А* — двигатель, *Б* — движитель, *В* — опора кабины, *Г* — управление, *Д* — обеспечение заднего хода и т. п.

Каждая характеристика (параметр) обладает определенным числом различных независимых свойств. Так, двигатели: $А_1$ — внутреннего сгорания, $А_2$ — газовая турбина, $А_3$ — электродвигатель, $А_4$ — реактивный двигатель и т. д.;

движители: $Б_1$ — воздушный винт, $Б_2$ — гусеницы, $Б_3$ — лыжи, $Б_4$ — снегомет, $Б_5$ — шнеки и т. д.;

кабины: $В_1$ — опора кабины на снег, $В_2$ — на двигатель, $В_3$ — на движитель и т. д.

По заданной проблеме в матричном выражении (морфологическом ящике) фиксируются наиболее существенные параметры. Например, для снегохода матрица будет иметь вид:

$$(А_1\ А_2\ А_3\ А_4)$$
$$(Б_1\ Б_2\ Б_3\ Б_4\ Б_5)$$
$$(В_1\ В_2\ В_3)$$

Возможные сочетания: $А_1$, $Б_3$, $В_2$, или $А_1$, $Б_2$, $В_3$, или $А_2$, $Б_1$, $В_2$, или $А_4$, $Б_4$, $В_3$ и т. д.

Матрица — символическая форма описания решений. Она дает представление о всех возможных конструктивных схемах снегохода путем фиксирования в каждой строке матрицы одного из элементов. Набор этих элементов будет представлять возможный вариант исходной задачи. Рассматривая разные сочетания этих элементов, можно получить большое сочетание всевозможных вариантов решений, в том числе и самых неожиданных. Так, морфологическая матрица для реактивных двигателей, работающих на химическом топливе, построенная Ф. Цвикки, содержала 576 возможных вариантов решений.

Ответственный этап метода — оценка вариантов решений, вытекающих из структуры морфологической матрицы. Сравнивают варианты по одному или нескольким наиболее важным для данной технической системы показателям.

МЕТОД КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

Этот метод позволяет генерировать новые идеи и решения, стимулировать их с помощью наводящих вопросов. Применяется в форме монолога, обращенного к самому себе, либо диалога изобретателей.

В сущности это усовершенствованный вариант метода проб и ошибок, ведь каждый вопрос служит своеобразной пробой (или серией проб) с единственным отличием: по списку вопросов проще и быстрее охватить некоторое начальное поле вариантов. Авторы отбирают из изобретательского опыта вопросы, которые

обеспечивают преимущества метода контрольных вопросов перед обычным методом проб и ошибок.

Один из наиболее полных и удачных списков контрольных вопросов принадлежит английскому изобретателю Т. Эйлоарту. Например:

узнать мнение некоторых неосведомленных в данном деле людей (т. е. избежать психологической инерции);

устроить сумбурное групповое обсуждение, выслушивая без критики каждую идею;

испробовать «национальные» решения: хитрое шотландское, всеобъемлющее немецкое, расточительное американское, сложное китайское и т. д.;

представить фантастические, биологические, экономические, химические и другие аналоги.

Вопросы в такой системе позволяют полнее увидеть свойство совершенствуемого объекта, но как его изменять — этого, к сожалению, они не подсказывают.

Итак, вы познакомились с несколькими методиками поиска технических решений.

Подробнее с ними можно ознакомиться в популярной и специальной литературе [18]. Многочисленность методов объясняется недостаточной эффективностью каждого из них. По сути дела все они являются лишь модификациями метода проб и ошибок, так как позволяют за единицу времени перебрать большее количество вариантов. Но мир бесконечно разнообразен и количество сочетаний даже ограниченных по числу элементов может составлять десятки и сотни тысяч.

Сегодняшнее положение с методами творчества удивительно напоминает положение, которое было на заре становления химии как науки. Трудолюбивые алхимики, познавая мир, обнаружили в нем многие тысячи химических веществ. Как в них разобраться, как систематизировать и как их просто запомнить? Алхимики окончательно запутались, хотя ими были предложены десятки и сотни методик. По сути каждый алхимик имел свой, в тайне хранимый от всех метод. Но тут выяснилось, что они перестали понимать друг друга... Порядок навела периодическая система Менделеева, которая показала, что в мире существует лишь несколько десятков основных первичных элементов, а все многообразие веществ строится на сочетании этих ограниченных по числу элементов. Так и в мире техники. Мы уже пережили «период алхимии» и должна была появиться своя «таблица Менделеева». Она появилась — это Теория Решения Изобретательских Задач — ТРИЗ.

ЗНАКОМСТВО С ТРИЗ, ИЛИ КАК НАДО ИЗОБРЕТАТЬ

Вспоминается один старый фантастический рассказ.

На далекую планету опустился корабль землян. Три года длился полет, и вот теперь усталый экипаж с любопытством поглядывал в иллюминаторы.

Рядом с кораблем стояли три удивительных предмета. Они поразительно напоминали старинные прабабушкины сундуки — такие же окованные медной лентой крышки с заклепками, шершаво окрашенные бока и огромные навесные замки. Экипаж окружил сундуки и с удивлением стал их рассматривать. Командир связался с Землей и доложил ситуацию. Центр управления полетами после некоторого замешательства сообщил, что никогда наши прабабушки не посещали эту планету и что такая ситуация не предусмотрена ни одной инструкцией. Командиру рекомендовалось действовать по собственному усмотрению.

... Прервем здесь изложение и попробуем представить себя на месте этого командира. Как бы вы поступили? Все, кому предлагалась эта задача, давали почти однотипные ответы. Вначале, считали многие, надо вскрыть один сундук и посмотреть — что там? Вы так же подумали? Но после того как был сбит замок, сундук на глазах у всех стал испаряться и вскоре вовсе исчез без следа. Из трех осталось два. Следующие ваши действия?

Ну что ж, многие из вас наверняка предложат затащить сундуки в корабль и отправить их на Землю. Но как только сундук стали поднимать по трапу, он вдруг размягчился и, превратившись в жидкость, стек в песок. Быстро взяли песок на анализ, но ничего кроме кварца в нем не нашли. Остался последний сундук. Что будете делать?

Уверен: вот теперь вы надолго задумались. И предлагаете изучить более внимательно внешний вид сундука, не трогая его, сфотографировать, попытаться понять какие-то его особенности, закономерности окружающей среды и т. д.

Фантастический рассказ заканчивался тем, что эти так называемые сундуки были одной из форм местной жизни с высочайшим уровнем цивилизации. Они появились у корабля, чтобы изучить пришельцев и, если те окажутся разумными существами, открыть им свое содержимое и подарить все свои знания. Но, увы, у землян не хватило интеллекта, чтобы допустить мысль о том, что кто-то может быть умнее их.

Не поступаем ли и мы так с окружающим миром, считая, что на все имеем право, что все кругом наше и как решим, так оно и будет? Величайшее заблуждение, порожденное эгоцентризмом человека. Кстати, все ранее упомянутые методики творчества несут на себе именно эту самую печать эгоцентризма. Расшифруем это слово. Эгоцентризм — это отношение человека к себе как к

центру Вселенной. Иначе говоря, это высшая форма эгоизма. Действительно, решая задачу, мы в первую очередь думаем только о себе и погружены в свое мышление. Нас не интересует, как «живут» изменяемые нами системы, каким законам они подчиняются, что их связывает между собой. Настоящий эгоцентризм!

Игнорирование законов изменяемых систем и является основной причиной неэффективности известных методик. Психология как наука о закономерностях и формах психической деятельности человека тоже мало чем может помочь изобретателю, ибо она изучает изменения во внутреннем мире человека, его субъективные переживания, а не изменения объективных природных элементов.

Философы давно определили, что техника — это видоизмененный элемент природы. Действительно, первая мотыга, которую человек взял в руки, представляла собой загнутую ветку дерева, которой удобно было рыхлить землю в поисках съедобных корней. Видоизменяясь, естественная мотыга приобрела форму лопаты и удобную рукоятку. А когда появился двигатель, эта лопата превратилась в экскаватор — сложную техническую систему.

А наше жилище? Сегодня это сложнейший набор механических, гидравлических, электрических и прочих систем. А ведь вначале была просто пещера — природный элемент, который человек начал видоизменять, устроив очаг, вырубив полати и ступени, повесив полог.

Токарный резец был вначале обычным ножом, который когда-то изготавливали из каменных пластин или из клыков и когтей хищников, т. е. опять же из природных элементов. Подобные превращения претерпели и одежда, и посуда, и орудия труда, в общем все то, что нас окружает сегодня и что мы называем технической системой. Кроме того, можно сказать, что техника — это еще и часть самого человека, точнее продолжение его органов. Взятая в руку палка — продолжение нашей руки — помогла дотянуться до высоко висящего на дереве яблока. Ходули, лыжи, колеса велосипеда, автомобиля — это продолжение наших ног, которое позволяет быстрее преодолевать расстояния. Слуховой рупор, которым пользовались наши прадеды, а сейчас телефон, радиоприемник — это наши «технические уши», которые улавливают звуки за сотни и тысячи километров. Телевизор — это наши глаза, вынесенные в местность, где происходят какие-то интересные события, и т. д. Следовательно, техническая система — это не только видоизмененный элемент природы, но еще и средство для повышения возможностей человека. Как видим, объективное и субъективное тесно переплелось, образовав новый, ранее неизвестный мир, который живет и развивается по своим законам и закономерностям. Изучением этих законов, а также их использованием и занимается новая наука о творчестве — теория решения изобретательских задач — ТРИЗ. Основы ТРИЗ просты и понятны. Они легко усваиваются даже школьниками начальных классов. Но за этой простотой стоит мировой опыт тысяч изобретателей.

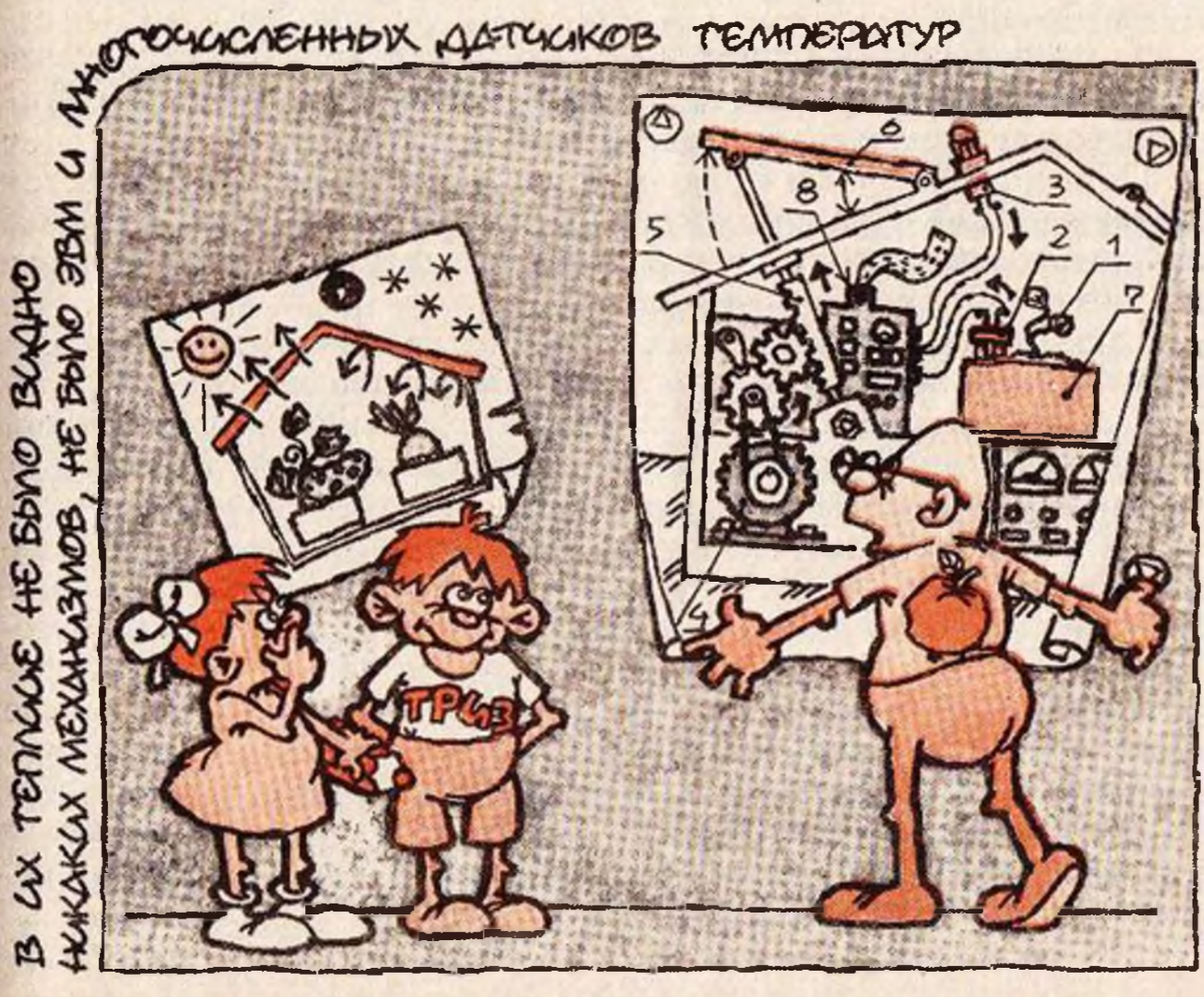
Однажды было проведено своеобразное соревнование между профессиональными проектировщиками и школьниками из кружка юного изобретателя «Импульс» (г. Ангарск), в котором они изучали основы ТРИЗ. Обеим командам была предложена одна и та же задача — спроектировать теплицу с автоматическим проветриванием. При повышении температуры теплица должна выпускать перегретый воздух, а при понижении — не впускать холодный.

Команда взрослых разработала свой вариант: форточки теплицы соединялись с помощью сложной системы рычагов и валов с приводной станцией, которая включалась по сигналам ЭВМ и многочисленных температурных датчиков, расположенных в разных точках теплицы. Это был сложный, дорогой, но, по мнению проектировщиков, единственно возможный вариант теплицы с автоматическим выпуском прогретого воздуха.

Но вот развернули свои листы с рисунками теплицы школьники. В их теплице не было видно никаких механизмов, не было ЭВМ и многочисленных датчиков температур. Напротив, она стала проще, чем была, в ней исчезли даже форточки, которые надо было открывать и закрывать для проветривания.

— А как же теплица проветривается? — недоуменно спросил старший из проектировщиков.

— А она сама, когда надо, выпускает через себя перегретый



воздух и не пропускает снаружи холодный,— ответил школьник, один из авторов проекта.

Действительно, крыша теплицы была изготовлена из специальной прозрачной пористой пленки, которая при нагреве раскрывала свои поры и выпускала через себя горячий воздух, при охлаждении же эти поры закрывались, удерживая тепло. Это как кожа человека, поры которой на жаре расширяются, на холоде сжимаются. Современная химия позволяет получить такой искусственный термочувствительный материал.

Да, решение было красивым и неожиданным, так что победили в соревновании юные изобретатели.

В этой книге вы встретите еще не одно решение ребят и вместе с ними пройдете увлекательный путь от постановки изобретательской задачи до ее решения.

Какие же основные шаги предусматриваются при решении изобретательской задачи по ТРИЗ?

1. Системный анализ. Выявление задачи из сложившейся ситуации и ее поэтапное уточнение путем проведения причинно-следственного анализа до обнаружения места первопричины — так называемой оперативной зоны.

2. Формулирование идеального конечного результата для элементов, находящихся в оперативной зоне.

3. Выявление противоречий, мешающих достижению найденного идеального решения. Уточнение противоречий и анализ их структуры.

4. Разрешение противоречий путем задействования законов развития технических систем и решательных инструментов ТРИЗ.

Основные решательные инструменты ТРИЗ:

1. Информационный фонд — набор эвристических приемов устранения технических противоречий, основные принципы разрешения физических противоречий, задачи-аналоги, физико-химические и геометрические эффекты.

2. Вепольный анализ, рассматривающий взаимодействие веществ и энергий (полей) в системе и их изменения.

3. Стандарты на основе вепольного анализа, указывающие конкретные пути восстановления работоспособности технической системы в соответствии с законами развития технических систем.

4. Психологические операторы, предназначенные для ослабления инерции мышления и развития творческого воображения.

Со всеми этими понятиями вы подробно ознакомитесь в разделах настоящей книги.

Кроме того, в ТРИЗ входит и эффективно используется алгоритм решения изобретательских задач — АРИЗ. Это инструмент, который организует мыслительный процесс изобретателя при поиске нового технического решения путем задействования вышеперечисленных шагов и инструментов. Подробно о нем можно узнать из литературы [4, 5, 6, 10, 14].

А сейчас начнем знакомиться с конкретными разделами ТРИЗ.

ПО ЭТАЖАМ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

(Системный анализ)

Бросая в воду камушки, смотри на круги, ими образуемые; иначе такое бросание будет пустой забавой.

Козьма Прутков

РЯДЫ БЕСКОНЕЧНОСТИ

Как по-разному мы думаем, когда решаем одну и ту же задачу! Вероятно, прав был грузинский мыслитель II века Исани Петрица, когда заметил: «Каждый познающий действует соответственно своей сущности».

Допустим, предстоит построить деревенский дом. Печник будет видеть трубу, плотник — крышу, стекольщик — окна, каждый обращает внимание на то, в чем он специалист. Вероятно, так и должно быть, когда мы имеем дело со знакомой, неоднократно выполняемой работой. Но творческая работа требует системного мышления, которое охватывает взаимодействие всех систем между собой и на всех уровнях.

Вспомним хотя бы работы талантливейшего литовского художника Чюрлениса. Большинство его картин выполнено, если так можно выразиться, в трехмерном пространстве, хотя в одной плоскости. Море на этих полотнах представлено зрителю в виде расположенных на переднем плане крупных морских капель, затем они преобразуются в морские глубины и, наконец, бесконечная ширь уходящей вдаль океанской поверхности. Каждую такую картину можно смотреть часами, и она будет все время казаться новой, потому что она многогранна и системна.

А что такое система в технике?

Можно дать такое определение. «Система — это комплекс организованных в пространстве и времени взаимосвязанных между собой элементов, необходимых и достаточных для выполнения требуемой функции, которую определяет человек».

Например, самолет — это достаточно сложный комплекс, состоящий из фюзеляжа, крыльев, хвостового оперения, двигателя, управления и т. д., которые взаимосвязаны друг с другом и совершают единую функцию — перемещение в воздухе. Это система? Конечно!

А сейчас продолжим пример в чисто условном плане. Допустим, что в результате какого-то несчастного случая или аварии самолет развалился в воздухе и его осколки упали на землю. Это что — система? Конечно, нет. Эти осколки уже не выполняют прежней функции — летать. А вот для эксперта, который выехал на место катастрофы самолета, лежащие на земле осколки представляют собой систему, позволяющую выявить причину аварии. Итак, систему определяет сам человек в зависимости от нужной ему функции.

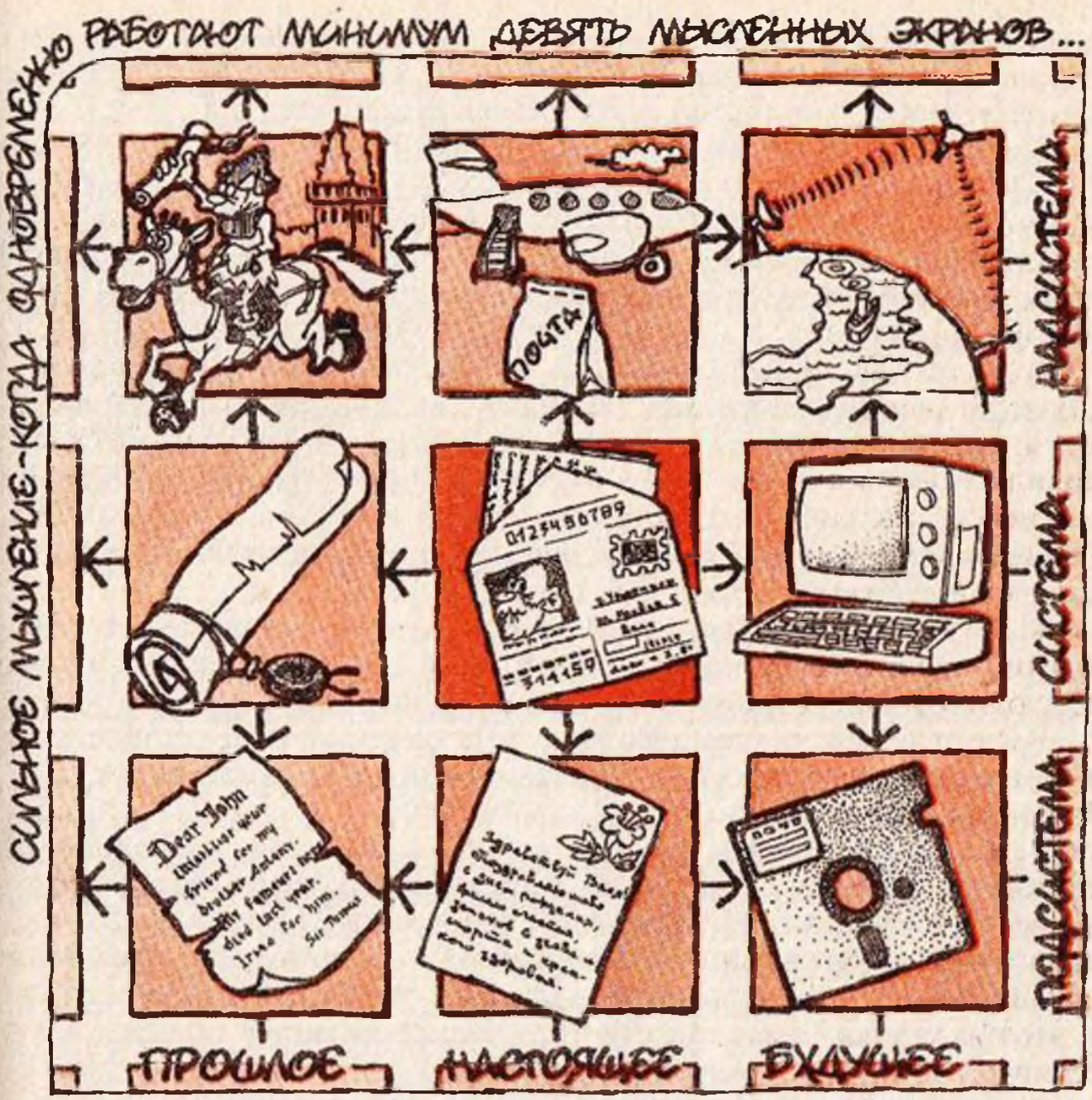
Нам трудно понять или даже просто запомнить россыпь каких-то отдельных факторов или событий. Но если они выстраиваются в логически связанный сюжет, т. е. образуют систему и выполняют функцию, мы легко воспроизводим их в любой момент. Например, попробуйте запомнить следующие буквы: НКАЕТХИ. Тяжело, а главное непонятно, зачем. Но вот те же буквы, расположенные системно, с образованием слова ТЕХНИКА, запоминаются легко. Наша память легче воспринимает блочные понятия, поэтому эффективное мышление — это в первую очередь системное, блочное мышление.

Вместе с тем мы должны четко понимать, что не существует ни в природе, ни в технике каких-либо обособленных систем. Любая из них является частью другой системы, которую называют уже надсистемой, а та, в свою очередь, и сама является частью другой, более крупной надсистемы. Этот ряд идет бесконечно вверх и вширь, охватывая необозримые пространства космоса. В то же время любая самая малая система состоит из ряда других, более мелких систем, называемых подсистемами. И этот путь вглубь, хотя и сужаясь, также является бесконечным, теряясь в микрокосмосе вещества. И все системы связаны между собой, причем эта связь становится все более жесткой при углублении в подсистему и все более свободной при уходе в надсистему. Но никогда взаимосвязь систем не исчезает полностью.

ПРИЗНАКИ ТАЛАНТА

Когда говорят об изобретателе, то часто употребляют сочетание «сильное мышление». Что же такое сильное мышление? Автор теории ТРИЗ Г. С. Альтшуллер так отвечает на этот вопрос: «Обычное мышление, когда человек видит только то, что дано в задаче. Если задача, допустим, связанная с деревом, и человек видит только это дерево. Сильное мышление — когда одновременно работают минимум девять мысленных экранов: человек видит систему, данную в задаче, надсистему, подсистему — три разных этажа. И на каждом этаже — прошлое, настоящее, будущее. То есть надо видеть не только дерево, но и лес, и клеточку дерева. И все это в развитии: прошлое, настоящее, будущее».

Решая задачу, изобретатель должен одновременно держать в поле зрения все, что связано или может быть связано с ней.



Разумеется, это упрощенная схема. В действительности, как мы знаем, присутствует много этажей вверх и вниз от рассматриваемой системы, много экранов (систем) влево (далекое прошлое) и вправо (далекое будущее). При решении изобретательских задач методом проб и ошибок человек может лишь случайно, неосознанно использовать такой тип мышления. Но интуиция подводит гораздо чаще, чем принято об этом говорить.

Многоэкранный (многосистемный) стиль мышления должен быть нормой изобретателя, рабочей схемой, построенной с учетом развития технических систем. Проиллюстрируем это положение небольшими примерами. Допустим, вы участвуете в проектировании одной из систем жизнеобеспечения космонавта. В эту систему входит и кварцевый резонатор, представляющий собой миниатюрную пластинку, которая выдает и поддерживает на определенном уровне необходимые сигналы. Ваша задача — сконструировать для этого резонатора специальную емкость, в которой бы всегда,

при любых обстоятельствах, поддерживалась одна и та же температура. Резонатор очень чутко реагирует на колебания температуры, поэтому и нуждается в специальной защите.

Вы начинаете изучать систему стабилизации температуры. По этому вопросу выпущена масса литературы и много апробированных хороших устройств. Поместите кварцевую пластинку в сосуд Дьюара с двойными теплоизолирующими стенками, снабдите его внутренней системой обогрева, блоком контроля, блоком регулирования, блоком... Стоп! Что-то невероятно усложнился и потяжелел наш кварцевый резонатор. Из одной пластинки он превратился в тяжелый чемодан, который должен носить космонавт. Что-то здесь неладно. Случилось это потому, что мы рассматривали порученную нам систему в отрыве от надсистемы, в которую он входит. А что там? Нет ли в надсистеме участков, имеющих стабильную температуру? Конечно же, это сам космонавт! Температура его тела всегда 36,5°. Это то, что нужно!

Пластинку кварцевого резонатора нужно положить во внутренний карман костюма космонавта — и проблема решена. Кроме того, это решение имеет еще один плюс: если космонавт заболеет, т. е. у него повысится температура, об этом сразу же будет известно на Земле, так как частота сигналов изменится, и тогда будут своевременно приняты меры.

Как видим, многоэкранный стиль мышления позволяет не только находить новые решения, но и делать их наиболее экономичными. Однажды на строительстве, где всегда что-нибудь случается, возникла очередная проблема. Когда был закончен второй этаж и уложены прочные плиты перекрытия, на которых будут стоять тяжелые станки, выяснилось, что обслуживающий стройку автокран, подающий поддоны с кирпичами, не дотягивается до третьего этажа. Стройка остановилась, надо было ждать, когда на соседней стройке освободится мощный автокран с более длинной стрелой. Если забрать его оттуда, значит, там люди будут сидеть без работы. Бригада не работала, ругая бестолковость работников отдела организации работ. Выход нашел бригадир. В обеденный перерыв он привел большой кран и с его помощью установил свой маленький кран на строящийся дом. Вся операция заняла не более двадцати минут. Работа на обоих объектах продолжалась.

Что позволило найти такое решение? Системное мышление. Бригадир видел не только свой дом, кран, но и надсистему с ее возможностями.

А вот эта история произошла с заслуженным изобретателем из Магнитогорска М. И. Шараповым. Ему поручили найти средство для предотвращения износа трубы, по которой транспортировались кислотосодержащие отходы. Порой проходило всего несколько недель, а трубы надо было уже менять, кислота проедала самые толстые стенки. Завод нес большие убытки. Институтами разрабатывались различные покрытия, но и они не спасали дело.

Первое, что сделал М. И. Шарапов,— это проанализировал надсистему сброса всех отходов. Он обнаружил расположенную почти рядом другую трубу, по которой сбрасывались щелочные отходы. Эта труба, в отличие от кислотной, напротив, обрастала внутренней коркой так, что ее приходилось регулярно прочищать. Вы уже догадались, что сделал изобретатель? Конечно, он подключил трубы перекрестно. Теперь в каждой трубе одну неделю текла щелочная среда, а другую неделю — кислотная. Щелочь образовывала отложения, кислота их снимала. И так без конца. Заметьте, в обеих системах почти ничего не изменилось, но трубы стали безызносными, стоят до сих пор, не требуя ремонта.

Талантливый изобретатель должен мыслить системно, глобально, а действовать локально и с малыми затратами, учитывая будущее, настоящее и прошлое.

С ДУМОЙ О БУДУЩЕМ

Что значит думать о будущем? Помните, Робинзон Крузо, решив выбраться со своего острова, свалил огромное дерево и несколько месяцев долбил из него лодку. Наконец он ее изготовил и только тут понял, что дотащить ее до берега не сможет. Так и стояла его лодка вдали от берега, укоряя своего создателя в несистемности мышления. А если бы Робинзон подумал о будущих проблемах, он наверняка выбрал бы другое дерево поменьше или перекатил бы свою заготовку, пока она еще круглая, поближе к берегу и там бы начал ее обрабатывать.

Вспоминается одна из газетных публикаций, посвященных освоению Луны. Один из космических аппаратов должен был взять пробу грунта с обратной стороны Луны, в ее затемненной зоне. Для этого на корабле был предусмотрен прожектор для освещения лунной местности. Оператор, находясь на Земле, рассматривал поверхность и давал автомату команду на взятие той или иной пробы грунта.

Вся система была отработана и неоднократно испытана в земных условиях. Сомнений в работоспособности всей системы не было. Единственно, что тревожило конструкторов — это механическая прочность колбы лампы прожектора. При стартовых перегрузках колба лампы иногда не выдерживала и ломалась у самого основания. Проектировать и испытывать новую колбу уже не было времени, до старта комплекса оставалось всего несколько дней.

Подыскали соответствующую лампу от танковых прожекторов: они более стойко выдерживали вибрацию и перегрузки при ускорении, но были значительно тяжелее прежних.

Конструкторы пришли согласовывать свое решение к генеральному конструктору. Выяснив, в чем дело, он спросил: «А зачем нужна колба в лампе?» — «Чтобы защитить спираль накаливания от взаимодействия с кислородом воздуха, иначе она быстро сго-

рит»,— ответили конструкторы. «А на Луне есть воздух?» — снова спросил генеральный. И тут всем вдруг стало ясно, сколько лишних трудов они сделали, подыскивая нужную колбу для лампы.

Налицо результат несистемного мышления, который, увы, очень часто присутствует в наших действиях. Думать о будущем это значит не делать ошибок в настоящем.

С ДУМОЙ О НАСТОЯЩЕМ

Нити нашего бытия, наших дел и забот переплетены в многозвенном полотнище окружающего мира. Потянув за одну из них, мы приводим в движение сотни других.

Все связано со всем. Еще древние говорили: «Трогая траву, не потревожь звезду!»

Действительно, если мы уничтожим на Земле растительность, то изменится и газовая атмосфера Земли как по качеству, так и по объему. Атмосфера скорее всего уменьшится, так как исчезнет кислород, вырабатываемый растениями. Можно сказать, что уменьшится диаметр Земли, а значит, увеличится скорость ее вращения. Вспомните вращающегося фигуриста на льду: прижатие рук к телу увеличивает скорость его вращения. По этой причине изменится общая динамика и траектория движения Земли в пространстве. А взаимодействующие с Землей и Солнцем ближайшие планеты и звезды вынуждены будут сдвинуться, перегруппироваться, чтобы уравновесить всю систему в целом. Воистину — трогая траву, не потревожь звезду!

В этом примере заведомо сгущены краски, чтобы нагляднее показать взаимосвязь всех элементов, систем, в том числе и в технике, которые нас окружают. Любое изменение хотя бы малой детали в какой-либо машине влечет за собой изменения всех ее остальных частей — в надсистеме и подсистеме.

Всем известны колесные тракторы типа «Беларусь». Это удобная, подвижная и многофункциональная машина в сельском хозяйстве. Несколько лет понадобилось, чтобы создать для одной из ее моделей легкий двигатель из алюминиевых сплавов. Двигатель поставили на серийную машину, и тут выяснилось, что передние колеса плохо «держат» дорогу. Легкий двигатель не в состоянии был своим весом плотно прижать колеса к земле, и при вспашке трактор в буквальном смысле «вставал на дыбы». Пришлось впереди двигателя на раме пристроить ряд чугунных болванок. Что же выиграли? А ничего. Только усложнили технологию изготовления двигателя и сделали дороже весь трактор. Это результат несистемного мышления конструкторов.

В общем, как сказал Бернард Шоу, «узкая специализация в широком смысле слова ведет к широкой идиотизации в узком смысле этого слова».

С ДУМОЙ О ПРОШЛОМ

А что значит думать о прошлом системы? Прежде всего это не делать ошибок в будущем. Проследим сказанное на примере.

Стационарные морские буровые установки представляют собой платформу, которая стоит на трех или четырех опорах-сваях, закрепленных на дне моря. Платформа достаточно высоко поднята над уровнем моря и несет на себе буровые станки, дизельные и компрессорные установки, каюты для обслуживающего персонала и все другие необходимые устройства. Такие буровые установки начинают все шире применяться в северных морях. Но если летом они работают нормально, то зимой возникает масса проблем. Главная из них — это обрастание платформы и ее опор льдом. Переохлажденные морские волны образуют на опорах многотонные ледяные глыбы, которые приходится ежедневно сбивать. Это очень трудная и опасная работа. Кроме того, ледяной покров моря под действием приливных сил постоянно «дышит», перемещаясь то вверх, то вниз. Если он захватит опоры платформы, возможна аварийная ситуация.

Был объявлен конкурс на лучшую машину, которая скалывала бы лед с опор платформы. Появились десятки конструкций с ломами, граблями, скребками и прочими штуковинами. Некоторые из них были даже изготовлены. Их единственный недостаток состоял в том, что они не работали. Дело в том, что скалывающие органы в виде лома быстро обрастали глыбой льда и бесполезно елозили рядом с опорой.

А в одном из американских патентов предлагалось вокруг платформы и каждой ее опоры разместить специальные механизмы в виде самоходных фрез. Устройство снабжалось мощными электродвигателями, которые круглосуточно вращали гигантские фрезы, строгающие льды. Это было хотя и запатентованное, но некрасивое, энергоемкое и сложное решение проблемы в лоб. Известно, что лед по прочности почти одинаков с бетоном и чтобы строгать его, потребуются колоссальные мощности.

Эта задача разбиралась на одном из заседаний кружка юного изобретателя «Импульс». Вначале были рассмотрены и забракованы все имеющиеся решения, в том числе и американский патент. Анализируя предлагаемые конструкции, ребята пришли к выводу, что все они «крушили» следствия, но не причину. Продумывая ситуацию, кто-то из членов кружка вспомнил, что ранней весной, когда лед тонкий, его легко разрушить, а еще лучше — не допускать его образования на поверхности опоры.

Но для этого нужна тепловая энергия. Где же ее взять? Оказывается, она в избытке имеется в надсистеме. Дизельные двигатели, стоящие на платформе и вращающие буровой инструмент, выбрасывают бесполезно в воздух десятки кубометров раскаленных выхлопных газов. Остается только опустить выхлопную трубу в воду рядом с опорой — и проблема решена. Выхлопные газы,

поднимаясь вверх, не только обогревают опоры, но и, лопаясь на поверхности воды, постоянно перемешивают ее, не давая возможности образоваться монолитному льду. Если даже лед образуется, он будет весь пропитан выхлопными газами и представлять собой совершенно неопасную рыхлую массу. И хотя в результате мощность двигателя, стоящего на платформе, несколько теряется, выигрыш несомненен. Вот это-то решение с общего согласия и было оформлено заявкой на изобретение.

Итак, если хотите быть изобретателем, помните следующее:

1. Мир системен и состоит из нескончаемых рядов надсистем и подсистем.

2. Все системы взаимосвязаны между собой. Изменение в одной из них влечет изменения во всех остальных. Жесткость (зависимость) связей увеличивается в сторону подсистем и ослабевает в сторону надсистем.

3. Талантливое мышление человека включает в себя минимум девять экранов — систему, надсистему и подсистему в прошлом, настоящем и будущем времени. Видеть систему в будущем — это значит не делать ошибок в настоящем. Видеть систему в прошлом — это значит не делать ошибок в будущем.

4. При решении изобретательской задачи нужно мыслить глобально, охватывая все системы и в пространстве, и во времени, а действовать локально, с минимальными затратами того же пространства и времени.

А теперь задачи для самостоятельного решения.

З а д а ч а № 1. *Вы библиотекарь. У вас сотни активных читателей, которые ежедневно приходят за новыми книгами. Здание библиотеки старое, и потребовался его ремонт. Нужно переезжать в новое здание, но у вас нет ни автомобилей для перевозки книг, ни средств, чтобы оплатить работу грузчиков. Как быть?*

З а д а ч а № 2. *Вы поехали на рыбалку и вынуждены были остановиться на проселочной дороге, так как спустило одно колесо. Дело привычное. Вы отвернули четыре гайки, которые крепят колесо к оси, аккуратно положили их на обочину дороги и пошли к багажнику, чтобы достать запасное колесо. В этот момент местный лихач мотоциклист, объезжая вас, наехал на лежащие гайки и расшвырял их в стороны. Как отыскать их в густой траве?*

З а д а ч а № 3. *Однажды к изобретателю пришел тренер по скоростному спуску на лыжах и попросил помощи. Дело в том, что он подготавливал новую тренировочную трассу скоростного спуска. По международным правилам поверхность этой трассы должна быть покрыта корочкой льда. Для этого трассу увлажняют водой. Тренер приобрел насос, поставил его на берегу речки, подключил к электролинии и протянул на гору шланг. Но насос оказался маломощным, и вода не поднималась выше середины трассы. Тогда поставили более мощный насос, но вода снова не достигала вершины трассы, так как она просто замерзала в шланге, не доходя до его конца. Что вы посоветуете тренеру?*

Многие вещи нам непонятны не потому, что наши понятия слабы, а потому, что сии понятия не входят в круг наших понятий.

Козьма Прутков

Кто не знает, в какую гавань он плывет, для того нет попутного ветра.

Сенека

ПУТЬ К ИДЕАЛУ

(Закон повышения степени идеальности)

Те из вас, кто был в Политехническом музее в Москве, наверняка обратили внимание на электродуговую свечу Яблочкова. «Русским светом» называли ее во всем мире. Она мощно и ровно освещала улицы Парижа и Лондона, Петербурга и Нью-Йорка. Но не Яблочков первым предложил использовать для освещения электрическую дугу. Горели дуговые свечи и до него, однако неустойчив и капризен был их свет. Возле каждой свечи стоял слуга и время от времени сближал концы угольных стержней, расположенных горизонтально навстречу друг другу. Нужен был механизм сближения электродов по мере их обгорания, иначе дуга прерывалась.

И такой регулятор появился. Это был шедевр конструкторской мысли, который не уступал по сложности знаменитым кулибинским часам, но, увы, не был таким же надежным.

Что же сделал Яблочков? Он просто-напросто так установил электроды, что... Впрочем, не буду лишать вас удовольствия самим найти решение. Послушайте вот такую формулировку задачи: «Электроды сами, абсолютно не усложняя систему, не допускают увеличения зазора между своими корпусами и в течение всего времени горения дуги сохраняют его неизменным на протяжении всей своей длины».

Вполне вероятно, что, внимательно прочитав условие задачи, многие из вас уже решили ее. Для наглядности рекомендую взять в руки карандаши-электроды и попытаться расположить их так, чтобы зазор между ними был одинаков по всей длине. Конечно же, их нужно поставить параллельно! Так и сделал Яблочков. Теперь по мере обгорания электродов зазор между ними не увеличивается, а остается всегда постоянным. Никакого регулятора сближения

электродов не нужно, потребность в нем исчезла. Для того чтобы дуга все же не соскальзывала по корпусам электродов вниз, Яблочков заполнил пространство между ними керамическим плавящимся веществом.

А теперь вернемся к задачам нашего «автомобильного» века. Известно, с каким пристрастием работники ГАИ обращают внимание на состояние протекторов на колесах автомобилей. Это и понятно. Колеса с изношенным протектором часто являются причиной аварии, так как плохо «держат» дорогу и увеличивают тормозной путь. Представьте, что вам нужно предложить такое колесо, которое само бы сигнализировало о том, что его протектор изношен полностью. Отложите на минутку книгу и подумайте.

Действительно, лучше всего под протектором расположить слой яркой краски. Выступающая по шине яркая полоса будет наглядно демонстрировать износ протектора. А если применить фосфоресцирующую краску, то износ будет виден даже в темноте.

А вот другая проблема: как предотвратить хищение книг из библиотеки. Хорошо, если бы книги сами сигнализировали о том, что их без разрешения выносят из библиотеки. Многие из вас посчитают это желание несерьезным. Однако в одном из английских патентов предложено вставлять в корешок книги тонкую магнитную пластинку или нанести на корешок краску с магнитными зернами. В этом случае книга, уносимая злоумышленником, изменит в дверях напряженность магнитного поля, а датчики, зафиксировав это изменение, подадут сигнал тревоги. Книга сама себя сохранила! Для ее выноса нужно вернуться к библиотекарю, он положит книгу на стол-индуктор, где она размагнитится и «позволит» вынести себя из помещения.

Еще пример. В США изобретена крысоловка, которая не убивает свою жертву, а лишь надевает на нее ошейник с колокольчиком. С этим «подарком», вернувшись в свое семейство, крыса наводит панику на своих сородичей, которые или изгоняют «музыкантшу», или сами уходят прочь из этого дома. Крысы сами себя изгоняют.

Примеров достаточно, чтобы заметить в них общее и сделать определенный вывод. Он напрашивается сам: техническая система, развиваясь, стремится стать надежней, проще, эффективней, т. е. становится более идеальной.

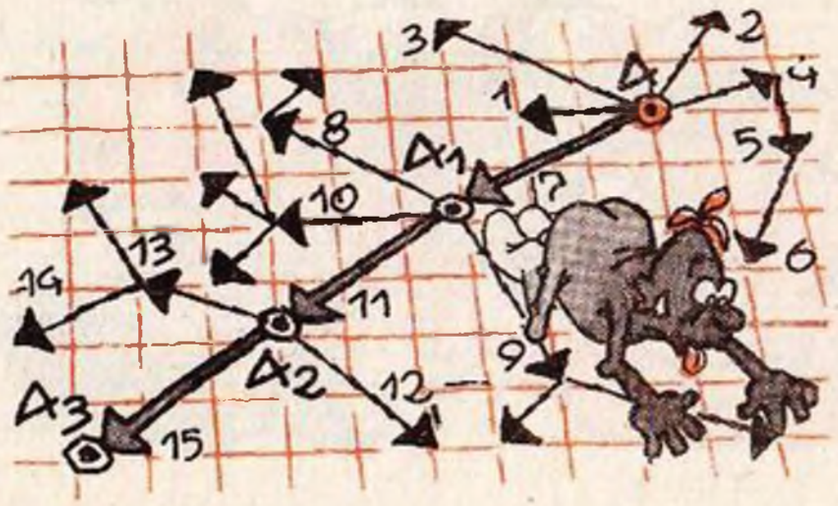
Оказывается, не только мы, люди, желаем устранить свои недостатки и приблизиться к выбранному нами идеалу. Создаваемая нами техника также испытывает потребность в совершенствовании.

«Куда уж мощнее!» — думаем мы, разглядывая стопятидесятитонный самосвал. «Куда уж быстрее!» — говорим мы, провожая взглядом ТУ-154. «Куда уж сложнее...» — и боязливо поглядываем на недавно полученный из ремонта цветной телевизор. Да, мир техники усложняется. И не сразу можно понять, в какую сторону идти, чтобы еще более усовершенствовать его. Но все в мире подчиняется своим законам. Есть они и у технических систем. О них

мы поговорим несколько позже, а пока отметим лишь, что один из главных законов любой технической системы — закон увеличения степени ее идеальности. Без следования этому закону принципиально невозможно улучшить техническую систему.

Может возникнуть вполне резонный вопрос: если закон увеличения степени идеальности так важен для развития технической системы, то как же мы до сих пор обходились без него? Как мы сумели придумать тысячи высокоэффективных устройств, не подозревая о нем? А как древние люди, ничего не зная о строительной механике, могли построить великолепные сооружения? Как, не зная гидродинамики и аэродинамики, они построили быстроходные парусники, которые и сегодня восхищают нас? Это был сложный и долгий путь поисков и решений, проб и ошибок. Делались сотни кораблей, пока случайно не обнаруживались нужные формы, строились тысячи зданий, пока не был выбран нужный по прочности материал и метод его укладки. Раньше изобретатель действительно не знал о законе увеличения степени идеальности, но это вовсе не означало, что он ему не подчинялся.

Давайте вспомним путь изобретателя, работающего методом проб и ошибок. Он выглядит так, как показано на рисунке. Точка *A* означает исходное состояние технической системы, которую нужно улучшать. Но как это делать? Неизвестно. Делается попытка *1, 2, 3.* Однако параметры технической системы не улучшаются. Возвращаемся к исходной позиции и предпринимаем новую попытку в направлении *4, 5, 6* — результат тот же. Наконец в попытке *7* увидели, что техническая система значительно улучшила свои характеристики и резко продвинулась вперед. Мы оказались в точке A_1. Некоторое время идет успешная эксплуатация этой новой машины, но по мере возрастания наших потребностей возникает необходимость в ее дальнейшем улучшении. Следует серия новых попыток *8, 9, 10.* Из каждой точки выпускаются дополнительные залпы, прощупывающие поисковое поле. Наконец мы попали в точку *11* и вновь почувствовали, что машина резко улучшилась — стала легче, проще, надежней. Мы оказались в точке A_2. Снова возникает новая потребность в совершенствовании, и мы с такими



же муками повторяем очередную серию проб и ошибок, пока не продвинемся к A_3.

На схеме показано незначительное число проб и ошибок. В реальной практике их число может достигать сотни, тысячи и десятки тысяч. Но и на этой схеме видно, что некоторые ее участки как бы расположились на одной линии. Это участки *7*— A_1, *11*— A_2, *15*— A_3, которые удивительно похожи друг на друга и направлены в одну сторону. Создается впечатление, что мы периодически попадали на какую-то хорошую дорогу, позволяющую совершать рывки, и что какая-то сила тянет нас только в одну сторону. Она действительно существует, эта сторона, которая называется идеалом данной технической системы. Именно к нему и стремится наша машина, делаясь легче, проще, надежнее. Зная о существовании такого идеала, нельзя ли в корне изменить работу изобретателя, т. е. начинать не с начала исходной задачи, а с ее конца — с идеального решения?! Работая по-новому, мы должны вначале определить идеал самой технической системы, а лишь затем заниматься ее изменением. При этом допускаем только те изменения, которые приближают технику к выбранному идеалу. Тогда отпадают пустые бесплодные попытки, а график работы изобретателя будет выглядеть так, как показано на рисунке внизу.

Мы настойчиво и планомерно приближаемся к намеченному идеалу, не отклоняясь никуда в сторону. Идеал для нас — как Полярная звезда для корабля, плывущего в просторах океана, и пусть мы не дойдем до звезды, но правильно выберем направление на Земле. В известном смысле качество работы изобретателя можно оценить тем, насколько близко он сумел подойти к идеалу. Чем больше расстояние до него, тем более сложной сходит с кульмана конструктора машина. И наоборот, когда сокращается расстояние до идеала, то все проще, надежней и дешевле делается машина. Идеал всегда связан с максимальным использованием имеющихся в системе, подсистеме и надсистеме вещественно-энергетических ресурсов. Чем полнее сумеем их задействовать, тем «идеальнее» получается решение.

Вообще-то самые идеальные решения делает природа. В ней нет вообще отходов как таковых, все используется и все вовлекается в нескончаемые процессы.

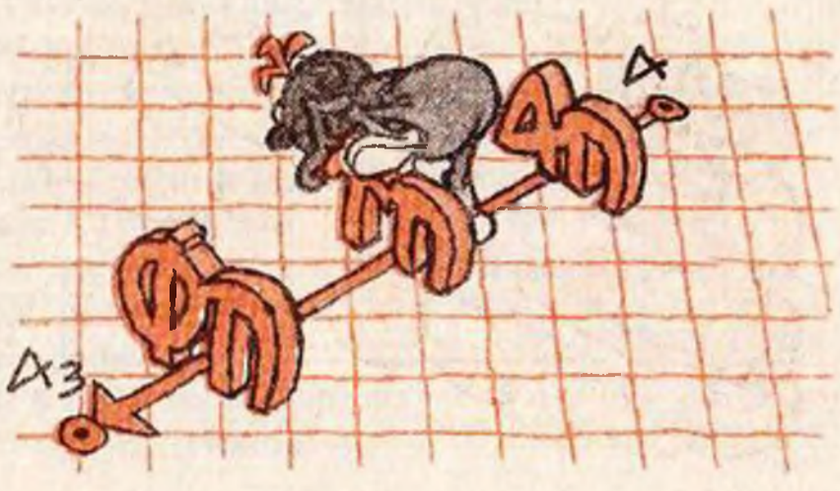
А что будет, если мы достигнем идеала? Машина исчезнет, но работа будет выполняться. Вспомните регулятор Яблочкова. Именно к такой «невидимой» машине и должен приближаться изобретатель. Но, как говорится: «Гладко было на бумаге, да забыли про овраги».

Путь к идеалу — не асфальтированная дорога, по которой изобретатель может прогуливаться, насвистывая модную песенку. Этот путь хотя и представляет собой прямую в плане линию, но все же заставлен многочисленными барьерами, главными из которых являются: административные противоречия (АП), технические противоречия (ТП), физические противоречия (ФП). Искусство изобретателя и состоит в умении преодолевать эти противоречия, т. е. те барьеры, которые стоят на пути к идеалу.

Конечно, это сложный и трудный путь, но он единственно возможный, если мы хотим качественно улучшить техническую систему. Нам предстоит еще подробное знакомство со всеми видами противоречий и методами их преодоления.

А сейчас попробуем решить одну «сладкую» изобретательскую задачу. Все мы любим конфеты. Их изготовление на линии несложно и напоминает изготовление пельменей. Снизу и сверху лист карамели или шоколада, а между ними твердая начинка. Из этого «пирога» и штампуют конфеты. Но вот мы попробовали конфету с начинкой из малинового сиропа. Как он попал туда? Почему не растекся? Ведь сироп жидкий, и его не удержишь между листами. Можно, конечно, заливать сироп в полые шоколадные или карамельные формочки, но это очень сложный процесс и времени занимает много. Как же выйти из положения?

Вначале уточним задачу. Мы уже выяснили, что все наши усилия должны быть направлены на то, как предотвратить самопроизвольное растекание сиропа. Попробуем представить себе нужный «идеальный» сироп. Это сироп, который не растекается,

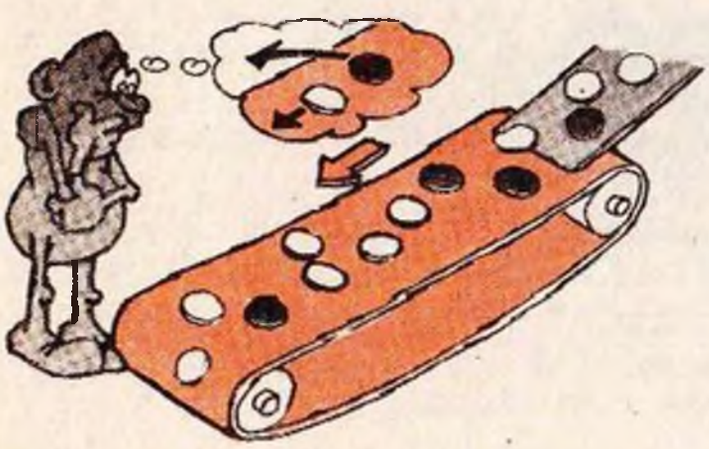


принимает любую форму и сохраняет ее столько времени, сколько нам требуется. Но сироп-то жидкий и не может удерживать нужную форму! Мы пришли к парадоксу, именуемому в практике изобретательства противоречием,— сироп должен быть жидким и должен быть твердым. Как быть? Чтобы разрешить это противоречие, достаточно школьных знаний. Могут ли изменяться свойства жидкости? Может ли она быть твердой? Конечно! Ее нужно просто заморозить. Вот вам и ответ на задачу. Сироп нужно заморозить в кубики, которые уже затем облить жидким шоколадом. Внутри шоколадной коробочки сироп растает, и получается нужная конфета. Все. Трудная задача? Не очень. Однако она довольно долго оставалась нерешенной.

Теперь разберем более сложный пример, но и здесь будем задействовать понятие об идеальной технической системе.

По ленточному конвейеру на линию сборки поступают плоские, очень тонкие блестящие шайбы. У них влажная поверхность — они идут сразу после мытья, а своей формой напоминают дамские зеркальца. Одна сторона этих шайб матовая — темная, другая блестящая. На линию сборки шайбы должны подаваться только блестящей стороной вверх, но среди них попадаются «перевертыши», т. е. те, которые обращены вверх темной стороной. Это бракованные шайбы, и их нужно удалить с ленты конвейера. Следует учитывать, что шайбы не магнитные и не электропроводные, применение фотоэлемента не дает результата — он путает темную шайбу с темной лентой. Коэффициенты трения обеих сторон шайб совершенно одинаковые. Вдобавок шайбы боятся даже прикосновения пылинок, поэтому не может быть и речи о каких-либо механических сбрасывателях или захватах. Кроме того, шайбы поступают на ленту в произвольном порядке. Как быть? Отложите на некоторое время книгу и подумайте. Если размышления затянулись, не огорчайтесь — вы не одиноки. Решать эту задачу методом проб и ошибок действительно трудно. Даже профессиональные конструкторы долгое время отказывались решать ее, ссылаясь на необычно жесткие ограничения.

Школьники из изобретательского кружка «Импульс» (г. Ангарск), нашедшие неожиданное решение, рассуждали примерно так. Нужно удалить с ленты конвейера перевернутые шайбы. Составляем идеал конвейерной ленты: «лента сама сбрасывает с себя бракованные шайбы». Здесь снова выявляется противоречие — лента должна нести шайбы и эта же лента должна сбрасывать их. Но сбрасывать не все, а только те, что лежат неправильно. Получа-



ется две задачи — обнаружить «неправильную» шайбу и сбросить ее.

Известно, что любая работа совершается с затратой энергии. А есть ли в зоне конвейера какая-либо энергия? Да, это механическая энергия движения самой ленты и внутренняя энергия окружающего пространства, воздуха.

Уточняем идеал. «Лента, используя внутреннюю энергию окружающей среды и механическую энергию своего движения, обнаруживает неправильно лежащую шайбу и сбрасывает ее». Не надо пугаться такой фантастической требовательности. Попытаемся найти идеальное решение, лучше которого в данной ситуации не может быть. Если не получится полностью то, что задумано, немного отступим от идеала, вводя какие-то новые виды энергии и вещества. Уточним, кстати: что из предметов или веществ присутствует в зоне конвейера? Это шайба, транспортерная лента и капли воды на шайбе, оставшиеся после ее мойки. Вот и все, чем можно обойтись при решении задачи. Вспомним физические свойства и возможности каждого из этих веществ при прохождении через них тепловой энергии. Одинаково ли реагируют на тепло темные и светлые предметы? Нет. Темные шайбы, поглощая тепло, нагреваются, а блестящие отражают тепловые лучи и остаются холодными. Именно по этой причине зеркало всегда холодное, даже если лежит на солнцепеке. Вода при нагревании до 100 °С закипает и, увеличиваясь в объеме, может совершать большую механическую работу. Транспортерная же лента при такой температуре не меняет своих свойств. Вот мы и вышли на одно из решений.

Что получится, если мы направим на шайбы довольно мощный пучок тепла, например лампу прожектора? Темные шайбы будут нагреваться до температуры выше 100 °С. Имеющаяся под ними жидкость вскипит. Эти шайбы, как автомобили на паровоздушной подушке, будут метаться среди холодных светлых шайб. Малейший наклон ленты транспортера — и они слетят с него! Не правда ли, оригинальное решение!

А придумали его школьники 7 класса Коля Коренев, Саша Вальтер, Дима Домашевский, Женя Келин, Стас Скрыник, Слава Стародубцев. Они же предложили еще несколько вариантов. Согласно одному из них надо предварительно охладить шайбы, чтобы они примерзли к ленте транспортера. Как и раньше, окружающее тепло будет воздействовать на них. Темные шайбы, активно впитывая в себя тепло, оттают быстрее, чем блестящие, и сами упадут с наклонного конвейера. Пожалуй, это решение даже проще и надежней предыдущего.

Можно также покрыть ленту слоем взрывающегося при температуре 80...100 °С материала. Тогда бракованные шайбы, нагреваясь, будут в полном смысле этого слова отстреливаться с ленты. Используя разность температуры шайб при нагреве, можно получить еще ряд решений. Подумайте об этом сами.

Здесь был приведен очень краткий анализ хода решения, но он позволяет отметить главное — для решения любой изобретательской задачи нужно вначале изучить техническую ситуацию, выбрать в ней одну конкретную задачу, перевести ее в мини-задачу, уточнить оперативную зону своих действий, составить идеал и преодолевать противоречия, задействуя ресурсы системы.

Итак, запомним — любая техническая система в своем развитии приближается к идеалу, т. е. становится проще, надежней, работоспособней. При достижении идеала техническая система исчезает, а ее функция продолжает выполняться.

Движение к идеалу идет несколькими путями. Познакомимся с ними поближе.

СТУПЕНИ ИДЕАЛА

Стремление сделать машину идеальнее — это не прихоть изобретателя и конструктора, а проявление объективного закона ее развития. Из сказочной старины дошли до нас слова: скатерть-самобранка, ковер-самолет, копье-самотык, сапоги-скороходы и др., из которых видно, что наши далекие предки интуитивно чувствовали перспективное направление развития окружающих их предметов. Сегодня это осознается нами как основной закон развития.

Вы уже знаете, что, достигнув идеала, техническая система исчезает. Это кажется несколько странным — машины нет, а работа выполняется. Однако здесь нет никакой мистики. Просто функцию исчезнувшей технической системы «по совместительству» стала выполнять надсистема, в которую она входит, или окружающая среда, что иногда одно и то же.

Сегодня уже немало таких изобретений, и они являются жемчужинами технического творчества. Возьмите хотя бы самозатачивающийся плуг. Он выполнен трехслойным: средняя часть из твердого материала, по краям — из мягкого. При обработке почвы края плуга обдираются быстрее, чем его средняя часть, и в результате плуг всегда оказывается заточенным. А где же инструмент для его заточки? Он исчез. Его функцию стала выполнять внешняя среда, т. е. почва.

В технике просматриваются три основных пути повышения степени идеальности.

Первый путь — повышение многофункциональности технической системы. Например, после сверления в стальной детали глубоких отверстий в них остается стружка. Придумано множество разных приспособлений для вытягивания стружки из отверстий. Зададимся целью повысить идеальность сверла путем повышения его многофункциональности. Для начала пусть сверло само очищает отверстие от стружки.

Что надо для этого сделать? Первое, что приходит в голову, это намагнитить сверло. При его выводе из отверстия за ним потянется и стружка. Этим же сверлом можно контролировать глу-

бину засверловки. В зависимости от глубины погружения в металл колебания сверла различны. Вибродатчик, улавливающий эти колебания и настроенный на определенную частоту, тотчас же отключит станок, когда будет достигнута определенная глубина сверления.

Идеальная техническая система при увеличении количества функций сохраняет свои габаритные размеры, массу и потребляемую энергию. Это положение наглядно иллюстрируют современные электронные калькуляторы. Первое их поколение совершало только арифметические операции. Сегодня они могут вычислять проценты, возводить в степень, извлекать радикалы и совершать многие другие функции, оставаясь в прежних размерах и даже уменьшаясь. То же происходит и с наручными часами. Некоторые их модели не только показывают время, но и выполняют роль будильника, термометра, измерителя пульса и т. п.

Одна японская фирма разработала «часы XXI века». В них вмонтирован микрокомпьютер, который может выдавать разнообразную информацию, включая расписание самолетов и поездов. В этом же корпусе есть миниатюрный радиоприемник и мини-экран для просмотра телевизионных программ.

Все это стало возможным лишь при условии, когда один и тот же элемент выполняет десятки функций.

Второй путь приближения к идеалу — сворачивание частей системы в рабочий орган. Процесс этот постепенный, длительный, но неотвратимый. Его можно наблюдать на любой развивающейся технической системе. Например, возьмем автомобиль. Его рабочий орган, который выполняет основную функцию,— колесо. Именно в него сворачиваются элементы автомобиля, работающие на главную функцию,— трансмиссия, двигатель, управление. Это видно на современных большегрузных автомобилях, которые имеют мотор-колеса.

Как показали исследования Ю. П. Саламатова, процесс идеализации идет своеобразными волнами. Вначале техническая система, расширяя свои функции, усложняется, обрастает вспомогательными устройствами. Затем она вновь упрощается, хотя количество функций не уменьшается. Следует новый цикл — новое «разбухание» и последующее «сворачивание». Наконец происходит полное сворачивание ранее разветвленной технической системы в одно «идеальное» вещество, которое, являясь основным рабочим органом, с успехом выполняет все многочисленные функции.

Вы, вероятно, знаете, что первые телевизоры были механические. Сотни электромагнитов строили примитивное изображение на экране, поднимая и опуская флажки. Затем эти сотни деталей «свернулись» в один электронный пучок, выбивающий отметки на люминесцентном экране. Количество деталей уменьшилось, хотя количество передаваемой информации увеличилось.

Новые функции — многоканальность, цветность и др. застави-

ли цветной телевизор обрасти массой вспомогательных устройств, делающих его работу не очень-то надежной. Должно было последовать «сворачивание» всех его многочисленных приспособлений, обеспечивающих цветность, в какое-то одно «идеальное» вещество. И такие телевизоры уже появились. Они используют в качестве экрана жидкие кристаллы, управляемые электромагнитным полем. Теперь телевизор превратился из огромного дорогого и сложного ящика в плоский тонкий лист, который можно как картину повесить на стену. Остался один рабочий орган.

Вероятно, следующими функциями у телевизора могут быть запах, объемность изображения, чувствительность к настроению хозяина и т. п. И тогда он вновь будет обрастать, «пухнуть», чтобы затем снова «свернуться» в один плоский экран, т. е. снова в рабочий орган.

Третий путь повышения степени идеальности — переход в надсистему. Техническая система, развившись, исчезает путем передачи своей функции какому-либо элементу из ближайшей надсистемы, повышая тем самым его многофункциональность. На новом уровне начнется все сначала. Будет снова идти процесс увеличения количества выполняемых функций, «сворачивания» в рабочий орган и, наконец, передачи функций следующей вышестоящей системе. При этом каждый раз все больше вовлекаются в работу подсистемные элементы надсистемы.

Цикл передачи функций будет повторяться, пока не достигнет самой высокой надсистемы — природной среды. Именно элементы природы будут выполнять все многочисленные функции техники... Но это дело далекого будущего, а пока процесс идеализации будет еще долго идти на уровне технических систем.

Вернемся к телевизору. Вот он «свернулся» в один рабочий орган — плоский экран с выполнением многочисленных функций. Следующий его шаг? Конечно, это передача своей функции ближайшей надсистеме, какому-либо элементу квартиры. Возможно, телевизор будущего будет представлять собой обычное оконное стекло. Он будет — и его не будет... Наше новое окно может пропускать в комнату солнечный свет, преобразовывать его в электроэнергию, а при необходимости становиться экраном телевизора. А может быть, функцию телевизора будет выполнять не окно, а обои на стене или абажур? В принципе это неважно. Главное в том, что по мере приближения к идеалу техническая система обязательно переходит в надсистему, вначале частично, а затем полностью.

Проиллюстрируем это положение еще одним примером. Вспомним родословную нашей обычной шариковой ручки. Сколько предметов было необходимо в XIX в., чтобы написать письмо? Как минимум пять — гусиное перо, бутылка с чернилами, песочница, из которой посыпали порошок на лист, чтобы высушить чернила, бюро — высокий стол и перочинный нож для заточки гусиных перьев.

Очень кратко проследим эволюцию пишущего устройства и пути повышения его идеальности. На смену гусиному перу пришла

ручка со стальным пером. Операция затачивания пера стала ненужной, исчез и сам нож. Со стола он перешел в надсистему, превратившись на фабрике в заточный станок для стальных перьев. На столе пишущего остались чернильница и перо.

Совершенствуясь, новое перо превратилось в наливную авторучку, так называемое вечное перо. Чернильница исчезла, перебравшись этажом выше, т. е. в корпус пера. Осталась лишь операция ее заправки. Но и эта конструкция ручки, казалось бы, достаточно удобная, недолго удерживала лидирующие позиции. Ее заменила шариковая авторучка, которую не только чинить и макать, но и заправлять чернилами стало не нужно. Устройство для заправки авторучки исчезло, полностью перейдя в надсистему — в завод. Исчезла и песочница, она тоже стала идеальной. Вначале это было пресс-папье, затем бумажка-промакашка. А когда разработали быстросохнущую пасту, функция уборки «лишних» чернил была передана окружающей среде — воздуху.

Далее совершается ряд эволюционных преобразований элементов самой ручки. Вот уже в некоторых шариковых ручках исчезли стержни — они стали более идеальными, так как передали свою функцию — удержание пасты — ближайшему элементу надсистемы — корпусу ручки. Исчезает и сам корпус, все больше переходя в рабочий орган, который становится пористым и все более многофункциональным. Новые фломастеры представляют собой всего одну деталь — заостренный пористый стержень, пропитанный пастой и покрытый снаружи лаком. Следующая очередь за функцией удержания пасты. Паста должна исчезнуть из ручки, и тенденция к этому уже реально просматривается. Паста должна уйти, конеч-

но же, в ближайшую надсистему, т. е. в бумагу. Бумага, в которой находятся микрокапсулы с пастой, в некоторых странах уже начинает выпускаться. На ней можно писать любой палочкой или каким-либо твердым предметом. Раздавленные микрокапсулы оставляют на бумаге четкий след.

Таким образом, мы вернулись к прежней технической системе для письма, но на качественно новом уровне. Дело в том, что такими же палочками, так называемыми стилами, писали древние римляне на глиняных дощечках. Это явление — возврат якобы к старому — получило название спиралевидное развитие системы.

Но продолжим анализ ручки. Что же осталось для письма? Бумага, палочка, стол. Руководствуясь законом передачи функций надсистеме, мы должны сделать идеальной, т. е. «потерять», палочку-ручку. Ее функцию должна взять на себя бумага. Она не только держит в себе чернила, но и сама фиксирует наши буквы — слова. По сути эта бумага должна преобразовывать наши звуки в символы любого характера — графические, магнитные и т. п. Да, как вы уже догадались, это магнитофон, который выполнен в виде гибкого листочка или блокнота. Мы окончательно «потеряли» ручку и с ним стол-бюро. Остался только один элемент, который может записывать слова, хранить их и воспроизводить.

В начале 30-х годов появилось изобретение, которое на первых порах было воспринято многими как курьез. Автором его был некий Б. П. Скворцов. Называлось изобретение «говорящая бумага». Изобретатель ставил перед собой задачу создать дешевый аппарат для воспроизведения звукозаписи, как музыкальной, так и речевой. По сути это была попытка более широко использовать уже известный в кино способ фотозаписи звука, но на обыкновенной бумаге. Изобретение значительно опередило свое время и потому не получило широкого распространения. Магнитная запись, которая появилась позже, вытеснила идею фотозаписи звуков на бумаге. Но процесс идеализации не остановился. Современные магнитофоны, развиваясь, неизбежно «свернутся» в один рабочий орган — магнитную пленку, которая непосредственно сама будет принимать звуковые сигналы, хранить их в виде магнитной записи и в нужный момент воспроизводить. Представьте, что вместо записной книжки у вас в кармане лежит такая самозаписывающая бумага. Не требуются ни ручка, ни чернила, ни прочие атрибуты для фиксирования своих мыслей. Эта идея не так уж и далека от своего воплощения в реальность. Более того, уже сейчас изучается возможность улавливать и записывать биоимпульсы мозга при мышлении. Вероятно, в будущем у каждого из нас появится возможность при желании мысленно включать записывающий аппарат и фиксировать свои мысли в видимое изображение или слова.

И кто знает, может быть, когда-нибудь будет создан Всемирный центр оригинальной мысли, где будет находиться записывающий аппарат, ждущий команды на прием и запись новой мысли.

И тогда станет реальностью любимая мечта фантастов — создание сверхразума, который будет не чем иным, как объединением творческих мыслей миллиардов людей, живущих на Земле.

Итак, перо, совершенствуясь, достигло своего идеала и исчезло. Мы его «потеряли», но не потеряли возможности вести записи. Однако заменившая его надсистема, совершенствуясь и приближаясь к своему идеалу, также будет постепенно лишаться своих элементов и, внешне упрощаясь, перейдет в свою более высокую надсистему. И этот процесс, развиваясь, проникает в космическое пространство. Так будет создаваться работающий на человека Мыслящий Космос...

Кажется, мы немного увлеклись, пытаясь проследить работу закона увеличения степени идеальности на примере шариковой авторучки. Будет ли это действительно так или несколько иначе, покажет время. Как говорится, поживем — увидим. Ясно только одно: техника не может развиваться, не приближаясь к своему идеалу.

Следует отметить еще одну особенность в поведении технической системы по мере возрастания степени ее идеальности. Вначале техника борется с силами природы, затем приспосабливается к ним и, наконец, использует их для своей работы и развития.

До сих пор, рассматривая развитие технической системы, мы предполагали, что ее изменяет сам человек. Самоорганизующиеся и саморазвивающиеся технические системы — это пока дело будущего. Тогда человек действительно будет занят лишь созданием новых классов самоорганизующихся машин и внесением коррективов в программу их работы, а увеличивать степень своей идеальности машины будут сами. Сегодня мы еще «вручную» направляем техническую систему в нужное русло и сами должны составлять ее идеал...

Как это делается, рассказано дальше.

ИДЕАЛ, ИКР И ПРЫГАЮЩИЙ ЧАЙНИК

Когда-то Джемсу Уатту вид кипящего чайника подсказал идею паровой машины. Узнав об этом, известный персонаж клуба «12 стульев» «Литературной газеты» Евгений Сазонов воскликнул:

Я сорок лет гляжу на чайник,
Поэт, прозаик, эрудит.
Но никаких необычайных
Во мне он мыслей не родит!

А как у вас? Появились ли какие-нибудь мысли? Нет? Так и должно быть. Мы, собственно, не знаем, что нам нужно изобрести. Лично мне задачу с чайником подсказал один трагикомический случай. Как всегда, в утренней суете взглянув на часы, понял, что могу опоздать, и поспешил из дома. Обошлось, вовремя успел.

Через полчаса, отдышавшись, вдруг вспомнил, что оставил на включенной электрической плитке чайник. Перед глазами стали появляться картины одна страшнее другой... Под комментарии коллег-острословов я вновь бросился домой. Вечером, идя с работы, купил новый чайник. Любовно поглаживая его и желая ему долгой жизни, задумался над тем, как бы сделать так, чтобы он не повторил историю своего предшественника. Какая для этого должна быть поставлена задача?

Попробуем вместе превратить описанную ситуацию с чайником в задачу: «Чайник, оставленный на включенной электрической плите, сам не допускает своего перегрева после полного выкипания в нем воды». Находим в системе чайник — плита конфликтующие элементы: днище чайника и поверхность нагревательного элемента электроплиты. Теперь уточним задачу: днище чайника после выкипания воды не должно нагреваться от плиты. Интересно?! Плита же не выключена, а почему днище не должно нагреваться? Итак, мы подошли к техническому противоречию.

Теперь представим себе «идеальный» чайник. Днище такого чайника само не допускает перегрева и проявляет способность ограждать себя от поверхности плиты. Попробуем приблизиться и к идеалу: вот вся вода выкипела, температура чайника поднялась выше 100 °С, в этот момент между днищем и плитой появляется теплоизолятор. Поверим, что такая ситуация возможна, и поищем теплоизолятор, причем самый лучший. Из справочника по теплотехнике узнаем, что таковым является воздух. Следовательно, при перегреве между днищем и плитой должен появиться воздушный зазор.

Но ведь для этого нужно поднять чайник, а как это сделать? Еще раз уточняем задачу, которая теперь звучит так: днище, перегреваясь, должно само поднять чайник. Увидели свет в конце тоннеля? Но продолжим. Нужно поднять чайник, а для этого нужна энергия. Где ее взять? Короткая ревизия имеющихся ресурсов — и энергия найдена: это тепло самой плиты. Теперь необходимо только найти элемент, способный преобразовать тепловую энергию в механическую. Снова открываем справочник — таких термочувствительных элементов много, например биметалл: он, перегреваясь, изгибается. Все, задача решена. Надо просто-напросто прикрепить к бокам днища чайника биметаллические пластины, которые при нагреве выше 100 °С (выкипела вода) изогнутся и поднимут его над плитой. Образуется теплоизолятор — воздушная прослойка толщиной 30—40 мм. Чайник спасен. Можно расположить у днища кольцевую пружину, которая в сжатом состоянии будет удерживаться биметаллическими фиксаторами. Нагревшись выше 100 °С, он отпустит пружину, и чайник или кастрюля в буквальном смысле прыгнет с плиты на пол, спасая себя от перегрева, а дом от пожара.

Остается добавить, что первыми чайник «спасли» школьники 8 класса кружка «Импульс», которые получили настоящие взрос-

лые авторские свидетельства по заявке «Устройство для тепловой обработки пищевых продуктов (варианты)»*. Это Андрей Усынин, Игорь Иванов, Андрей Мотыченко, Геннадий Огородников, Виктор Синяк. Не исключено, что вы можете найти и другое решение, но оно обязательно должно приближать ваш чайник к идеалу, ибо, я думаю, согласитесь и вы, что «совершенство не там, где нечего добавить, а там, где нечего отнять».

«Требуй невозможного — получишь максимум!» — считал Наполеон, наставляя своих генералов. Мы также должны ставить перед собой сверхзадачу, чтобы решить обычную задачу. Наша сверхзадача — это идеальная машина, которая является самой легкой в мире: она ничего не весит, самая экономичная в мире, т. е. совсем не потребляет энергии, наконец, она самая маленькая — ее совсем не видно. Но идеал нужно научиться формулировать. Для этого в ТРИЗ существуют специальные правила составления идеального конечного результата — ИКР. Если задача освобождена от лишних элементов и в ней достаточно ясно выявлено противоречие, то ИКР можно составить сразу же, непосредственно к изменяемому элементу. Если задача не ясна, вначале необходимо выявить содержащееся в ней противоречие, а затем «виновный» элемент и уже к нему составить ИКР. Если от этого элемента не удалось добиться требуемых действий, то берем в помощники некий икс-элемент, который наделяем всемогущими свойствами. Пусть это вас не смущает. Решая задачу, постепенно определите, что скрывается за этим незнакомцем и какой он должен иметь вид. Общая канва составления формулировки ИКР выглядит следующим образом: икс-элемент, абсолютно не

---

* Авторское свидетельство № 1243690, 1986 г.

усложняя систему и не вызывая вредных явлений, устраняет... (указать вредное действие) в течение... (указать время действия) и в пределах... (указать место и зону действия), сохраняя способность... (указать рассматриваемый элемент) совершать... (указать необходимое полезное действие). Конечно, не исключается возможность самостоятельного уточнения и некоторого изменения формулы ИКР, если это поможет лучше отобразить желаемое действие.

При решении изобретательских задач достичь полного идеала удается редко. Чаще приходится отступать от намеченной цели и вводить какие-то новые элементы. Но идея все же срабатывает — мы получаем максимум.

Не приходилось ли вам в школе, еще даже не решив задачу, заглядывать в конец учебника в поисках ответа, а затем старательно подгонять к нему свое решение? Конечно, это нечестный способ получать пятерки, но удивительно то, что в изобретательстве именно этот способ является единственно верным и единственно возможным. Мы вначале должны узнать ответ — ИКР, а затем сделать решение.

Итак, кратко сформулируем основные мысли, которые были рассмотрены в главе об идеальности.

Техническая система в своем развитии приближается к идеалу, т. е. для выполнения единичной своей функции она все меньше затрачивает энергии, времени и пространства. Достигнув идеала, система исчезает, а ее функция продолжает выполняться.

Основные пути приближения к идеалу: повышение количества выполняемых функций, «сворачивание» в рабочий орган, переход в надсистему.

При приближении к идеалу техническая система вначале борется с силами природы, с окружающей средой, затем приспосабливается к ним и, наконец, использует их для своих целей. Закон повышения степени идеальности наиболее эффективно применяется к тому элементу, который непосредственно расположен в зоне возникновения конфликта или сам порождает нежелательные явления.

При этом повышение степени идеальности, как правило, осуществляется применением незадействованных ранее веществ и энергий, имеющихся в зоне возникновения задачи. Чем дальше от зоны возникновения конфликта будут взяты вещества и энергии, тем в меньшей степени удастся продвинуться к идеалу. Но в любом случае, продвигаясь к идеалу, вы будете испытывать все возрастающее сопротивление в виде противоречий. Их нужно знать и уметь преодолевать. Именно об этом пойдет у нас разговор со следующей главы.

А пока хочется напомнить одну древнюю притчу, которая, как мне кажется, заслуживает внимания изобретателя.

Обожженные солнцем Франции, блестят от пота спины грузчиков XI века. Гулко катятся по дощатому настилу тяжело гружен-

ные мрамором тачки. Идет закладка фундамента под знаменитый в будущем Шартрский собор.

— Чем ты занят, уважаемый? — спросил прохожий первого грузчика.

— Не видишь что ли? — ответствовал тот.— Камень тащу!

— А ты, почтенный? — обратился прохожий к другому.

— Я кормлю свою семью,— последовал ответ.

Тот же вопрос был задан и третьему.

— А я строю дворец! — и человек гордо показал усталой рукой в сторону фундамента.

Пожалуй, самое важное в изобретательстве — это увидеть свой еще не выстроенный дворец.

Используя понятие об идеале, попытайтесь самостоятельно решить несколько изобретательских задач. Пусть вас не смущает, что они взяты из различных областей деятельности человека. Для их решения достаточно будет представить себе идеал рассматриваемой технической системы. Ответы сможете найти в конце книги, но не торопитесь заглядывать туда. Напоминаем, что в конце книги есть для вас небольшие подсказки.

Задача 4. *Основание пирамиды Хеопса имеет абсолютно точную нивелировку, хотя занимает площадь 4,5 га. Как древние египтяне, не имея современных высокоточных приборов для нивелировки, могли выполнить эту работу?*

Задача 5. *Вы у врача в зубном кабинете. Поставив на больной зуб пломбу, врач предупреждает вас: «Если пломба выпадет, нужно немедленно обратиться снова, чтобы поставить новую, иначе зуб может разрушиться окончательно и его придется удалить». Однако пломба выпадает иногда совершенно незаметно, и человек может неделями не подозревать о случившемся.*

Как узнать, что пломба выпала и следует набраться мужества для очередного визита к врачу?

Задача 6. *А теперь вы портной. Вам принесли модную яркую ткань с различными цветовыми полосами и попросили сшить летний костюм, но так, чтобы нитки шва не были видны на костюме. Вы приняли заказ и задумались. Любая по цвету нитка будет выделяться на этом костюме. Спрятать шов вовнутрь не позволяет фасон. Как быть?*

Задача 7. *Как узнать, какой из радиоэлементов перегревается при работе и его следует заменить?*

Задача 8. *Формовочный автомат каждую секунду выдает одну круглую таблетку. Она катится по наклонному лотку и попадает на приемный стол линии упаковки. Бывает, что автомат выдает брак: таблетку не круглой формы, а со сколами по краям или же вообще расколотую на две половинки. Как, не применяя каких-либо специальных механизмов, отделить бракованные таблетки от целых?*

Задача 9. *Когда Петр I строил свой город на Неве, среди рабочего люда пошла молва, что это не богоугодное дело. Все*

ссылались на икону Богородицы, которая вдруг заплакала, когда началось строительство. Накинул Петр поверх своего царского мундира армячок и вместе с тульским оружейником мастером Тычкой пошел в церковь, где народ глазел на плачущую икону. Петр посмотрел на икону и спросил Тычку: «Большой ли тут заложен секрет?» Тот ответил: «Что хитро, то и просто»,— и потушил горящую свечку, что стояла у самой иконы. После этого визита царя глаза Богородицы всегда были сухими. Какой секрет разгадал Тычка?

• З а д а ч а 10. *Во многих крупных городах автомобильные перекрестки оборудуются специальными светофорами, которые сами регулируют длительность свечения красного или зеленого цвета, в зависимости от количества скопившихся автомашин. Как это может быть?*

З а д а ч а 11. *В бункер по трубопроводу самотеком подается песок. По мере заполнения бункера требуется перекрывать трубопровод, но любые задвижки или краны быстро истираются песком. Предложите идеальный кран.*

З а д а ч а 12. *Назовите некоторые принципиальные изменения, которые произойдут в будущем с наручными часами при их движении к идеалу.*

З а д а ч а 13. *Вы попали на консервный завод. Позванивая, нескончаемым потоком движутся по конвейеру обмытые горячей водой пустые стеклянные банки. Но некоторые из них имеют трещины в корпусе и сколы на горловинах. Предложите устройство для отделения бракованных банок от их общего потока. Только, прошу вас, не окунайте банку в воду, не применяйте фотоэлементы и прочую экзотику. Делайте проще, идеальнее! Удачи вам на пути к ИКР!*

Наличие противоречия есть критерий истины, отсутствие противоречия — критерий заблуждения...

Георг Гегель

ЗАРОДЫШ В НОВОРОЖДЕННОМ

(Закон единства противоречий)

... И подъехал богатырь на своем коне к перекрестку двух дорог и видит: лежит большой камень, а на камне том надпись: «Направо пойдешь — коня потеряешь, налево пойдешь — голову сложишь». Задумался Иван-царевич...

Кому не знакома эта русская сказка? Давно ли вы с затаенным дыханием слушали ее, искренне переживая и горячо желая удачи Ивану-царевичу? Но вот вы выросли, и у вас появились свои проблемы, и теперь уже сами частенько стоите на перекрестке дорог, изучая безрадостную надпись на камне. А камень этот в изобретательской практике называется п р о т и в о р е ч и е м. Оно появляется внезапно, как злой джинн во весь огромный рост, когда хотят основательно улучшить что-либо в машине или в технологии производства. Да и в быту вы сталкиваетесь с ним. Хотите побыстрее сварить обед, увеличиваете пламя — и пожалуйста, оно, это противоречие, здесь ехидно выглядывает из наполовину сожженной каши.

Мир техники полон противоречий явных и неявных. Именно они заставляют изобретателя вершить свой бесконечный поиск. Иммануил Кант, судивший обо всем основательно, заявил: «Изобрести что-то — это совсем не то, что открыть, ведь то, что открывают, предполагается уже существующим до того открытия, только оно еще не было известно, например Америка до Колумба; но то, что изобретают, например порох, не было никому известно до мастера, который это сделал».

Трудно не согласиться с этой мыслью. Действительно, изобретатель вынужден искать то, что в природе еще не существует, а если и существует, то по многим причинам неприменимо и требует изменения. Создавая это «несуществующее», мы не имеем

права, да и не можем нарушить уже существующие законы природы. Но и остановиться в своем развитии мы тоже не можем.

В этой ситуации знаменитый гамлетовский вопрос «быть или не быть?» из своей риторической сути перерастает в конкретную жестокую действительность.

Если мы попытаемся уклониться от ответа или не заметить этот вопрос, он превращается в еще более грозную проблему, которая затрагивает уже более глубокие интересы общества и входит в конфликт с окружающей средой. Искусство изобретателя и состоит в том, чтобы из цепи противоречий выявить главное его звено и, используя известные законы природы, разомкнуть.

Применение пороха, о котором упоминает Кант, также явилось результатом разрешения противоречия, возникшего в свое время в стрелковом оружии. Лук как боевое оружие вполне удовлетворял нападающего до тех пор, пока не появились рыцарские доспехи... Чтобы стрела могла пробить латы, от лука требовалась уже несравненно большая мощность. По этой причине он становился все более тугим. Оттянуть же тетиву такого лука было под силу далеко не каждому. Возникло противоречие. Вначале была сделана попытка преодолеть это противоречие «в лоб». Создавались огромные луки, которые оттягивались целой командой стрелков. Но в результате резко снижалась подвижность боевых отрядов и терялось одно из главных достоинств лучника — скорострельность. Следующая попытка обойти противоречие была предпринята на «конструкторском» уровне. Это был тот же лук, но его тетива оттягивалась уже с помощью ручной лебедки. С этим арбалетом мог управляться уже один стрелок, но на взвод и заряжание уходило слишком много времени. По этой причине орудие не получило широкого развития.

Противоречие в стрелковом оружии было преодолено только с переходом к использованию химической энергии вещества — пороха. Теперь уже не требовалась огромная физическая сила, а пуля, бывшая когда-то стрелой, получала достаточную энергию, чтобы пробить любые доспехи. Но и это новое стрелковое оружие не оставалось без изменений. Оно совершенствовалось, испытывая новые противоречия. Например, первые ружья заряжались со ствола и по этой причине должны были быть короткими, но они же должны были быть и длинными, так как при коротком стволе пуля не успевала набирать достаточную скорость от давления расширяющихся пороховых газов. Противоречие разрешилось при снабжении ружья затвором и магазинной коробкой, которые позволяли вкладывать пулю в ствол уже со стороны приклада.

Дальнейший путь развития стрелкового огнестрельного оружия также был связан с преодолением очередных противоречий. Собственно, проследив развитие любой технической системы, можно увидеть везде общий признак — качественное ее улучшение становилось возможным только через преодоление противоречий. Иного пути не существует.

Видимо, великий Шиллер ошибся, сказав в свое время: «Истина ничуть не страдает, если кто-либо не признает ее». Оказывается, страдает. И мы погрешим против истины, если, конструируя новую технику, не будем учитывать возникающие в ней противоречия.

К сожалению, начинающий изобретатель, столкнувшись с противоречиями в задаче, пугается и отступает перед их кажущейся непреодолимостью. Но это равносильно тому, как если бы хирург во время операции испугался воспаленного аппендикса и, не удалив его, спешно зашил рану. Изобретатель — хирург техники, его обязанность изменить или вообще убрать «воспаленный» узел машины. И нельзя стать настоящим изобретателем, если не научиться находить и преодолевать противоречия.

С тех пор как человечество от делания подков перешло к изготовлению автомобилей, оно накопило достаточно большой опыт общения с противоречиями в технике. Как правило, это были нерадостные встречи, каждая из них заставляла останавливаться и мучительно выбирать дальнейший путь. Велико было желание попытаться обойти противоречия стороной. Но подобные действия напоминают поведение страуса, который в случае опасности прячет голову в песок, наивно полагая, что теперь он весь находится в безопасности.

В конце прошлого века лондонские эксперты подсчитали, что если гужевой транспорт будет и дальше развиваться темпами, которые диктовала бурно развивающаяся промышленность города, то через 20 лет Лондон окажется под двухметровым слоем навоза... Эта безрадостная картина виделась в неразрешимости противоречия — лошадей должно быть много, чтобы обеспечить сырьем фабрики и заводы, и лошадей должно быть мало, чтобы сохранить город. Положение спас автомобиль. Лошадиных сил в

городе стало действительно во много раз больше — в каждом моторе их насчитывалось уже десятки или даже сотни, в то же время лошадей не стало. Противоречие разрешилось переходом транспортной системы на качественно новый уровень. С появлением автомобиля казалось, что достигнуто полное благополучие и городу уже ничего не грозит. Но, как говорят французы, «если у вас все нормально, не беспокойтесь — это ненадолго».

Радуясь автомобилю, в 20-е годы никто не думал, что безудержный рост их числа приведет к другой проблеме — загрязнению воздушной среды. Лондон снова первым почувствовал неладное. Над городом повис печально знаменитый автомобильный смог, образованный выхлопными газами сотен тысяч моторов. Люди задыхались, регулировщики на перекрестках облачались в кислородные скафандры. Так заявляло о себе непреодоленное техническое противоречие в двигателе внутреннего сгорания: топливо в цилиндре должно сгорать быстро, чтобы дать достаточную мощность, и оно же должно сгорать медленно, чтобы среагировать полностью и не образовывать токсичные соединения.

Когда автомобилей было мало, это положение не вызывало особого беспокойства. Мощь, скорость, комфорт завораживали конструкторов. Вылетающее полусгоревшее топливо из выхлопных труб наводило лишь на мысль — установить более емкие баки для топлива. С увеличением числа автомобилей положение резко изменилось. Неразрешенное техническое противоречие вступило в конфликт с человеком и природой. Различные дожигатели выхлопных газов значительно усложняют двигатель и забирают изрядную долю его мощности. Не очень-то помогают и различные добавки, вводимые в топливо. Они вредно действуют на сам двигатель. Этими и подобными средствами мы пытаемся обойти противоречие, но не разрешить его. Уже знакомая нам тактика страуса...

Любимое дитя XX века, развившись, успело накопить в себе столько неразрешенных противоречий, что уже давно и успешно воюет с человеком, наказывая его за скудость и робость изобретательской мысли. Ныне на дорогах мира от автомобиля погибает более четверти миллиона человек в год. Это больше, чем погибает от всех стихийных бедствий планеты — землетрясений, ураганов, штормов и т. д. Автомобиль, нарушая экологическое равновесие и тесня природу, наносит ей несравненно больший ущерб, чем все остальные вредители и болезнетворные микробы. Если бы природа умела стрелять, она в первую очередь «застрелила» бы автомобиль.

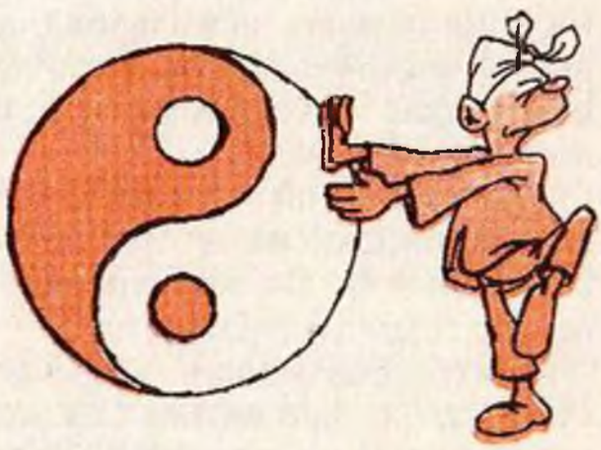
Противоречие, которое несет в себе автомобильный двигатель внутреннего сгорания, перерастает в бедствие глобальных масштабов. Такое положение не может оставаться дальше. Оно должно быть изменено. И оно изменится, когда мы научимся сжигать топливо в цилиндре без образования токсичных выхлопов. Но для этого нужно намного увеличить время его горения, что приведет к потере мощности... Снова противоречие.

Попробуйте его разрешить, используя рекомендации ТРИЗ, и разнесите противоречивые требования во времени и пространстве (см. приложение 1). Это значит, что сжигать топливо, причем полностью и качественно, нужно в одном месте, а использовать полученную энергию в другом. Надо освободить автомобиль от двигателя внутреннего сгорания, поставив на это место аккумулирующую установку — электрическую, инерционную, газовую и иного типа. Думается, что первым будет инерционный аккумулятор. Он проще, легче и надежней, чем электрический. Созданные сегодня супермаховики уже могут запасать в себе энергию, достаточную для движения автомобиля на многие сотни километров. Конструкции супермаховиков совершенствуются. Единожды раскрученные, в вакуумированном кожухе они могут сохранять свое вращение в течение многих месяцев.

Реальной станет картина, когда на автозаводах вместо мотора в автомобиль будут устанавливать супермаховик, раскрученный на полные обороты. Его энергии хватит на несколько месяцев эксплуатации автомобиля. Затем последует новая подкрутка, и снова автомобиль будет ездить, не имея мотора. Для раскрутки маховиков будут предусмотрены специальные ТЭС, которые по сути своей представляют те же самые автомобильные двигатели, но вынесенные за пределы города и объединенные в один. При этом появляется реальная возможность запасать в маховиках энергию от низкопотенциальных возобновляемых источников — ветер, геотермальные воды, солнечное тепло и т. д.

Итак, автомобиль станет экологически чистым. Что же дальше? Все ли проблемы исчезнут? Увы, при дальнейшем развитии автомобиля обязательно появятся новые противоречия, которые также потребуют своего разрешения. Этот процесс нескончаем, он диктуется самой диалектикой развития. Любая техническая система уже в зародыше несет в себе начало будущих проблем, которые возрастают по мере увеличения наших потребностей.

Следует еще раз четко уяснить — противоречия в технике появляются лишь тогда, когда мы повышаем свои требования к той или иной технической системе или к ее какому-либо узлу. Причем требования к объекту могут быть самыми различными — отсюда и множественность противоречий. Тесная взаимосвязь желаемого и нежелаемого была отмечена еще в древности. Китайская монада трактовала эту двуединую связь следующим образом: «Нет добра, в котором бы не содержалось зло, и нет зла, в котором бы не содержалось добро». Графически это выражалось следующим образом.



Конечно, можно соглашаться или не соглашаться с такими обобщениями, но что касается изобретателя, то он обязан видеть в своей новой, только что рожденной им машине и зародыши ее будущих недостатков. Это позволяет своевременно принять меры для устранения противоречий еще до того, как они сами заявят о себе во весь голос.

Допустим, что удалось спроектировать автомобиль, развивающий скорость 700...800 км/ч. Какие появятся противоречия? Одно из них — тормоза: необходимы надежные, «мертвые» тормоза, чтобы в случае опасности произвести резкое торможение, и нельзя их иметь, так как при резком торможении могут возникнуть перегрузки, которые не выдержат пассажиры. Выход: снабдить автомобиль специальной радарной установкой, которая прощупывала бы дорогу на несколько километров вперед, так как тормозной путь составляет более 500 м. Но все это невероятно усложнит автомобиль, и к тому же любая дорога имеет повороты, уклоны, где радарная установка будет бесполезной. Выявленное противоречие заставляет отказаться от задуманного автомобиля. А люди хотят ездить все быстрее...

Как же быть? Противоречие, обнаруженное в задуманном автомобиле, можно разрешить только на уровне надсистемы, в которую он входит, т. е. нужно заняться изменением самой дороги. Ее полотно следует поднять над уровнем земли, чтобы исключить появление на ней любого случайного предмета, вызывающего необходимость экстренного торможения. Скорее всего, эта дорога будет напоминать монорельс, который служит не только опорой для колес, но и позволяет транспортировать энергию для движения. А что же осталось от автомобиля? Кабина для пассажиров и двигатель электрического или электромагнитного типа. Цель достигнута — можно безопасно перемещаться со скоростью 700...800 км/ч.

Преодолевая противоречия, городской транспорт из моносистемы, которую сегодня представляют собой отдельные автомобили, неизбежно перейдет в полисистему. Это будут и уже упомянутые монорельсовые дороги, и подвижные высокоскоростные тротуары, и спрятанный под землей пневмотрубопроводный транспорт, и другие не менее высокоорганизованные, экологически чистые и безопасные технические системы. Конечно, не исключена возможность использования обычного автомобиля. Но это будет прогулочный, специальный или спортивный автомобиль, относительно тихоходный и такой же редкий, как сегодня лошадь на улицах города.

Из сказанного следует, что противоречия определяют не только настоящее, но и будущее развиваемой технической системы. Выявление и анализ противоречий лежат в основе прогнозирования техники будущего.

Интересно отметить удивительную изобретательность природы, которую она проявляет при возникновении противоречий. Вот один из примеров. Затерянный в океанских просторах остров Маври-

кий покрывают заросли кальварии. Но семена этих растений усиленно склевываются птицей дронт. Природа вышла из неблагоприятного положения следующим образом. Она снабдила семена кальварии необычно толстой оболочкой. Зародыш растения может проклюнуться лишь в том случае, если скорлупа семени поистерлась о пищеварительные камушки, которые дронт, подобно многим другим птицам, глотает и постоянно носит в желудке. Разрешив противоречие — быть съеденным и не быть съеденным, кальварии получили возможность размножаться и благоденствовать.

Теперь, после того как мы «нарисовали» общий портрет противоречия в технике, вглядимся внимательнее в его очертания.

Среди наслоения и хаоса четко выделяются три вида противоречий — административное, техническое и физическое.

Познакомимся с каждым из них в отдельности.

Но перед этим попробуйте попрактиковаться в нахождении противоречий общих видов и в их преодолении на задачах.

З а д а ч а № 14. *Одно из семи чудес света — Александрийский маяк на египетском берегу Средиземного моря. Время разрушило маяк, но археологи утверждают, что он был высотой более 300 м.*

Несколько веков простоял маяк с надписью на вершине: «Для богов и во имя спасения моряков построил Сострагос из Книда, сын Дексифона». Так звали строителя, и люди запомнили его имя на века. Но история помнит и другое. Когда строительство маяка заканчивалось, Сострагоса вызвал император и повелел: «Ты высечешь на маяке мое имя!» Строитель знал — если он не выполнит приказ, то его казнят, а если выполнит — то потомки никогда не узнают имени настоящего автора маяка. Строитель остался жив, но и весь мир узнал его имя. Как это могло произойти?

З а д а ч а № 15. *Жил-был всемогущий черт. Однажды он поймал трех путников и согласился отпустить их, если они поставят ему невыполнимую задачу.*

Первый путник попросил сделать дерево золотым, второй — повернуть реку вспять. Оба задания черт с легкостью выполнил.

Третий путник остался жив. Какое задание он поручил черту?

З а д а ч а № 16. *Какое противоречие существует в упавшем с дерева зрелом яблоке и как оно разрешается природой?*

З а д а ч а № 17. *Какое противоречие не разрешено в наконечнике забитой строительной сваи?*

З а д а ч а № 18. *Назовите предметы домашнего обихода, которые были бы одновременно: горячие и холодные, единые и раздробленные, съедобные и несъедобные, твердые и жидкие.*

З а д а ч а № 19. *Назовите живое существо, которое одновременно летит со скоростью звука и со скоростью пешехода.*

З а д а ч а № 20. *Как съесть то, что все знают, но никто никогда не видел?*

Если некоторые задачи будут для вас трудноваты, не отчаивайтесь. Вернитесь к ним после прочтения главы «Поединок с противоречиями», и успех вам будет обеспечен.

ЗНАЮ, ЧТО, НО НЕ ЗНАЮ, КАК

(Административное противоречие)

Философия административного противоречия проста и звучит обезоруживающе прямолинейно, например: «Так делать нельзя, но делать все-таки нужно!», или: «Так продолжаться больше не может, нужно что-то делать!»

Убедительно, не правда ли? Административные противоречия, как правило, порождает сам человек, точнее, те организационные обстоятельства, которые он создал. Приведем в качестве примера следующий исторический случай.

Около двенадцати столетий назад, в 800 г., 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. Возникла сложная ситуация: Карл должен быть коронован папой римским, чтобы соблюсти ритуал, и не должен, чтобы не оказаться в зависимости от духовенства. Карл Великий нашел оригинальный выход. В момент коронации он выхватил корону из рук папы и сам водрузил ее на свою голову. Да здравствует король! Ничто и никто не может быть выше короля!

Тысячу лет спустя, в декабре 1804 г., в парижском соборе Нотр-Дам происходила коронация Наполеона. И снова возникла аналогичная ситуация. Наполеон воспользовался приемом Карла Великого и также перехватил из рук папы римского свою корону...

А что прикажете делать? Противоречие ведь то же самое, значит, и прием должен быть тот же.

Административное противоречие присутствует и в технике. Правда, там оно имеет несколько иной вид, но все же связано с человеком и наводит его на размышления — нужно что-то делать, но не знаю, как и с чего начинать.

Административное противоречие включает в себя целый клубок задач, и многие трудности при его разрешении обусловлены попытками сразу понять ситуацию, без выявления конкретной задачи. Непопулярность многих заводских темников, этого своеобразного перечня изобретательских задач, и определена именно тем, что в них, как правило, представлены задачи на уровне административного противоречия. В обязанности изобретателя входит преодоление этого противоречия путем превращения неясной, расплывчатой ситуации, состоящей из клубка задач, в одну конкретную техническую задачу.

Давайте заглянем в один из таких перечней и попытаемся преодолеть имеющееся там административное противоречие на примере такой задачи. «Усовершенствуйте существующую высоковольтную линию электропередачи, мачтовые опоры которой расположены в зоне вечной мерзлоты. Некоторые фундаменты мачтовых опор отогревают прилегающий к ним грунт, который разжижается, теряет свою несущую способность, и опоры падают. Предложите способ, исключающий это явление». Прочитав такую формулировку, вы вряд ли сможете ясно представить себе, чем же, собственно, предстоит заняться.

Разработать новую конструкцию мачты, чтобы она не передавала тепло на фундамент? Но ведь мачта уже изготовлена и стоит там, где ей положено. Изменить мачту уже не представляется возможным. Предложить новый фундамент? И этого делать нельзя. Потребовались бы значительные капитальные работы и связанное с ними отключение линии. Сменить вокруг фундамента грунт? Мало вероятно, что удастся сделать это без отключения линии. Выходит, можно заняться только укреплением имеющегося грунта путем его искусственного подмораживания. Но опор сотни. Неужели придется возле каждой из них в теплое время года пропитывать грунт низкотемпературной жидкостью? Это невозможно, да и не нужно. Аварийная оттайка грунта происходит только под некоторыми опорами. Но как узнать, под которой именно? Вот и появилась конкретная задача. Формулируется она так: «Предложите устройство или способ обнаружения аварийной оттайки вечномерзлого грунта под опорами линии электропередачи».

Сравните эту формулировку с первоначальной. Разница, как видите, значительная. Теперь вы уже точно знаете, какой проблемой надо заниматься.

В случае вновь проектируемой линии могло быть выявлено совсем иное направление, например создание самоохлаждающихся опор. Но к уже построенной линии такой подход невозможен. Требуется исходить из сложившейся ситуации и из клубка имеющихся задач выбрать ту, решение которой реально внедряемо.

Итак, основные признаки административного противоречия в технике — неясность ситуации, конфликт между человеком и техникой, появление новой потребности при отсутствии средств ее реализации, или неспособность техники удовлетворить старые потребности, но в большем объеме.

Преодоление административного противоречия, т. е. выбор конкретной задачи в конкретных условиях, связано с проведением причинно-следственного анализа ситуации, поиска первопричины. Позже вы более подробно ознакомитесь с этой работой, а сейчас напоминаю, что, преодолев административное противоречие и выйдя на задачу, вы неизбежно столкнетесь с новым, так называемым техническим противоречием.

ЗНАЮ, КАК, НО ОТ ЭТОГО ЕЩЕ ХУЖЕ

(Техническое противоречие)

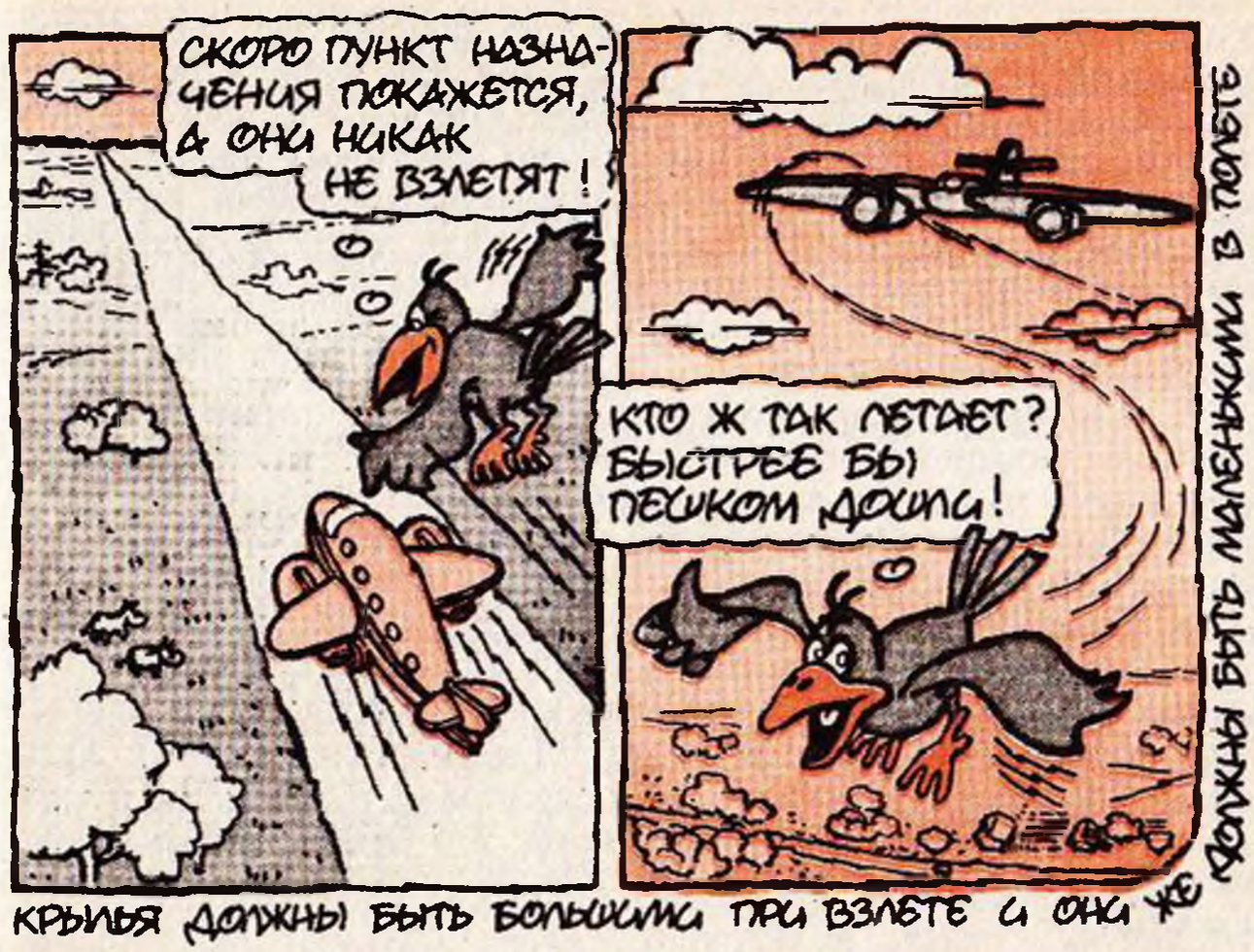
Техническое противоречие возникает между параметрами системы, ее узлами или группами деталей. Оно диктует: «Если ты улучшишь одно — то непременно ухудшишь другое!» Много колышков с табличкой «финиш» оставили здесь изобретатели.

Понять суть технического противоречия вам поможет следующий пример. Допустим, решили увеличить скорость самолета и для этого поставили на него новые мощные двигатели. Страшный рев этих двигателей сотрясает аэродромные плиты, но крылья не могут оторвать от земли значительно потяжелевший самолет. Тогда решаете увеличить крылья. Теперь самолет взлетает, но возросшее лобовое сопротивление крыльев съедает всю мощь ваших новых моторов. Цель не достигнута — скорость не увеличилась.

Это получилось потому, что не устранено главное противоречие: крылья должны быть большими, чтобы обеспечить достаточную подъемную силу при взлете, когда скорость еще мала, и они же должны быть маленькими, чтобы в скоростном полете, когда подъемная сила резко возрастает, не оказывали большого лобового сопротивления.

До недавнего времени казалось, что это неразрешимое противоречие. Конструкторы шли на компромисс. Они выбирали площадь крыльев такой, чтобы она была минимальной, но достаточной для взлета. Но это был обходной путь — из двух зол выбиралось меньшее. Какое-то время положение было терпимым. Но вот потребовались новые, более высокие скорости. Идти по проторенному пути не удавалось. Тогда решили увеличить взлетную и посадочную скорость самолетов, доведя ее до нескольких сотен километров в час. Поднимать в воздух такие самолеты и сажать их на аэродромы становилось все труднее и опаснее. Взлет и посадка стали одним из сложных и ответственных элементов полета. Длина взлетных дорожек стала измеряться километрами. Аэродром все дальше и дальше уносился за пределы города. Возникла ситуация, когда путь до аэропорта требовал больше времени, чем сам полет. Получился тришкин кафтан — в одном улучшили, в другом недопустимо ухудшили. Противоречие с крыльями требовало своего разрешения. И вот появились самолеты с изменяемой геометрией крыла. Теперь при взлете крылья «распушались», увеличивая свою площадь на 50...60%, а с набором высоты и скорости они вновь уменьшались. Это позволило при тех же двигателях значительно увеличить крейсерскую скорость.

Рассмотрим более земную ситуацию. Вернемся к задаче о сигнализации оттайки грунта под опорами ЛЭП. Вы помните, нам нужно узнать, под какой именно опорой произошла недопустимая аварийная оттайка грунта, чтобы успеть вовремя принять



соответствующие меры по его искусственному подмораживанию. Способы подмораживания грунта известны и широко применяются, например его пропитка жидким кислородом или азотом. Учитывая, что опоры ЛЭП часто проходят по труднодоступной гористой или болотистой местности, желательно узнавать о состоянии грунта с воздуха, т. е. с самолета или вертолета.

Первая мысль, которая, вероятно, приходит каждому из вас,— поместить в грунте рядом с фундаментом несколько равномерно расположенных по глубине термометров. Снимая с них показания и преобразовывая их в сигнальные огни на мачте, можно было бы судить о состоянии грунта с воздуха. Казалось, это единственно верный способ. Но обычные термометры непригодны: закопанные в грунт, они не дадут информации наверх. Следовательно, придется применить электроконтактные термометры или специальные термопары. Но тогда понадобятся индивидуальные источники энергии в виде аккумуляторов, дополнительные приборы для приема и обработки поступивших из грунта сигналов, специальные электропровода и контролирующая аппаратура. Кроме того, учитывая морозное вспучивание грунта, надо будет принять меры, чтобы заложенные в нем приборы и провода не были повреждены. Возникает необходимость в специальных защитных устройствах и приспособлениях.

Итак, желая улучшить информативность системы, вы столкнулись с недопустимой сложностью. В самом деле: «Знаю, как де-

лать, но от этого еще хуже». Уж лучше, решаете вы, все оставить по-старому и вручную, с помощью лома или лопаты, определять состояние грунта возле каждой опоры. Правда, это долго, дорого, но зато надежно. Но, рассудив так, мы тем самым признали свое поражение от выявленного технического противоречия. Как быть? Имеющийся в ТРИЗ специальный набор приемов разрешения технических противоречий поможет найти выход из этого положения. Об этих приемах и правилах их использования будет рассказано в специальной главе.

Нужно запомнить главное: техническое противоречие — это конфликт внутри технической системы, между ее узлами. При улучшении чего-то одного недопустимо ухудшается другое.

Разберем еще одну реальную производственную ситуацию, на которой проследим развитие технических противоречий.

... В кабинет начальника цеха вошла взволнованная крановщица и сказала: «Я отказываюсь работать в вашем цехе. Совершенно нечем дышать! Моя кабина находится на самом верху, и туда поднимается весь дым, который идет от закалочных ванн». Начальник цеха, как мог, успокоил женщину, а затем долго сидел в задумчивости, анализируя ситуацию. Это уже не первый случай, когда рабочие цеха жаловались на чрезмерную загазованность воздуха.

Дело в том, что заказ на термозакалку в масле партии крупногабаритных деталей поступил неожиданно, и специальный участок для этой операции не был готов. Приходилось выполнять термозакалку прямо в цехе. Мостовой кран брал раскаленную в печи деталь и опускал ее в ванну с маслом. По мере погружения детали соприкасающееся с ней масло вспыхивало, и густой едкий дым заполнял цех. Когда деталь полностью погружалась в масло, горение прекращалось, лишь небольшой дымок испарения поднимался над его поверхностью.

Способ закалки менять было нельзя — он предписывался технологией, но и делать такую работу в цехе было тоже нельзя. Уже знакомое вам административное противоречие. Имеющаяся вентиляция не справлялась с повышенной загазованностью. Пробовали увеличить ее мощность, но новые вентиляционные трубы перегораживали весь цех, создавая такой сквозняк, что многие рабочие простужались. Пришлось отказаться от этой затеи. Решили установить над ванной крышку, которая захлопывалась бы вслед опускающейся детали. Но, согласно правилам безопасности труда, крановщик должен всегда видеть груз, с которым он работает, а крышка мешала этому. Поэтому и от этого новшества пришлось отказаться.

Был объявлен заводской конкурс, как уменьшить загазованность цеха. Первое место заняло решение, по которому предлагалось резко увеличить скорость опускания раскаленной детали в масло. Срочно было дано задание конструкторам изменить конструкцию привода крана, чтобы опускание детали длилось

2 с вместо 10 с. За два дня кран переделали. Провели испытания. Деталь шлепалась в ванну, поднимая большие волны, которые выплескивались за борта. Пришлось наращивать высоту ванны, но это создало массу неудобств обслуживающему персоналу, который зацеплял и отцеплял погружаемую деталь. Кроме того, выяснилось, что тормозная система крана не выдерживает новых нагрузок, и при очередном опускании детали было пробито днище ванны. Помещение цеха залило маслом. На следующий день механики поставили более мощные тормоза, которые мгновенно останавливали груз. Появившиеся динамические нагрузки при резком торможении привели к прогибу несущей балки крана. Цех остановился.

Главный инженер созвал экстренное совещание инженерно-технических работников, чтобы найти выход из сложившейся аварийной ситуации. Техническое противоречие все более обострялось. Совет решил немедленно усилить балку мостового крана дополнительной фермой жесткости. Сделали и это. Через два дня обнаружилось, что балка крана выдерживает динамические нагрузки и не прогибается, зато в опорах рельс, на которых стоял кран, появились трещины... Это уже грозило аварией всего здания цеха. Как быть? Ситуация складывалась безвыходная.

Как видите, неразрешенное техническое противоречие, где бы оно ни было, в любом случае приводит к резкому ухудшению в соседних узлах и, все более удаляясь в надсистему, вызывает там опасные нарушения. Вероятно, вы уже догадались, в чем состояла основная ошибка и победителя конкурса, и конструкторов цеха. Все они боролись со следствием, а не с причиной. Техническое противоречие — это сигнал о том, что задача выбрана неверно и что решается она не в том месте.

Попытаемся вернуться к изначальной исходной ситуации и увидеть ее первопричину. Итак, идет задымление цеха. Пока раскаленная деталь, опускаясь, не касается масла, горение его не происходит, т. е. задачи еще нет. Когда деталь полностью погружена в масло, проблем тоже нет. Неприятности происходят в момент соприкасания детали с поверхностью масла. Вот тут-то и «живет» задача. Теперь определим основные элементы, присутствующие в данном месте и в данный момент: это горячая деталь, масло и воздух. Из этих элементов выбираем один, который в наибольшей степени порождает нежелательное явление. Источником задымления служит масло. Но нам ничего нельзя с ним делать, так как оно обеспечивает главный технологический процесс, который изменять нельзя. А что способствует воспламенению масла? Воздух, точнее — содержащийся в нем кислород.

На этом пока закончим анализ задачи о закалке детали. Попытайтесь сами выйти на решение. Мы же вернемся к этой задаче в следующей главе. А сейчас выделим главное: чем дальше от первопричины возникновения нежелательного явления начинают решать задачу, тем все острее и неразрешимее будет техническое

противоречие. Конечно, его можно как-то сгладить, усложнив всю систему, но, как правило, оно вскоре заявляет о себе вновь в другом месте. Техническое противоречие — это всего лишь середина на пути к решению задачи.

Чтобы не допустить «цепную реакцию» нежелательных явлений, появляющихся при технических противоречиях, необходимо в максимальной степени уточнить место и время возникновения первопричины и обнаружить в ней физическое противоречие. С ним мы познакомимся в следующей главе, а пока попробуйте самостоятельно решить задачи. Возможно, эти задачи вы не одолеете с ходу. Прочитайте тогда еще раз главу о системности мышления и об идеальной технической системе. Если удача вновь не будет сопутствовать вам, продолжайте дальше чтение книги и вернитесь к задачам после главы «Поединок с противоречиями».

Задача № 21. *На одной из метеостанций требовалось зимой, в лютые морозы четыре раза в сутки опускать в прорубь приборы для замеров параметров воды и взятия пробы. Работа осложнялась тем, что прорубь через 2—3 ч полностью замерзала и ее приходилось ломом пробивать заново. Никаких сложных механизмов на метеостанции нет. Как освободить работника метеостанции от ручной работы по пробиванию проруби?*

Задача № 22. *В цех на трубчатых катках вкатили тяжелый пресс массой более 40 т и установили над приямком фундамента, куда его следовало опустить, убрав катки. Приямок глубиной 0,5 м. Подходящего грузоподъемного оборудования не оказалось. Монтаж пресса остановился. План пуска цеха, намеченный на первый квартал года, срывался. Как быть?*

Задача № 23. *У вас в руках сварочный фонарь, испускающий инфракрасный (тепловой) луч. С его помощью нужно соединить сложным фигурным швом две прозрачные термопластичные пленки. Водить лучом нужно аккуратно и точно, добиться этого трудно. В результате вы теряете много времени, да и производительность низкая. Чтобы не пережечь пленку, максимально уменьшаете мощность луча, но тогда скорость сварки еще более падает. Как при вашей «неумелости» все же резко повысить точность сварки? Техническое противоречие: мощность излучения резко снижает точность изготовления.*

Задача № 24. *Рабочие заделывают шов между бетонными блоками фундамента с помощью извести, песка и цемента с водой. В этот узкий глубокий канал глубиной 2 м упал пятак. Как его достать?*

Задача № 25. *Как, не сливая воду из трубопроводной системы, заменить ее поврежденный участок?*

Задача № 26. *Как определить предельный износ бурового инструмента, находящегося глубоко в скважине, в которую подается промывочная вода?*

ЗНАЮ, ЧТО И КАК, НО НЕ ЗНАЮ, КАКИМ ОБРАЗОМ

(Физическое противоречие)

Понять сущность физического противоречия поможет следующая задача. При посадке самолета происходит повышенный износ колес шасси. Неподвижные колеса, касаясь набегающих аэродромных плит, не могут мгновенно раскрутиться и проскальзывают по их шершавой поверхности. После посадки на колесах можно заметить лысины, которые сняты будто напильником. Это и есть результат встречи неподвижных колес с аэродромными плитами на большой скорости. Для тяжелых самолетов, особенно при неудачной посадке, протектор колес шасси изнашивается особенно быстро. Как устранить этот недостаток?

Вы можете сказать: «Ну, что это за задача? Нужно всего-навсего предварительно раскручивать колеса, чтобы их окружная скорость была равна линейной скорости посадки самолета». Вот в этом-то и вся сложность. Скорости посадки самолетов различные и зависят от направления и скорости ветра. Кроме того, пробовали ставить на колеса отдельные электродвигатели, но это недопустимо усложняло шасси: требовалось дополнительное место, куда можно было бы убирать эти электроприводы после взлета. А главное, электропривод значительно утяжелял самолет. Колеса раскручиваются всего несколько секунд перед посадкой, а возить электроприводы приходилось постоянно, расходуя на них дорогое в полете топливо.

Возникло серьезное техническое противоречие — улучшили одно, и сразу недопустимо ухудшилось другое, причем во многих местах. Вероятно, поэтому на большинстве самолетов отсутствуют приводы раскрутки колес. Противоречие так и остается пока не преодоленным.

Давайте уточним задачу, а для этого выйдем на ее первопричину: найдем тот элемент, который испытывает противоречивые требования по физическому состоянию, и определим для него идеал. Если удастся, считайте, что задача близка к решению. Место и момент появления задачи — это поверхность колеса, которая при приземлении касается бетонных плит аэродрома. Поверхность колеса должна быть подвижной, чтобы не происходило проскальзывания, и не должна быть подвижной, чтобы не иметь специальных систем раскрутки.

Идеальное решение — икс-элемент, совершенно не усложняя и не утяжеляя самолет, сам раскручивает до нужной скорости колеса самолета, когда они выходят из крыльев.

Что это за икс-элемент? У нас вокруг только струи набегающего воздуха. Попробуем дать им роль этого загадочного икс-элемента. Задача уточнилась. Как сделать, чтобы набегающие потоки воздуха сами раскручивали колеса шасси? Из физики известно:

чтобы что-то стало вращаться, нужно приложить пару сил. Но воздух одинаково давит на верхнюю и нижнюю части колеса. Пары не получается. Опять физическое противоречие: воздух должен давить равномерно на колесо, потому что самолет движется весь сразу, и не должен давить равномерно, чтобы появилась пара сил и колесо стало вращаться от их воздействий.

Как разрешить это физическое противоречие? Снова обратимся к идеалу: окружающий воздух сам неравномерно давит на части колеса. То есть на одну часть колеса — нижнюю, воздух должен давить, а на другую часть — верхнюю, не должен. Что нужно для этого сделать? Это уже микрозадача, решение которой наверняка доступно многим. Нужно просто перед верхней частью колеса поставить преграду набегающему потоку воздуха в виде кожуха или обтекателя. Воздух, воздействуя на протектор только в нижней части колеса, раскрутит его до скорости, близкой к скорости посадки. Проскальзывание колес в момент их касания об аэродромные плиты сведется к минимуму. В глубине технического противоречия всегда лежит физическое. Сформулировав его, можно считать, что мы угадали 5 цифр из 6 в нашей лотерее.

Физическое противоречие возникает не между параметрами технической системы, а внутри какого-либо одного элемента или даже в части его.

К одному и тому же элементу предъявляются противоположные требования по физическому состоянию. Например, элемент должен быть тяжелым и легким, или горячим и холодным, или магнитным и немагнитным и т. п.

Проследим это на примере, а для этого продолжим разбор уже знакомой задачи о контроле за оттайкой грунта под опорами ЛЭП. В оперативной зоне, т. е. на глубине, где оттаивание грунта приводит к аварийной ситуации, элементов какой-либо технической системы нет. Поэтому требования идеальности предъявляем к имеющимся элементам природной системы, т. е. к грунту.

Идеальный конечный результат будет выглядеть следующим образом: грунт, совершенно не усложняя систему, сам выдает на поверхность сигнал о недопустимой величине своей оттайки. Как видите, задача стала звучать несколько фантастично, но посмотрим, что мешает тому, чтобы это действительно стало так.

Частица грунта, находящаяся на определенной глубине, не в состоянии сама подняться на поверхность и своим видом показать наблюдателю, что она оттаяла и нужно принимать меры.

Вот оно — физическое противоречие! Грунт должен быть твердым, неподвижным, чтобы держать нагрузку, и он же должен быть жидким и подвижным, чтобы вынести информацию наверх.

Пусть вас не смущает такой поворот событий — мы добрались до главной болевой точки. Образно говоря, мы уже достали кащееву иглу и держим в руках. Остается немногое — переломить ее. В этом помогут общие принципы разрешения физических противоречий (см. приложение 1).

Более подробно вы с ними познакомитесь позже, а сейчас пока воспользуемся одним из них, который рекомендует использовать явления, сопутствующие фазовому переходу вещества из одного состояния в другое.

Вы знаете четыре состояния вещества — твердое, жидкое, газообразное и плазменное. В каком состоянии у нас грунт? Почти все виды грунтов включают в себя воду, поэтому при минусовых температурах он образует прочный монолит, который легко выдерживает нагрузку опоры. При плюсовых температурах содержащийся в грунте лед превращается в воду, которая под массой твердых и тяжелых частей грунта вытесняется наверх.

Вот и разрешилось физическое противоречие! Грунт стал твердым и жидким, подвижным и неподвижным.

Подвижная часть грунта — вода и будет служить нам информирующим органом, который, как диктует ИКР, «сам выдает на поверхность сигнал о недопустимой величине оттайки». Но как отличить воду, поступившую из нижних слоев грунта, от воды, уже находящейся на поверхности? Это уже новая подзадача. Составляем идеал: «Поступившая на поверхность вода сама резко отличается по цвету или иным признакам от воды, которая уже имеется на поверхности». Как это сделать?

Вероятно, ответ у вас уже готов. На критической глубине оттаивания грунта нужно заранее расположить кусочки какого-либо красящего вещества, например марганцовки. Как только грунт оттает и содержащаяся в нем вода перейдет в жидкое состояние, она тут же растворит кристаллы красителя и приобретет яркий цвет. Под действием давления, развиваемого фундаментом опоры, а также в силу капиллярного эффекта подкрашенная вода выступит на поверхность и окрасит всю окружающую местность.

Совершая очередной облет ЛЭП, пилот замечает по окраске местности неблагополучную опору и сообщает о ней специальной аварийной команде, которая, выезжая на место, производит искусственное подмораживание грунта. В краситель, который располагается в грунте, можно добавить и люминофоры, тогда сигнал об аварийном оттаивании грунта будет виден даже ночью.

Конечно, полученное решение не является единственно возможным. Могут быть применены и другие явления, сопровождающие фазовый переход вещества из одного состояния в другое. Например, лед, превратившись в воду, в силу закона Архимеда, будет выталкивать наверх любое погруженное в него тело. Используем это явление. Рядом с фундаментом в мерзлом грунте пробуривают шпур нужной глубины, заполняют снегом, в который закладывают равномерно по высоте какие-либо плавучие элементы, например деревянные шары. По мере оттаивания грунта снег в шпуре превращается в воду и шары всплывают на ее поверхность. По количеству плавающих шаров можно судить о величине оттаивания грунта. Рассмотренный способ защищен авторским свидетельством.

Повторяем, все возможные решения касались сохранения уже существующих опор ЛЭП, а не создания новых.

А теперь вернемся к задаче о закалке металлической детали в масле. Вы уже проанализировали техническое противоречие и вышли в оперативную зону, т. е. в зону возникновения первопричины. Выяснили, что основным виновником возгорания масла является воздух, точнее кислород, который содержится в нем. Теперь составим идеал к воздуху: «Воздух не поддерживает горение и сам гасит пламя». Это возможно в том случае, если в воздухе не будет кислорода, но, с другой стороны, он должен быть, иначе мы с вами задохнемся. Итак, появилось физическое противоречие — кислород должен быть и не должен быть.

Один из принципов разрешения физических противоречий рекомендует разнести противоречивые требования в пространстве (см. приложение 1). Это значит, что там, где находимся мы, в воздухе есть кислород, а там, где раскаленная деталь соприкасается с маслом, кислорода нет. Как это выполнить?

Задача предельно упростилась, и для многих она уже не представляет трудности.

Действительно, над поверхностью масла следует образовать какую-то газовую среду, в которой отсутствует кислород. Это может быть углекислый газ, который по удельному весу тяжелее воздуха и всегда будет находиться в ванне над поверхностью масла. Теперь масло хотя и будет нагреваться, соприкасаясь с горячей деталью, но гореть не будет, так как в этой зоне нет кислорода. Как это выполнить? Берем углекислотный огнетушитель и обрабатываем им масло. Проблема решена! Можно еще более упростить решение — добавить в масло вещество, которое при высокой температуре, разлагаясь, выделяет инертный газ.

Обобщим изложенное. Выходя в оперативную зону задачи (а она всегда лежит в месте возникновения первопричины), находят элемент, не выполняющий нужную функцию или порождающий нежелательное явление, и предъявляют к нему требования с позиции идеала. Если в оперативной зоне такого элемента технической системы нет, то предъявляют требования идеальности к ближайшему элементу окружающей среды. И вот здесь, как правило, возникает внешне непреодолимое физическое противоречие. На этом этапе окончательно формулируется собственно задача, которую нужно решать, применяя свои знания по физике, химии и другим наукам.

А теперь подведем итоги рассмотрения противоречий и попробуем сформулировать их основные признаки, причины возникновения и возможные последствия и условия разрешения.

Административное противоречие.

Основные признаки — несоответствие в производственной ситуации желаемого и действительного. Возникновение противоречий между технической систе-

Высшей истинностью обладает то, что является причиной следствий, в свою очередь истинных.

Аристотель

ПЕРВОПРИЧИНА ПЕРВОЗАДАЧИ

(Решение изобретательских задач на уровне административного противоречия)

Начиная со школы мы привыкаем к тому, что условию задачи следует безоговорочно доверять. Если в условии сказано, что есть *А* и *Б* и надо найти *Х*, мы ищем этот *Х*, считая, что *А* и *Б* достоверны и достаточны. В изобретательской практике это положение не соблюдается. Более того, прилежное следование условиям необработанной изобретательской задачи может значительно усложнить получение ответа или даже сделать его невозможным.

Представьте, что перед вами обычная шахматная задача в три хода, которую вы решаете без труда. Но вот кто-то, прежде чем предложить ее вам, поставил на доску произвольно еще десяток фигур. Бывшая простенькая задача теперь невероятно усложнилась, и решить ее стало практически невозможно.

Подобное часто случается в изобретательской практике. Но нельзя, да и не у кого требовать: «Поставьте правильно задачу, тогда я ее решу». Переформулирование задачи, освобождение ее от лишних фигур и есть первый творческий этап изобретателя. Правильно сформулированная задача уже сама дает ответ.

Как очистить производственную ситуацию от «лишних фигур»? Как преодолеть административное противоречие, порождающее неопределенность действий?

Помните, как победил Кащея Бессмертного сказочный Иван-царевич? Вначале он попал в непроходимые лесные дебри, среди которых обнаружил огромный дуб. Затем на этом дубе был найден сундук. Когда он разбился, из него выскочил заяц. Поверженный заяц превратился в утку, которая, будучи сбитой, выронила яйцо. Так Иван-царевич, все более упрощая ситуацию, выходил к

своей мини-задаче. И вот в его руках добытая из яйца игла, несущая смерть Кащея. Переломить иглу надвое не составило труда.

Как видим, и в сказке не сразу дело делается. Трудная задача по борьбе с Кащеем постепенно упрощалась, становилась более доступной и легко выполнимой.

Подобное происходит и с изобретательской задачей. Ее нужно также постепенно «раздевать», снимая слой за слоем, пока она не превратится в мини-задачу с четким противоречием — иглой, которая уже не потребует больших усилий для своего переламывания. Это и есть начальный этап в технологии изобретательства. Познакомимся с этим этапом поближе.

Основной принцип преодоления административного противоречия сформулировал еще в прошлом веке незабвенный Козьма Прутков: «Отыщи всему начало, и ты многое поймешь!» Послушаемся его совета.

Однажды фирма «Сименс и Шуккерт» попросила у П. Л. Капицы консультацию, чтобы выяснить, почему не работает электродвигатель очень важной машины. Сумма гонорара была назначена солидная — 10 тыс. марок. Капица осмотрел машину, потом взял молоток и ударил по коренному подшипнику,— двигатель заработал. Фирме стало обидно платить деньги, и она попросила ученого составить нечто вроде письменной калькуляции. Он составил: «Один удар молотком — 1 марка, 9999 марок за то, что знал, куда ударить».

В чем главная заслуга Капицы? Он увидел причину — несоосность подшипников, и достаточно было одного удара молотком, чтобы устранить эту причину.

Очень часто в изобретательской практике поиск места «удара» и составляет главную заботу изобретателя. За примером далеко ходить не надо.

В одной заводской котельной в январскую стужу резко снизилось производство пара, идущего на технологические нужды. Телефон на столе начальника цеха надрывался от тревожных звонков. А в это время сам начальник вместе с кочегарами бил кувалдой по стенке угольного бункера, пытаясь разбить смерзшуюся глыбу угля, которая зависла и перекрыла все выходное отверстие.

Такое было уже не раз, но, в отличие от случая с П. Л. Капицей, здесь не знали, куда бить, чтобы восстановить работоспособность системы, т. е. подачу угля из бункера. Еще ранее были испытаны мощные вибраторы, прикрепленные к стенке бункера. Здание небольшой котельной ходило ходуном, но уголь в бункере по-прежнему оставался мерзлым монолитом.

Изучили патентную литературу. Изобретатели предлагали сотни хитроумных приспособлений для раскалывания в бункере смерзшегося угля: от огромной механической клюки, которая вращалась бы внутри бункера, ворошa уголь, и кончая лазерной

КАПИЦА... ВЗЯЛ МОЛОТОК И УДАРИЛ ПО КОРЕННОМУ ПОДШИПНИКУ

пушкой. Но затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию таких устройств превышали стоимость самой котельной...

Что же делать? Устанавливать самоходную кувалду помощнее (такие изобретения уже есть) или уж сразу сверхробота с суперкомпьютером и с двумя кувалдами? А может быть, вернуться к истокам задачи? И найти место, время и элементы, которые участвуют в возникновении причины нарушения сыпучести угля?

Проследим технологическую цепочку прохождения угля. На открытом складе экскаватор загружает углем самосвал. Здесь проблемы нет — уголь хотя и промерзший, но сыпучий. Вот самосвал привез уголь и выгрузил его в бункер. При выгрузке уголь тоже хорошо сыпался, и не было больших глыб. А вот на выходе из бункера появляются смерзшиеся глыбы. Откуда они взялись? Что нарушилось? Проанализируем, какой элемент мог этому способствовать. Таким элементом оказался теплый воздух котельной, который через выходное отверстие проникает вглубь бункера, где охлаждается, и имеющаяся в нем влага конденсируется на поверхности угля. Замерзая, эта влага и смораживает частицы угля между собой. Итак, причина найдена. Что надо сделать?

Конструктивных решений может быть много, но согласно требованиям идеальности лучшее то, при котором окружающий котельную холодный воздух сам будет препятствовать поступлению теплого воздуха котельной в бункер. Для этого достаточно поставить вентилятор, который будет закачивать в бункер холодный воздух и вытеснять оттуда теплый. Оттайка угля прекратится и сохранится его сыпучесть.

К сожалению, мы очень часто начинаем изменять техническую систему там, где идут последствия, а не там, где возникает причина. Отсутствие системного мышления, о котором мы говорили ранее, наказывается непроизводительными затратами, а порой лишними ненужными работами.

В механосборочном цехе одного из крупных предприятий был объявлен конкурс. Требовалось выдать из контейнера и ориентированно подать в штамп мелкие детали сложной формы. Было испытано много устройств, но все они оказались неэффективными или ненадежными. Творческий коллектив конструкторов работал день и ночь. Но когда проанализировали задачу в прошлом и будущем системы, то оказалось, что решать-то ее не надо.

Дело в том, что впереди по технологической цепочке эти детали при гальванизации уже ориентировались, нанизываясь на стержень перед опусканием в ванну. Потребовалось только сходить в соседний цех и попросить, чтобы детали после гальванообработки не снимали со стержней, а укладывали в контейнер вместе с ними. Задача решилась не решаясь!

А теперь иная ситуация. При скармливании скоту различных трав, посеянных и выращенных на заливных лугах, необходимо смешивать их в определенных пропорциях. С этой целью были разработаны и испытаны несколько типов машин. Какую машину предложите вы? Или по крайней мере какой принцип положите в ее основу?

Не спешите. Отложите на минуту книгу и подумайте над вашей конструкцией.

В свое время эта задача была предложена читателям областной иркутской газеты. В десятках писем содержались идеи самых фантастических машин. Это был фонтан конструкторских идей — захваты, транспортеры, дозаторы и даже роботы с вилами наперевес. И все они, подгоняемые ЭВМ, старательно перемешивали одну кучу травы с другой. А что у вас?

Давайте подумаем, когда и где первоначально возникла задача по смешиванию трав? Разве в зимние месяцы? Нет. Задача возникла раньше, еще осенью, как только привезли траву на ферму. А может быть, еще раньше? Действительно, как только мы скосили траву, сразу же появилась необходимость перемешать ее с другой травой. А если быть еще более смелым? То есть как только трава начинает расти, она уже должна быть перемешана в нужных пропорциях!

Вот мы и вышли на место и время возникновения задачи. Но там никакой технической системы нет. Вот и хорошо, мы теперь не будем гадать — какой элемент должен быть идеальным. Им должна быть трава! Итак, трава сама еще на поле смешивается в нужных пропорциях. Как это сделать?

Перед нами теперь совершенно новая задача, и свое внимание перенесем в поле, где растут травы. Мы видим, как там работает сенокосилка и как в ее бункер по очереди попадает то люцерна,

то клевер... Необычная, невозможная ситуация, подумаете вы. А все-таки, как достичь такого? Выход один — травы нужно засеять полосами — 10 м люцерны, 10 м клевера и т. д. Тогда при скашивании поперек этих полос в бункер сенокосилки будут попадать травы уже перемешанные и не нужно никакой машины. Это решение признано изобретением и уже внедрено. Осуществляя этот способ, придется только учитывать физиологическую совместимость выращиваемых растений.

Как видите, решение нашлось после того, как было обнаружено начало задачи. Хочется особо отметить, что чем дальше от первопричины пытаются решать проблему, тем более сложным и энергоемким получается решение.

Иногда, делая причинно-следственный анализ производственной ситуации, в поисках первопричины приходится уходить в далекую надсистему, где мы не властны что-либо изменить. Часто это тот случай, когда выявленное административное противоречие порождено неразрешенным административным противоречием надсистемы. Но и в этом случае, чем дальше от последствий вы уйдете в сторону первопричины, тем легче, надежней и с меньшими затратами решится проблема в вашей системе.

Нужно отметить одну особенность. Неразрешенное административное противоречие, как правило, сопровождается массой измерительных задач. Можно смело утверждать, что там, где есть измерительные и контрольные устройства, там нерешенная «изменительная» задача в подсистеме или в надсистеме. Действительно, все контрольные приборы нужны, чтобы контролировать величину вредных последствий где-то нерешенной или плохо решенной первозадачи. Поэтому, если встречается какая-либо задача на измерение, нужно попытаться найти причину ее появления и устранить ее в том месте, где она возникла. Другими словами, надо измерительную задачу попытаться перевести в «изменительную», чтобы отпала нужда в каких-либо измерениях.

Подведем итоги. Разрешение административного противоречия осуществляется проведением причинно-следственного анализа по технологической цепочке производственного процесса.

Поиск причины в прошлом считается завершенным, если удалось обнаружить тот единственный элемент, который порождает всю цепочку вредных последствий. Этот же элемент можно попытаться разложить на его составные части, вплоть до молекулярного уровня, на котором зарождается первопричина первозадачи. В этом случае мы сразу выходим на физическое противоречие, и решение становится очевидным. Анализ последствий в будущем ведется с целью проверки, не исчезает ли задача сама и действительно ли последствия являются вредными. Следует заметить, что при анализе, двигаясь по технологической цепочке, можно на каждой операции сформулировать свою задачу и решить ее, но главной и основной будет та, которая расположена в районе первопричины.

А сейчас для приобретения опыта попробуйте решить реальные задачи, взятые из заводских темников. Попытайтесь выявить первопричину возникновения задачи, ее зону, имеющиеся в ней элементы, составить для них идеал и реализовать его.

З а д а ч а № 34. *К открытому накопительному бункеру подъезжают самосвалы и выгружают в него руду. Со временем возле бункера образуется насыпь, которая мешает подъезжать самосвалам. Был объявлен конкурс на лучшее предложение по механизированной уборке насыпи. Что бы вы предложили?*

З а д а ч а № 35. *В цехе имеется несколько ванн с кислотой для протравливания деталей. Над ваннами установлены квадратные вытяжные трубы, которые из-за коррозии быстро выходят из строя. Порой проходит 2—3 недели, и уже требуется их замена. В цехе таких установок много, поэтому потребность в ремонте и изготовлении вентиляционных труб большая. С этой целью была организована специальная бригада. Для работы ей нужно простое универсальное устройство для гибки вентиляционных труб различных размеров. Как помочь бригаде?*

З а д а ч а № 36. *При лазерной резке металлических труб капли расплавленного металла попадают на внутреннюю поверхность трубы и прилипают к ней. Предложите устройство для зачистки труб от пристывших капель.*

ЗАЛП ИЗ СОРОКА СТВОЛОВ

(Решение изобретательских задач на уровне технического противоречия)

В одном из домов отдыха произошел любопытный случай. В номере жил веселый симпатичный механик, и все было бы хорошо, если бы не регулярно повторяющееся по ночам событие, выводящее из себя соседей. Дело в том, что механик храпел, храпел не только громко, но и разнообразно. Рулады, выводимые им, не повторялись. К ним невозможно было привыкнуть. Механика будили, но едва он успевал положить голову на подушку, как снова превращался в рычащего льва. Снова вставали, будили, объясняли... Наконец, растеряв остатки сна, соседи механика по номеру приступили к анализу сложившейся ситуации. Что же это получается? Надо спать, а вместо этого приходится вставать, чтобы «глушить» механика.

Административное противоречие здесь, как говорится, налицо. Нужно спать, но делать это невозможно. Можно, конечно, спрятать голову под подушку, но там жарко и душно. К тому же мощные звуки долетают и сюда. Можно было бы перейти в другую комнату, но это потребует сложных ночных переговоров с новыми соседями и администрацией. Итак, определилось техническое противоречие — уменьшение вредных факторов приводит к потере «производительности» отдыха. Кому-то пришло в голову подста-

вить к изголовью кровати механика микрофон, который подключили к здесь же расположенному мощному динамику. Эффект превзошел все ожидания.

Механик всхрапнул, и тут страшный крик репродуктора согнал его с кровати. Ничего не понимая, он снова полез в кровать и только заснул, как рев разгневанного репродуктора снова выбросил его на пол. Так повторилось еще несколько раз. Но через час все уснули. Спал и механик, он дышал особенно тихо. Был достигнут почти идеал — храпящий будил сам себя. Кстати, сегодня уже во многих странах мира выпускаются подобные акустические аппараты, излечивающие от храпа.

Описываемый прием относится к разряду «обратить вред в пользу». Он очень распространен в технике. Например, если в новый поршневой двигатель подавать запыленный воздух, то это ускоряет приработку трущихся деталей двигателя. Раньше всегда берегли двигатель от пыли, но оказалось, что его обкатку целесообразней вести при снятом воздухоочистителе.

Известно, сколь велика разрушительная сила мчащегося водного потока. А вот специалисты из «Гидростальконструкции» предложили разделить его на несколько рукавов, закрутить их в противоположные стороны и столкнуть друг с другом. Обессилев в борьбе с самим собой, поток быстро теряет свою разрушительную силу. Приведенные примеры взяты из различных областей техники, но вы уже, вероятно заметили, что все они разрешены с помощью одного принципа: «обратить вред в пользу». Что это — случайность или закономерность? А как в других случаях? Анализ многих тысяч изобретений выявил, что при всем многообразии технических противоречий большинство из них разрешается 40 основными приемами (см. приложение 3).

Работа по составлению списка таких приемов была начата Г. С. Альтшуллером еще на ранних этапах становления теории решения изобретательских задач. Для их выявления понадобился анализ более 40 тыс. авторских свидетельств и патентов. Приемы эти и сейчас представляют для изобретателей большую эвристическую ценность. Их знание во многих случаях позволяет облегчить поиск ответа.

Сразу же может возникнуть мысль, а нельзя ли заложить эти приемы в ЭВМ и доверить ей решение изобретательских задач? Пробовали это делать, но результаты пока не обнадеживающие.

Приемы указывают лишь общее направление и область, где могут быть сильные решения. Конкретный же вариант решения они не выдают. Эта работа остается за человеком.

Как пользоваться приемами? Это можно делать двумя способами. Просматривать их все, подбирая наиболее удобный для решения данной задачи. Со временем каждый прием отложится у вас в памяти и их подбор не будет составлять труда. Ведь запомнили же мы азбуку, хотя там тоже более 30 букв. Перебирая возможности каждого приема к конкретной задаче, можно выйти

на несколько неплохих решений. Еще раз отметим, что сами приемы не дают конкретного решения и не освобождают от обязанности думать. Причем, думать активно, дерзко, допуская невероятное.

Допустим, что вы решили увеличить надежность автомобильной шины, чтобы ей не был страшен прокол гвоздем. Начнем решать. Первым из списка вам встретился прием «Дробление». Что это значит? Это значит, что автомобильную камеру нужно... раздробить! Как? Вы даже в мыслях не можете допустить такое. Камеру нужно всегда беречь, чтобы она была целой, а тут советуют «раздробить». «Чепуха какая-то!» — скажете вы.

А теперь ознакомьтесь с решением, которое признано изобретением. В нем камера раздроблена, в полном смысле этого слова, и выполнена в виде набора сотен эластичных мячей, помещенных в шину. Теперь даже десяток воткнувшихся в шину гвоздей не вызовет чувство досады у водителя автомобиля. А теперь воспользуемся таблицей (см. приложение 4). В вертикальной колонке таблицы находят тот параметр, который нужно улучшить, в горизонтальной колонке — который недопустимо ухудшается, если использовать известные способы. На пересечении выбранных колонок считывают номера приемов, рекомендуемых в этом случае. Таким образом, раскладывают техническое противоречие на две части и находят прием его преодоления.

Конечно, никакая таблица не поможет, если неверно определено техническое противоречие или произошла ошибка в выборе задачи.

Проверим работу таблицы на практике, ибо, как говорил Д. Кардано, ученый, изобретатель карданного вала, живший в XV веке, «рассуждение при решении проблемы должно составлять главное, но господином должен быть все же эксперимент».

Ситуация следующая. Однажды Эдисону понравился молодой человек, изъявивший желание работать в его лаборатории. Слушая его планы на будущее, великий корифей изобретательства согласно кивал головой. Когда же поток красноречия дебютанта немного иссяк, Эдисон спросил его: «Какое бы вы хотели сделать свое самое великое изобретение?» — «Я хочу изобрести такой растворитель, который бы растворял все вещества на земле!» — «Хорошая мысль, — сказал Эдисон и, немного подумав, добавил: — А в чем же вы будете хранить ваше чудо?»

Не спешите иронизировать по поводу претензий к молодому изобретателю. Проблема хранения агрессивных жидкостей действительно существует, и ее следует решать. Кстати, это не очень трудная задача. Нетрудная потому, что в ней ярко выражено техническое противоречие, и, следовательно, легко найти приемы его преодоления.

В свое время задача о растворителе была решена школьниками. Попробуйте и вы свои силы.

В вертикальной колонке таблицы найдите то, что необходимо

изменить. В данном случае подходит графа «Потери вещества», т. е. растворителя. В горизонтальной колонке ищите то, что вас более всего не удовлетворяет, если пользоваться обычными способами. Это «Надежность». На пересечении выбранных вертикальных и горизонтальных колонок найдите рекомендуемые приемы. Ими будут 10, 29, 39 и 35-й (приложение 3). Согласно приему 10 надо «заранее расставить части объекта так, чтобы они могли вступить в действие с наиболее удобного места». То есть предлагают разделить растворитель на части, которые могли бы вступить в действие и стать агрессивными только после их объединения. Прочитав эту рекомендацию, вы, скорее всего, придете к мысли, что будущий растворитель должен состоять из нескольких компонентов, каждый из которых сам по себе нейтрален, но вместе они образуют агрессивное вещество. Как видите, проблема хранения снята. Именно так хранят, например, ракетное топливо, которое состоит из двух главных компонентов — горючее (жидкий водород) и окислитель (четырехокись азота). Но это еще не все.

Прием 29 рекомендует: «Вместо твердых частей используйте газообразные или жидкие вещества». Следуя этому совету, чудо-растворитель нужно удерживать на воздушной подушке. Он будет висеть в воздухе, не касаясь стенок сосуда, в котором находится.

А прием 35 советует изменить агрегатное состояние растворителя. Переведем его из жидкого состояния в твердое, т. е. заморозим. В таком виде любой растворитель неактивен, а следовательно, не воздействует на материал сосуда, в котором хранится.

Обратимся теперь к приему 39. По нему хранение растворителя нужно вести в вакууме. Если этот вакуум в невесомости, растворитель крупной каплей будет неподвижно висеть внутри сосуда, не касаясь его стенок.

Итак, мы нашли четыре способа хранения «всерастворяющего» растворителя. Жаль, что у нового сотрудника Эдисона не было в кармане приемов устранения технических противоречий и таблицы их применений.

Теперь вернемся в наш индустриальный век. Представьте, что вы попали в заготовительный цех металлургического завода. Лязг и грохот обрабатываемого металла, всполохи электросварки, резкие пронзительные звонки крановых механизмов оглушили и ослепили вас.

Увы, и сегодня еще есть такие цехи, и работающим в них людям приходится применять наушники и темные очки. Однако такая экипировка лишает их возможности услышать или увидеть сигналы пожарной, например, тревоги. Как быть? Если снабдить каждого работающего индивидуальным радиоприемником — это не поможет, в цехе слишком много помех для радиосигналов, и они неузнаваемо исказятся.

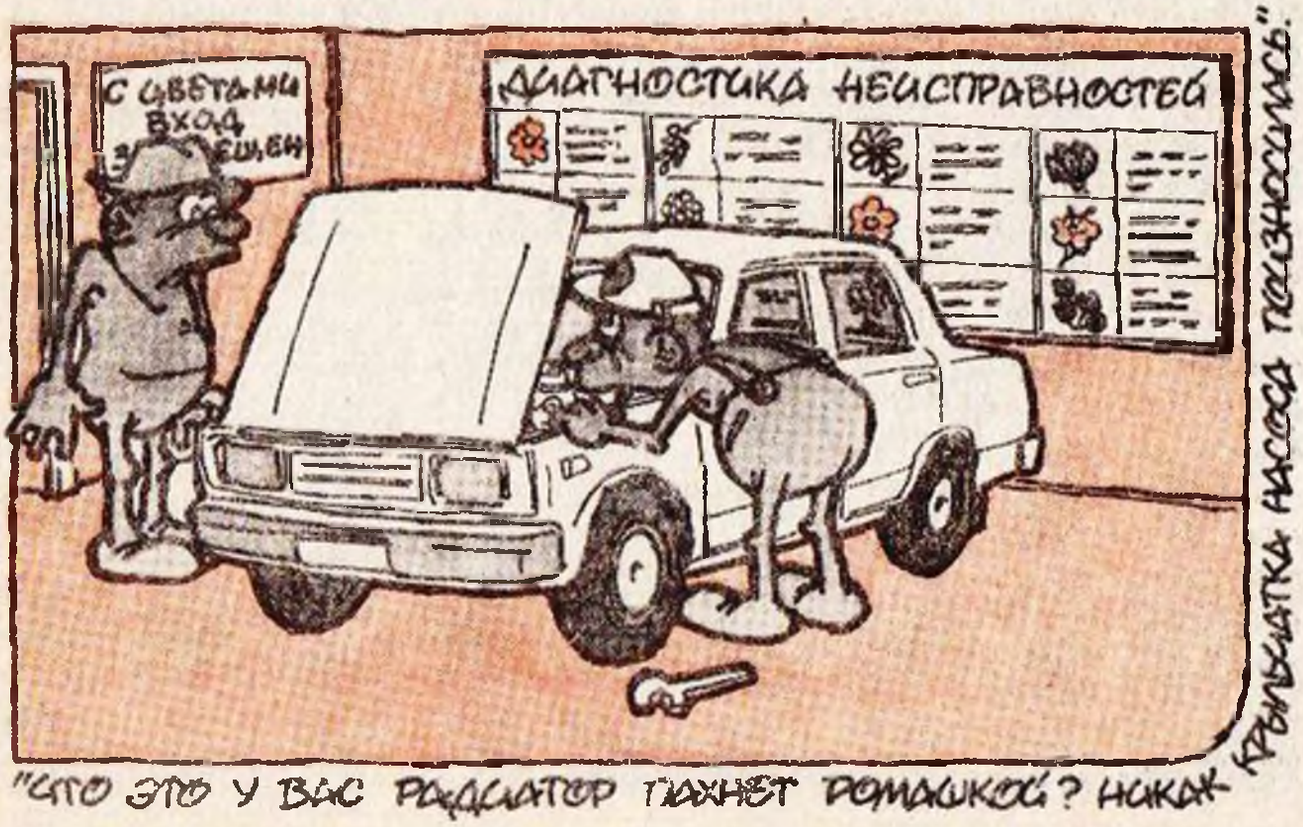
Итак, нам нужно улучшить информацию, но мы наталкиваемся на ненадежность известных способов.

Для преодоления этого противоречия рекомендуется прием 28: «Замена механической схемы оптической, акустической, запаховой».

Оптические и звуковые сигналы, как мы уже выяснили, неэффективны. Остается запаховый способ сигнализации. Решаем по общеобменной вентиляции в момент пожарной опасности подавать в цех резко пахнущее, относительно безвредное химическое вещество, например этилмеркаптан. Почувствовав невыносимо резкий и весьма неприятный запах, даже самые недисциплинированные быстро покинут помещение. Цель достигнута, как говорится, и «дешево» и «сердито».

Остается заметить, что использование запахов в технике становится все более популярным. Ампулы с пахучим веществом помещают в ответственные тяжелонагруженные детали машин. По мере износа этих деталей разрушается помещенная в них ампула, и запах дает сигнал о необходимости ремонта. В этом случае механик, обслуживающий механизм, не прослушивает его, а как бы «обнюхивает». И кто знает, может быть, когда-нибудь будет возможна такая картина. На очередное техническое обслуживание в автосервис поступила машина «Жигули». Мастер, усиленно раздувая ноздри, осматривает машину: «Что это у вас радиатор пахнет ромашкой? Никак крыльчатка насоса поизносилась. Заменим. А рулевая тяга в вашей машине уже чуть-чуть пахнет фиалкой — надо менять вкладыши...»

А теперь попробуйте проверить по таблице задачу об оттайке грунта под опорами ЛЭП, которую вы разбирали раньше



(см. с. 61). Для решения ее нужно было знать о величине оттайки нижних слоев грунта. Пытаясь выяснить это с помощью известных способов, вы столкнулись с техническим противоречием: с повышением степени информативности (24-я графа по вертикали) усложняется контроль (37-я графа по горизонтали). Рекомендованные приемы преодоления этого противоречия — 35 и 33.

Согласно приему 35 надо использовать изменение агрегатного состояния объекта, т. е. грунта. Вы, собственно, так и поступили, хотя пришли к этой мысли несколько иным путем.

Используя прием 33, вы должны были изготовить информирующее устройство из тех же материлов, из каких состоит грунт. И поступили именно так, использовав грунтовую воду.

Чтобы научиться свободно владеть приемами и таблицей, нужно решить несколько сотен задач. Только тогда можно рассчитывать на успех. Согласитесь, рискованно выходить на ринг, только прочитав наставление по боксу. Нужна длительная упорная тренировка.

А теперь попробуйте решить несколько задач самостоятельно, используя для этого приемы и таблицу. Для нетерпеливых есть подсказки в конце книги.

З а д а ч а 37. *Концентрированная серная кислота поставляется на предприятия в стеклянных бутылях емкостью 30...40 л. Часто возникает необходимость выдавать из бутылки кислоту небольшими порциями. Наклонять бутыль рискованно: серная кислота — источник повышенной опасности для персонала. Можно выдавливать кислоту, загоняя в бутыль воздух, но стекло — хрупкий материал, и служба техники безопасности запрещает такой метод. Однако выход был найден. Какой?*

З а д а ч а 38. *Известно, к каким последствиям может привести замороженная в тепловых радиаторах вода. Внесите минимальные изменения в конструкцию радиаторов, позволяющие не допустить его разрывов при замерзании воды.*

З а д а ч а 39. *Как с помощью обычного медицинского термометра измерить температуру комнатной мухи?*

З а д а ч а 40. *Нужно визуально проверить качество поверхности миниатюрных прецизионных шариков для подшипников, диаметр шариков 0,2...0,5 мм. Применение микроскопа сложно, трудоемко и непроизводительно. Здесь повышение точности измерения наталкивается на сложность контроля. Исходя из этого противоречия, найдите по таблице соответствующий принцип и решите задачу.*

З а д а ч а 41. *На гоночных автомобилях очень важно наблюдать за положением передних рулевых колес. Но эти же колеса обладают большим лобовым сопротивлением, в результате которого снижается скорость автомобиля. Сопротивление можно уменьшить, накрыв колеса обтекателями, но тогда они не будут видны гонщику и возможен сход автомобиля с трассы. Как быть?*

З а д а ч а 42. *Нужно транспортировать влажную глину шнековым винтовым питателем, но глина прилипает к поверхности шнека и не продвигается вперед. Как быть?*

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЙ РАЗГОВОР

(Решение изобретательских задач на уровне физического противоречия)

Ранее вы выяснили, что качественное изменение техники возможно только через преодоление противоречий. Другого пути нет.

Иногда удача в решении задачи приходит на стадии административного противоречия. Но это при условии, если удается, используя многоэкранную схему мышления и причинно-следственный анализ, точно найти первопричину задачи: как правило, там обнаруживается один элемент — «виновник». На стадии технического противоречия задачу можно решить с помощью специальных приемов. И здесь чем точнее определено техническое противоречие, тем эффективнее применение приемов. В обоих случаях успех определяется величиной приближения к физическому противоречию. А для того чтобы нам более ярко выявить его, к элементу, который является первоисточником всех забот, предъявляют требование идеальности (идеального конечного результата — ИКР). Вот здесь сразу выявляется, «кто есть кто». Это, так сказать, общая стратегия подхода к решению изобретательской задачи. А тактика заключается в применении общих диалектических принципов разрешения физических противоречий. Эти принципы сформулированы в приложении 1. Основные из них — разрешение противоречивых требований во времени и в пространстве. При этом используются системные свойства объектов и свойства фазовых переходов вещества из одного агрегатного состояния в другое.

Один из этих принципов или оба сразу применяются в решении любой изобретательской задачи.

Сложности в применении принципов возникают тогда, когда еще не ясна физика явлений, происходящих в оперативной зоне, и нечетко выявлен тот элемент, к которому предъявляется физическое противоречие. Напомним, что под физическим противоречием понимается случай, когда к одному элементу или даже к его части предъявляются противоположные по физическому состоянию требования. Например, объект должен быть тяжелым и легким или горячим и холодным и т. п.

А теперь разберем несколько задач.

Помните, как благородный Портос из знаменитых «Трех мушкетеров» приказал своему портному снять с него мерку для нового костюма, но при этом он запретил притрагиваться к себе? Что было делать бедному портному? К счастью, он оказался догадливым и разрешил это противоречие, измеряя Портоса не там,

где тот стоял, а ... в зеркале. Таким образом, противоречие было разрешено разнесением действий в пространстве.

Можно было бы разрешить эти противоречия и во времени, т. е. дождаться, когда Портос станет менее знаменитым и позволит к себе притрагиваться.

А можно было тому же портному воспользоваться и системными переходами. Старый костюм, как «прошлое» Портоса, мог служить объектом для измерения. Вариантов много. Важно, который из них в данных условиях и в данное время осуществим.

А вот задача из сегодняшних забот.

Необходимо уложить в грунт ребристую стеклянную трубу переменного диаметра. Откопали траншею, уложили трубу и засыпали ее песком. Сразу же выяснилось, что труба лопнула. Повторили все сначала, тщательно спланировав дно траншеи и убрав все камушки. Результат оказался тот же. Предлагалось укладывать трубу на поролон. Но где его столько найти? Да и дорого.

Читая задачу, вы, вероятно, уже мысленно ведете поиск физического противоречия. Но вы его не найдете, пока не уточните оперативную зону изменений, т. е. место возникновения нежелательного явления, и не выделите в нем элемент, испытывающий противоречивые по своему физическому состоянию требования.

Итак, место возникновения конфликта — поверхность грунта. Время возникновения — момент укладки трубы. Элемент, вредно действующий на трубу,— твердые частицы грунта, неравномерно прилегающие к трубе. ИКР — грунт сам в момент опускания трубы подстраивается ко всем выступам трубы и равномерно прижимается к ее поверхности по всей длине. Физическое противоречие — грунт должен быть неподвижным, чтобы держать трубу, и подвижным, чтобы подстраиваться к ее выступающим поверхностям.

Попытаемся эти противоречивые требования разнести во времени. В момент укладки трубы — грунт мягкий, подвижный, а в остальное время твердый и неподвижный. Как этого достичь? Еще более уточним задачу: грунт на какое-то время должен стать подвижным и мягким.

С этим вопросом уже можно подойти к первокласснику, и он вам с радостью сообщит, что грунт надо смочить водой и перемешать. Тогда он превратится в грязь (пульпу), в которую и укладывают трубу. Грязь плотно обленит трубу, вода постепенно испарится, и профиль высохшего грунта окажется идеально подогнанным по форме к трубе.

Разрешение противоречия — грунт мягкий и твердый — произошло во времени путем частичного изменения агрегатного состояния.

Теперь рассмотрим другую ситуацию.

Когда ведется разведочное бурение на твердые полезные ископаемые, много времени уходит на спуск и подъем бурильной колонны. Происходит это потому, что, пробурив 2...3 м, надо поднимать наверх керн — цилиндрический столбик выбуренной

горной породы. По нему геологи судят о строении пробуренных слоев. Если керн извлекают с глубины, скажем, 1000 м, то на подъем, а затем спуск всей связки труб уходит бо́льшая часть рабочей смены. Как же сделать бурение более производительным?

Физическое противоречие — колонну надо поднимать, чтобы взять с ее нижней части керн, и колонну не надо поднимать, чтобы надолго не останавливать бурение. Конструкторы предложили поднимать на поверхность только один керноприемник с породой, оставляя всю бурильную колонну в скважине. Были разработаны специальные керноприемники, поднимаемые тросом с ловителем. Время на спуск-подъем уменьшилось в 5 раз.

Как видим, противоречие было разрешено в пространстве, путем поднятия только части колонны-керноприемника.

Замечено, что разрешение любого физического противоречия в той или иной степени связано с применением только двух принципов: разнесения противоречивых свойств в пространстве или разнесения противоречивых свойств во времени.

Остальные известные принципы, задействующие возможности системных, фазовых и физико-химических переходов, лишь помогают реализовывать первые два, т. е. являются их своеобразными механизмами срабатывания.

Исходя из этого, можно сформулировать несложные правила выбора принципа в зависимости от конкретной ситуации.

Правило 1. Если от объекта (вещества, поля) требуется проявление противоположных свойств в одно и то же время, то такое противоречие разрешается разнесением этих свойств в пространстве объекта.

Правило 2. Если от объекта (вещества, поля) требуется проявление противоположных свойств в одном и том же месте пространства, то такое противоречие разрешается разнесением этих свойств во времени.

Правило 3. Если от объекта (вещества, поля) требуется проявление противоречивых свойств в одном месте пространства и в одно время, то разнесение свойств в пространстве осуществляется в подсистеме, а разнесение свойств во времени — в надсистеме или наоборот.

Примечания. Для реализации указанных правил используются следующие возможности. На макроуровне вещества: системные переходы — объединение однородных и неоднородных объектов и систем, объединение системы с антисистемой, разделение системы или объекта на части и придание каждой требуемых свойств.

На микроуровне вещества: фазовые переходы — изменение агрегатного состояния вещества, замена однофазного вещества двухфазным, а также физико-химические эффекты и явления.

А теперь закрепите свои знания решением задач.

Задача № 43. *Для очистки труб большого диаметра в нее запускают обломки кирпичей. Но иногда, особенно на поворотах*

трубы, крупные обломки кирпичей образуют пробки. Как быть? Кирпичи должны быть крупными, чтобы хорошо чистить трубу, и не должны быть крупными, чтобы не образовывать пробку.

З а д а ч а № 44. *В литейных цехах требуется разливать сталь в широкие и узкие формы. Если у разливочного ковша будет широкий сливной носок, то при заливке узких форм часть подаваемого металла пойдет мимо. И наоборот — если у ковша будет узкий носок, то широкую форму он будет заливать очень долго. Итак, у ковша одновременно должен быть и узкий и широкий сливной носок. Как быть?*

З а д а ч а № 45. *Для проезда в автобусе или трамвае проездной талон компостируется, т. е. в нем пробиваются отверстия. При этом выбитые из билета бумажные кружочки засоряют салон транспортного средства. Итак, нужно вырезать кружочки в талоне, чтобы сделать отметку о проезде, и в то же время нельзя вырезать кружочки из билета, чтобы они не выпали из него и не засорили салон. Как быть?*

З а д а ч а № 46. *Зимой на дно открытого водохранилища для гидроизоляции уложили полиэтиленовую пленку. Для того чтобы пленка долго сохранялась, ее нужно было закрыть слоем грунта. Привезли грунт, сложили у края котлована и попробовали его разровнять на пленке с помощью бульдозера. Гусеницы бульдозера прорвали пленку. Физическое противоречие — гусеницы должны давить и не должны. Ваши предложения?*

З а д а ч а № 47. *Для закалки стальной ленты в вихревых токах ее пропускают через высокочастотный индуктор. Наведенные токи нагревают поверхность ленты, и при ее последующем резком охлаждении происходит процесс закалки. Все было бы хорошо, если бы вихревые токи не сосредоточивались на острых боковых кромках ленты и не проплавляли их. Если уменьшить вихревые токи, то тогда они не прогревают серединную поверхность ленты. Как быть?*

З а д а ч а № 48. *Нужно склепать между собой две плоские пластины, которые впоследствии образуют шарнир. Если заклепку, служащую осью, расклепать сильно, то пластины будут плотно прижаты друг к другу, но не смогут проворачиваться. Если слабо, то пластины будут проворачиваться, но будут слабо закреплены. Физическое противоречие — пластины не должны иметь зазора, чтобы их закрепление было хорошим, и пластины должны иметь зазор, чтобы быть подвижными. Как это осуществить?*

З а д а ч а № 49. *Иван Грозный во время подготовки взятия Казани принял решение построить вблизи города небольшую опорную крепость. Он купил на берегу Волги, в месте впадения в нее Свияги, участок земли, который согласно условиям договора, должен быть не больше, чем можно было охватить одной шкурой вола. Царь построил крепость площадью в несколько сотен квадратных метров, однако условия сделки не были нарушены. Как это удалось?*

Прости меня, Ньютон! Понятия, созданные тобой, и сейчас еще ведут наше физическое мышление, но сегодня мы уже знаем, что для более глубокого постижения мировых связей мы должны заменять твои понятия другими.

Альберт Эйнштейн

ЗНАКОМЬТЕСЬ, ВЕПОЛЬ!

Вы уже знаете, что при решении изобретательской задачи чаще всего приходится терпеливо добираться до скрытого в задаче физического противоречия и рассматривать конкретные физические процессы. Но и здесь не всегда удается напрямую применить знания, даже если известны общие принципы разрешения физических противоречий. Требуются тактические шаги, конкретизирующие наши действия. Для этого нужен точный анализ взаимодействия веществ и энергий в оперативной зоне задачи.

Известно, что ни одно событие в материальном мире не происходит без видоизменения вещества и энергии (поля). Взаимодействие этих двух составляющих и определяет все многообразие мира. Для изобретателя, который желает, чтобы его труд был результативным, знание этих процессов является необходимым. Но знать и помнить тысячи видов взаимовлияний между собой полей и веществ, а также миллионы их модификаций — задача, невыполнимая даже для супер-ЭВМ. Значит, нужны какие-то общие принципы и формализация обращения с ними. Собственно, так делается в любой науке, когда количество информации превышает возможности человека.

Такая же картина произошла и в теории решения изобретательских задач — появился свой формальный язык, своеобразная математика в изобретательском труде. Это позволило свернуть тысячи физических понятий в несколько единиц, с которыми и работает изобретатель. Такая системность в использовании знаний вовсе не означает их обеднение или выхолащивание.

Давайте познакомимся с такой работой поближе.

Физики-теоретики, говоря о себе, шутят, утверждая, что, если их попросить рассчитать устойчивость стола с четырьмя ножками, они довольно быстро принесут свои первые результаты вычислений, относящиеся к столу с одной ножкой, а потом к столу

с бесконечным числом ножек. Остальную часть жизни они будут безуспешно пытаться решить общую задачу о столе с произвольным числом ножек.

Что же, пожелаем им удачи в этом трудном деле, но не будем следовать их примеру. Тем более, что в шутливом замечании физиков-теоретиков о себе скрыта изрядная доля истины, заключающаяся в том, что не всегда можно решить задачу, которая имеет произвольное число исходных данных. Да и наш житейский опыт тоже говорит, что «нельзя объять необъятное».

Выйти из этого положения в изобретательской деятельности позволяет так называемый «вепольный анализ». Слово «веполь» образовано от слов «вещество» и «поле». **Вепольный анализ проводится в оперативной зоне возникновения задачи, т. е. там, где выявлено физическое противоречие. В этом месте обязательно должны быть два вещества B_1 и B_2, полезно или вредно взаимодействующие между собой, и поле $П$, которое связывает эти два вещества.**

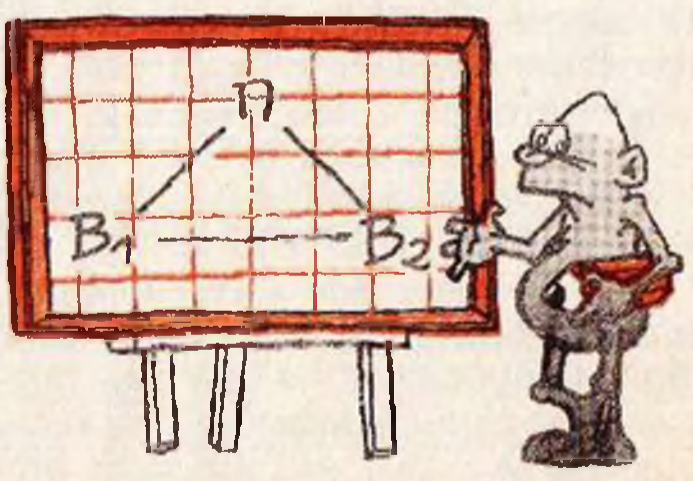
Вспомните задачу об оттаивании грунта — в оперативной зоне были вода — B_1 и грунт — B_2, на которые воздействовало тепловое поле — $П_т$. В задаче об износе колес шасси самолета тоже было два вещества и поле — протектор, аэродромные плиты и механическое поле трения. Во всех задачах, в которых мы добирались до физического противоречия, присутствовала эта тройка.

Наша цель — выяснить взаимоотношения имеющихся в веполь элементов и при необходимости создать новый веполь, усилить или разрушить старый.

Следует сразу оговориться, что понятие «поле» в ТРИЗ условно расширено. Оно включает в себя не только «законные» физические поля — электромагнитные, гравитационные, поля слабых и сильных взаимодействий, но и всевозможные «технические» поля — механическое, инерционное, тепловое, акустическое, лучевое, запаховое и т. д. Итак, любое взаимодействие между веществами будем называть п о л е м. Это поле должно вести ве-

Оно же является и главным «информатором» о событиях, происходящих в оперативной зоне задачи. Понятие «вещество» в ТРИЗ также условное — им может быть любой элемент, участвующий в задаче.

Графически веполь в общем виде выглядит так, как на картинке рядом, где B_1 и B_2 — вещества, а $П$ — поле, с помощью которого вещества взаимодействуют между собой.



Пока в оперативной зоне не будет выявлена эта «троица», решение задачи будет невозможным.

Допустим, нам нужно найти иголку в стоге сена. Как быть? Знаменитый югославский ученый Тесла утверждал, что если бы Эдисону была предложена такая задача, то он с прилежанием пчелы начал бы перебирать каждую травинку этой копны. Метод проб и ошибок, который использовал Эдисон, и не предполагал другой технологии поиска. А как поступите вы?

По условию задачи есть два вещества (B_1 — иголка и B_2 — сено) и нет поля. Добавляем поле $П$, допустим, магнитное. Тогда задача сразу решается. А если игла не магнитная? Все равно в систему вводим другое какое-то поле, например инерционное. Раскрутив стог, поймаем иглу. Можно ввести и поле «выталкивания», которое испытывает всякое тело, погруженное в жидкость. Игла окажется внизу, а сено наверху жидкости. Всегда, изучая задачу, в первую очередь мы должны проверить, есть ли в оперативной зоне полный веполь. Если не хватает вещества, нужно его ввести. Если не хватает поля, то и его нужно ввести в систему.

Иногда роль одного из веществ может принять на себя и сам человек. Это было использовано в задаче о пожарной сигнализации в шумном заготовительном цехе. Там человек играл роль «вещества», на которое воздействовали запахом (полем) через общеобменную вентиляцию, где воздух был вторым веществом.

Строго говоря, в оперативной зоне задачи всегда есть какие-то вещества и какой-либо вид энергии (поле). Все дело в том, «работают» ли эти вещества и поля на нашу цель. Их «переорганизация» и «специализация» являются основной заботой изобретателя. Взаимодействие между веществами и полем обозначаются специальными символами[1].

Еще раз отметим, что веполь условен. Это своеобразная графическая модель технической системы, а еще точнее, язык, изучая который можно легче понять состояние всей технической системы. Как в капле воды отражается химический состав океана, так и в этой «молекуле» техники отражается суть изобретательской задачи. Если веполь неполный, т. е. в нем не хватает какого-либо вещества или поля, его надо достроить. Если есть хотя и полный, но неэффективный веполь, его надо развить, задействуя новые вещества или поля. Если веполь «вредный», т. е. сам порождает нежелательное явление, его надо разрушить и заменить новым. Это касается как изменительных задач, когда создается новая или совершенствуется старая система, так и измерительных задач, где требуется получить информацию о работе системы.

---

[1] Если поле входящее, то его обозначение располагают над веществами. Если поле выходящее, то его располагают под обозначением вещества.

Итак, есть веполи на создание, развитие, разрушение и измерение технической системы. С каждым из них познакомимся в следующих главах. Отметим, что развитие всех видов веполей выглядит следующим образом: неполный веполь → полный веполь → цепной (сложный) веполь → форсированный веполь (дробление, динамизация, переход к пористым веществам, структурирование вещества, согласование ритмики) → феполь → форсированный феполь, свертывание, переход в надсистему и к подсистемам. Эти эволюционные шаги отображают общую линию развития любой технической системы и наиболее полно представлены в стандартных решениях изобретательских задач (см. приложение 6).

ВЕПОЛЬ СОЗИДАЮЩИЙ

Существует изречение: «Всякое новое достойно гибели...» Парадоксальное утверждение, но вдумаемся в него. Если мы не будем заменять старое, бывшее когда-то новым, то остановимся на месте и не будем прогрессировать. Так и в технике. Новая система по мере повышения требований становится старой. Ее нужно либо модернизировать, либо создать совершенно новую. Оба пути имеют право на существование, оба диктуются экономическими условиями конкретного места и времени.

Рассмотрим, как осуществляется построение вепольной схемы для новой технической системы. Когда рождается новая система? Тогда, когда возникает потребность в ней, или тогда, когда существующая система не в состоянии выполнить новую функцию. В этом случае вепольный анализ начинается с выявления нужных веществ, полей и максимального их задействования из окружающей среды, или ближайших над- и подсистем.

Проследим это на примерах.

При сборке прибора требуется уложить в его узкий паз пружину, при этом она должна там находиться в сжатом виде до тех пор, пока не будут вставлены другие детали. Как это сделать? Никакой технической системы у вас нет. Придется создать новую.

Остановитесь и немного подумайте, прежде чем продолжать чтение.

Удалось найти решение? Если нет, то попробуем порассуждать, оперируя рассмотренными ранее правилами.

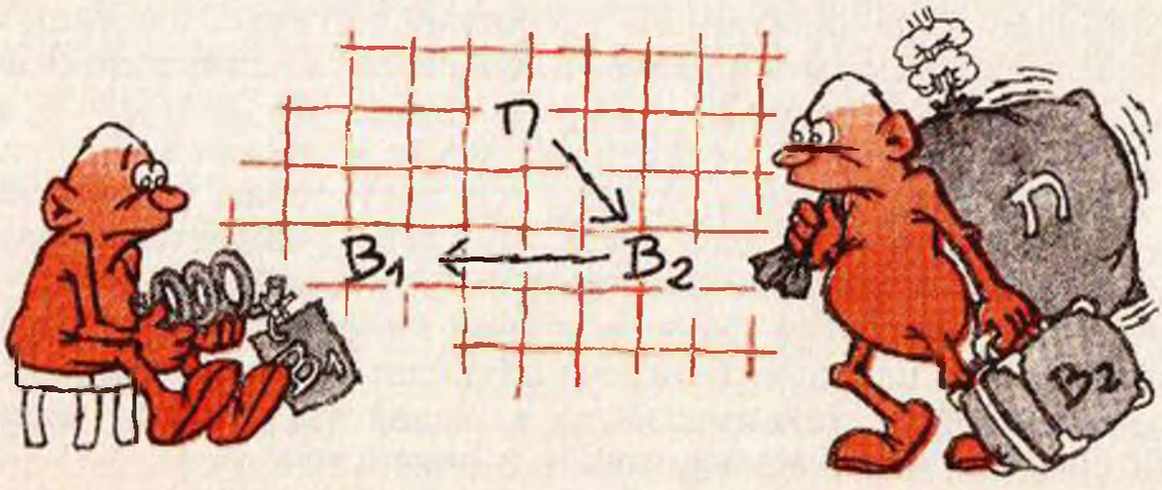
Итак, требуется создавать новую техническую систему для временного удержания пружинки в сжатом состоянии.

Идеал — пружинка сама удерживает себя некоторое время в сжатом состоянии, а затем распускается.

Физическое противоречие — пружинка должна быть сжатой и не должна быть сжатой.

Принцип — разнесение противоположных требований во времени. Собственно, он диктуется уже самими условиями задачи. Но как это сделать? Вепольный анализ показывает, что собственно технической системы нет. Есть только одно вещество B_1 — пружина. Чтобы создать систему для удержания пружины, должно быть как минимум еще одно вещество B_2 и какое-то поле $П$. Работоспособный веполь должен иметь показанный на рис. внизу вид. Какое-то поле через какое-то вещество B_2 должно воздействовать на B_1 (пружину) и удерживать в сжатом состоянии.

Решающие эту задачу в качестве B_2 обычно предлагают металлическую скобу или же какую-то нить, бечевку, удерживающую пружину в сжатом виде. Да, здесь появляется полный веполь с наличием механического поля. Но решение очень далеко от идеала — пружина сама не удерживается и не распускается. Кроме того, требуется еще какая-то дополнительная техническая система для снятия зажимов с пружины. Чтобы не решать эту новую задачу, мы должны подобрать иное вещество и поле, которые бы через определенное время сами исчезали из прибора. Что это за вещество, которое вначале «сильное, крепкое», а затем «слабое и летучее»? Таких веществ много. Одно



из них вода, под действием теплового поля она может быть льдом, жидкостью и газом. Итак, троица сформировалась, и решение стало ясным. Увлажняем пружину водой, сжимаем ее и замораживаем в таком положении. Лед удерживает витки пружины между собой. Помещенная в прибор сжатая пружина через минуту оттаивает и распрямляется, а вода сама испаряется. Все. Задача решена.

При достройке веполя всегда предпочтительно не вводить новые вещества и поля, а использовать имеющиеся в системе, при необходимости видоизменив их.

Отметим еще один важный момент в вепольных построениях на синтез системы. Веполь в качестве энергии и веществ охотно включает в себя магнитное поле и ферровещества. В этих случаях он уже будет носить имя — ф е п о л ь, который, как правило, дает более сильные решения. Это объясняется тем, что мы умеем хорошо управлять и магнитным полем, и ферромагнетиками.

Остается подкрепить сказанное примером.

Рыхление почвы обычными дисковыми культиваторами неэффективно. В прикорневой зоне почва остается нетронутой, но именно туда и желательно попадание а з о т а и з в о з д у х а и различных микроэлементов, вносимых в почву. Улучшить качество рыхления можно, максимально приблизив к корням дисковые ножи культиватора, но тогда неизбежно повреждаются корни. Как быть? Итак, B_1 — корни, B_2 — нож культиватора, $П$ — механическое поле. «Портрет» имеющегося веполя выглядит так: нож культиватора B_2 под действием механического поля неэффективно и вредно действует на корни B_1. Имеется физическое противоречие: нож должен быть рядом с корнями — и нож должен быть вдали от корней. Нужна новая техническая система для рыхления почвы. Трудно найти решение этой задачи без осознанных действий по построению вепольной схемы.

Ход возможных рассуждений может быть таким. В оперативной зоне имеется лишь одно вещество — почва. Чтобы создать новый веполь, нужно достроить систему, т. е. ввести еще одно вещество и какое-то поле.

Ранее пробовали это делать, вводя туда дисковые ножи и прикладывая механическое поле. Увы, результат неважен — взрыхление идет в сторону или рвутся корни. Используем более высокую форму веполя — феполь. Вводим в почву феррочастицы — металлические шарики, опилки, окалину. Это можно делать еще в момент высева семян в почву. Затем, когда появляются всходы, над почвой проносим магнит. Феррочастицы, увлекаемые магнитом, выходят из почвы и аккуратно взрыхляют ее в самой корневой зоне, образуя многочисленные каналы. При этом их можно будет заставить совершать сложные колебательные движения или вести по спиральной траектории. Ферромагнитные частицы можно предварительно не вносить в почву, а запускать их туда

с помощью полого сошника и тут же с помощью электромагнита вынимать из почвы по траектории, пересекающей корни растений.

Такое решение признано изобретением, и думается, что в недалеком будущем оно будет широко применяться в агротехнике, потому что соответствует законам развития технических систем.

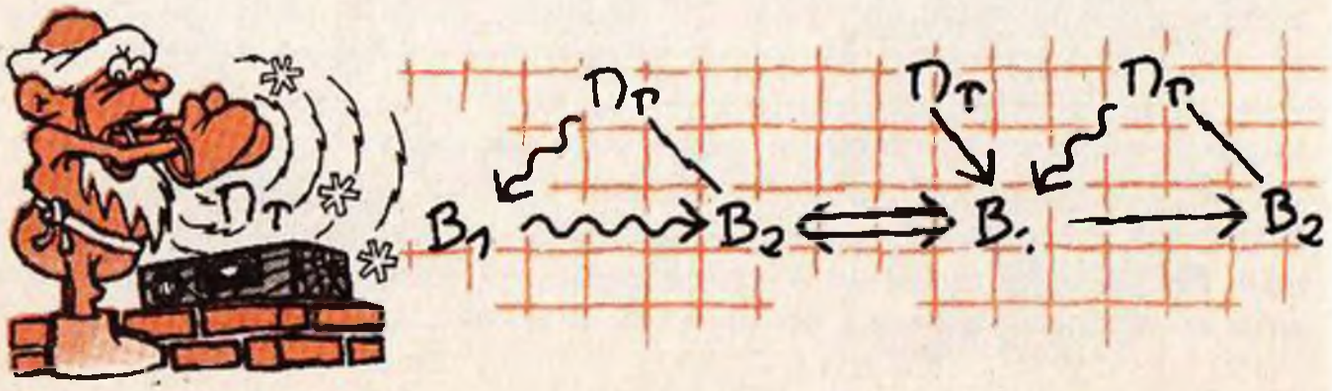
ВЕПОЛЬ РАЗВИВАЮЩИЙ

Мы всегда недовольны настоящим. Вероятно, это объективно справедливо, иначе у нас не было бы будущего. Так и с технической системой. Создана какая-то машина, но через некоторое время наши требования к ней повышаются, и мы пытаемся ее улучшить. Мы знаем, что улучшение технической системы может идти только в сторону повышения степени ее идеальности. В вепольном анализе это означает интенсификацию имеющихся веществ и полей или введение новых полей и веществ более высокого уровня развития.

Предположим, необходимо с помощью обычного жидкостного уровня проверить горизонтальность поверхности площадки, расположенной в труднодоступном месте, например в узкой нише. Установить туда уровень мы можем, но увидеть, в каком положении находится пузырек с воздухом, не удается. Вынимая уровень, сбиваем его показания. Как быть?

Выявляем физическое противоречие. Оно следующее: имеющаяся в ампуле жидкость, например вода, должна быть подвижной, чтобы пузырек воздуха мог перемещаться и показывать величину уклона, и она должна быть неподвижной, чтобы при выемке прибора сохранить его показания. Как этого достичь?

Вепольный анализ показывает: в оперативной зоне есть два вещества — жидкость B_1 и пузырек воздуха B_2. Есть также и поле $П_г$ — гравитационное, которое устанавливает жидкость строго горизонтально. Система представляет собой полный веполь, и прибор действительно хорошо выполняет свою основную функцию — замер уклонов. Но нам нужно, чтобы прибор выполнял еще одну функцию — сохранял свои показания при наклоне.



Гравитационное поле $П_г$ в этот момент вредно действует на жидкость $В_1$. Нужно перестроить веполь, ввести в него другое поле, нейтрализующее действие первого. В известном изобретении так и сделано — применено тепловое поле (см. рис. на предыдущей странице). Попеременно используем то один, то другой веполь.

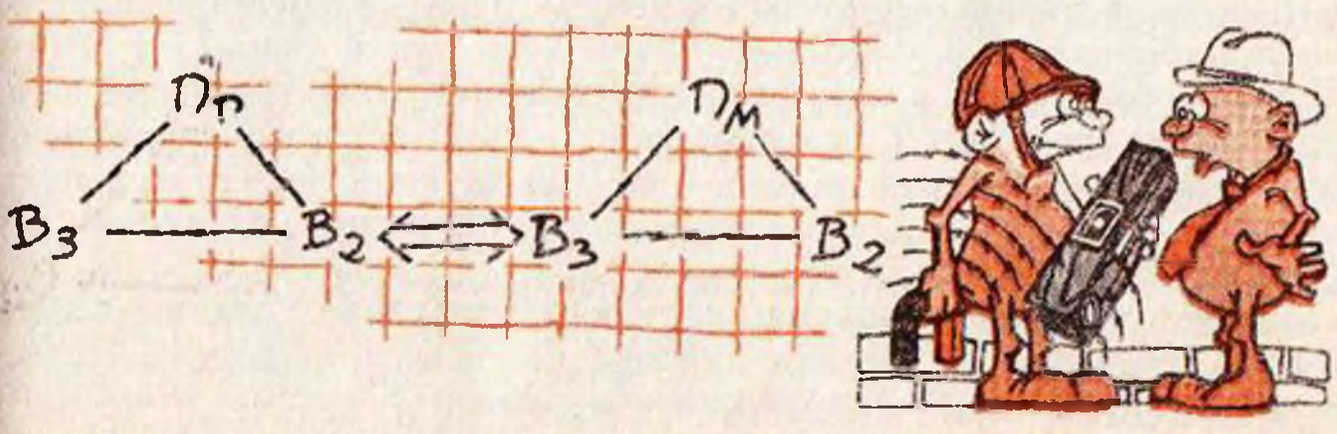
После установки уровня его просто замораживают, обдувая холодным воздухом или обкладывая сухим льдом. Жидкость в ампуле превращается в лед и удерживает пузырек на одном месте. Теперь можно вынимать прибор, его показания не собьются.

А как быть, если нужно многократно фиксировать положение пузырька в ампуле? Постоянно замораживать и размораживать прибор хлопотно. Тем более, что в ампулах, как правило, находится не простая вода, а спирт или антифриз, которые не так просто заморозить.

В этом случае мы должны форсировать веполь. Это значит, что следует ввести в систему новое вещество $В_3$ вместо $В_1$, а вместо теплового ввести другое легкоуправляемое поле, например магнитное — $П_м$. При этом $В_3$ должно быть чувствительным и к гравитационному полю, и к магнитному (см. рис. внизу страницы).

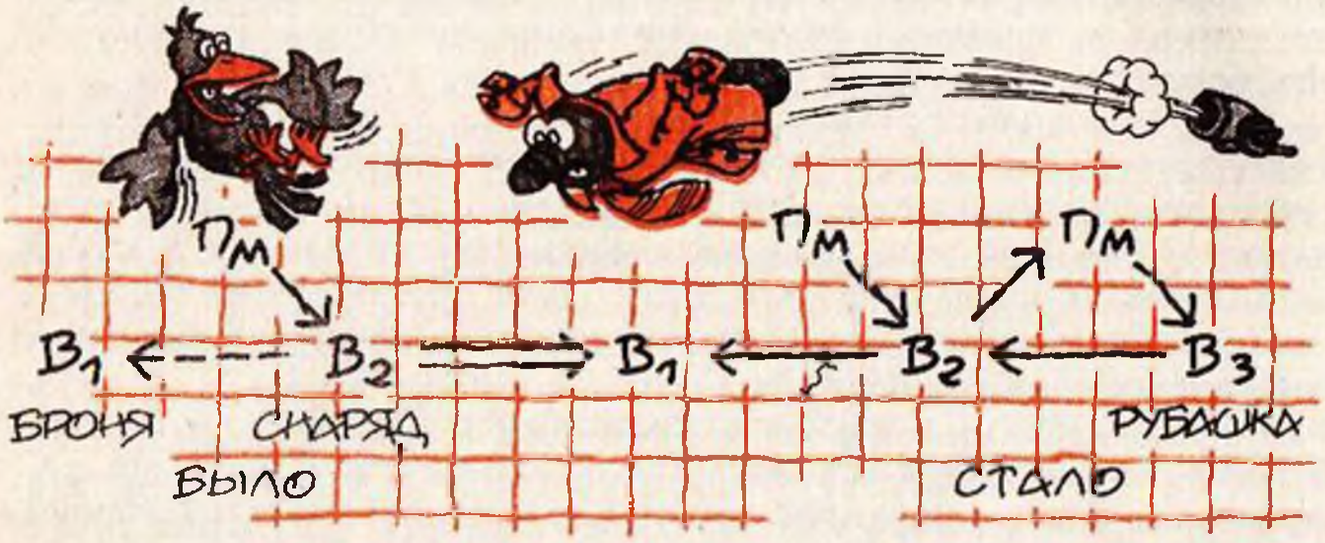
Заполняем ампулу прибора магнитной жидкостью $В_3$, которая твердеет при воздействии на нее магнитным полем $П_м$. Теперь в любой момент и в любом положении мы можем «закрепить» пузырек с воздухом и так же легко освободить его. Хотя это решение несколько усложняет прибор, но в некоторых случаях оно может быть необходимым и единственно возможным, например в различных геодезических приборах.

Обратимся и к такому примеру. Первый бронебойный снаряд отличался от обычного тем, что имел наконечник из специальной твердой стали, которая по прочности превосходила броню. Наконечник передавал механическую энергию броне, и она, не выдерживая, разрушалась. Но вот появилась броня с высокозакаленным поверхностным слоем. Наконечник соскальзывал с нее и рикошетил. Встал вопрос о том, как удержать снаряд от соскальзывания с брони. Существующий веполь не обеспечивал реализацию этой новой функции. Выход из положения: развить веполь, переведя его в цепной. Для этого наконечник нужно соединить с каким-то другим веществом, которое использовало



бы при этом то же самое механическое поле, но уже для удержания самого снаряда в момент удара.

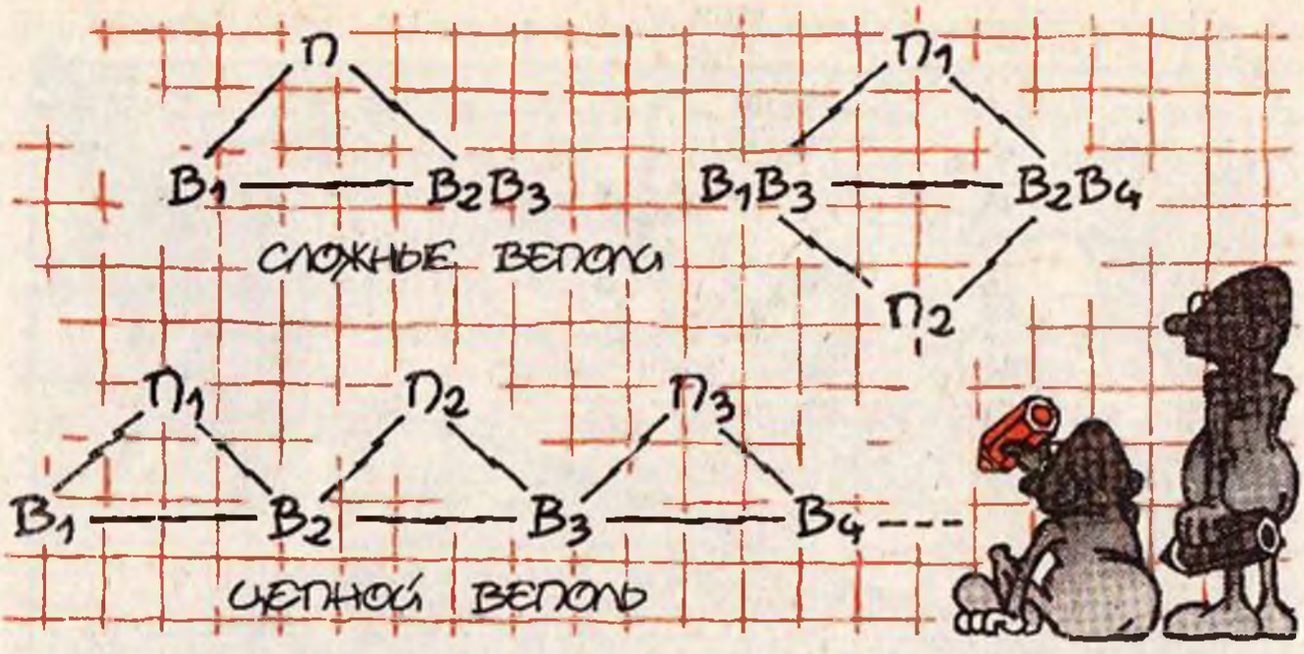
Русский адмирал Макаров первый предложил такой бронебойный снаряд, который «прилипал» к броне. Сердечник снаряда, как и раньше, выполнялся из высокопрочной стали, но имел снаружи рубашку из мягкого материала. В момент удара рубашка снималась с наконечника, превращалась в комок и прилипала к броне. Наконечник уже не мог сойти в сторону, так как со всех сторон был обжат материалом рубашки и вся его кинетическая энергия передавалась через острие на броню. Развитие веполя выглядело таким образом:



Можно и дальше развивать этот веполь, сделав рубашку или снаряд термитным, т. е. подключив новое тепловое поле. Смысл цепного веполя уже понятен, но применять его хотелось бы только в мирных целях. Кстати, для многих пробивных штампов, где есть тонкий прокалывающий стержень, так называемый пуансон, актуальна та же задача — удержать пуансон от изгиба и и соскальзывания с заготовки.

А теперь обобщим сказанное и рассмотрим линии общего развития веполей. Вначале это обычный, *простейший веполь*, обеспечивающий минимальную работоспособность системы и состоящий из трех четко обозначенных элементов — B_1, B_2 и $П$. Затем он начинает включать в свой состав дополнительные вещества или поля, становясь сложным веполем. При дальнейшем повышении требований сложный веполь перерастает в *цепной*. В этом случае к одному из имеющихся веществ подключается новое поле и новое вещество. Образовавшийся новый веполь в свою очередь может взаимодействовать с другой группой вещества и полей и т. д., образуя единую цепь для достижения поставленной цели.

Далее идет форсирование веполей (дробление, динамизация и т. д.), переход к *феполям* и, наконец, сворачивание всех веществ в одно. Когда и здесь возможности нового вещества исчерпы-



ваются, вепольная система передает свои функции в надсистему, где все повторяется сначала.

Вот вы и познакомились с языком изобретательства. Попробуем поговорить на нем.

ВЕПОЛЬ РАЗРУШАЮЩИЙ

Древние жрецы, поднимая руки к небу, восклицали: «Господи, дай мне силы изменить то, что я могу изменить. Дай мне терпение смириться с тем, что я не могу изменить. Дай мне мудрость, чтобы отличить первое от второго». Хорошая заявка на нормальный образ мышления. Вот только со второй частью этой заявки изобретателям согласиться трудно.

Терпеть и не попытаться изменить? А если веполь вредный, если он сводит на нет все наши старания по предыдущим изменениям? Здесь сам Бог велит исправить положение.

Разберем такую ситуацию. Второй день соседский кот недвусмысленно прохаживается вокруг деревянного столба, на котором висит скворечник с тревожно чирикающими птенцами. Кот явно вынашивает план своего визита к ним. Этого допустить нельзя. Как быть? Решая задачу, учтите, что кот должен остаться котом, его нельзя «видоизменять». Любые ограждения вокруг столба он легко преодолевает. Ваши предложения?

Конечно, нужно исключить возможности влезания кота на деревянный столб. Кот вонзает свои когти — B_1 в дерево — B_2 и благодаря увеличенной при этом силе трения — $П_м$ (механическое поле) совершает свое восхождение. Как видите, «работоспособность» кота обеспечена полным веполем. Нужно его разрушить. Вводим между двумя веществами — котом и столбом — новое третье поле или вещество. Можно применить запаховое поле, допустим запах собаки. Повесим на столб несколько ключ-

ков шерсти самой злой собаки — и птенцы спасены. Но запах со временем слабеет, да и кот достаточно наблюдателен, чтобы определить ложную для него опасность. Тогда попробуем между столбом и лапами кота ввести третье вещество, которое исключило бы их взаимодействие. Это может быть, например, кусок жести, обернутый вокруг столба. Он обеспечит недосягаемость птенцов.

А вот задача совсем из другой области. Днище бочки, в котором перемешивается абразивная паста, истирается за несколько дней. И даже установка броневых плит из особо твердых сплавов не дает положительного результата.

Здесь явно виден «хорошо» работающий веполь на разрушение. Его действие нужно нейтрализовать, сохранив процесс перемешивания. Для этого на днище бочки приваривают невысокие ребра так, чтобы они образовывали карманы. Набившаяся в них паста будет неподвижной, принимая на себя истирающее действие перемешиваемой пасты. Теперь днище можно делать хоть из фанеры. Оно будет вечным.

Сформулируем основные правила разрушения вредных веполей.

Правило 1. *Если одно вещество вредно действует на другое, то между ними вводят третье вещество, при этом желательно, чтобы оно было видоизмененным состоянием одного из двух имеющихся.*

Для примера приведем эпизод из Великой Отечественной войны. Партизаны минировали железнодорожные пути, чтобы подрывать немецкие эшелоны с военной техникой. Операции шли успешно. Но однажды немцы привезли дрессированных собак, которые по запаху определяли местоположение взрывчатки.

Начал работать веполь на обнаружение. Взрывчатка B_1, собака B_2 и поле — запах самой взрывчатки. Конечно, для парти-

зан это был вредный веполь, и его надо было разрушить. Что они сделали? Воспользуйтесь правилом, и вы узнаете их решение. Совершенно верно, они ввели еще одно поле, которое оттягивало на себя вредное действие B_2 (собаки). Для этого поверх путей на большом расстоянии посыпали взрывчатку, а саму мину закапывали под шпалу. Поди узнай, где она лежит, если кругом пахнет взрывчаткой.

Правило 2. *Если поле вредно действует на вещество, то между ними вводят второе поле, нейтрализующее действие первого, или его вредное действие оттягивают на третье вещество.*

Покажем на примере реализацию первой части этого правила.

Тяжело нагруженные зубчатые колеса, образующие зубчатую пару, посредством своих зубьев взаимодействуют между собой и интенсивно изнашиваются. Предложено встроить в зубья шестерен магниты, обращенные друг к другу одноименными полюсами. Зубья будут передавать давление, но не будут касаться друг друга, так как силы отталкивания при сближении магнитов достигают огромных величин. Такая зубчатая передача практически вечна и не требует смазки.

Проверьте это явление. Возьмите в руки магниты и попробуйте сблизить их одноименными полюсами. Как бы вы их ни сдавливали, между ними всегда будет зазор, хотя давление передаваться будет.

А вот и пример ко второй части правила.

Для защиты емкостей с водой от разрыва при замораживании в воду помещают эластичный предмет, например мяч, полый шланг и т. п. Поле давления расширяющейся при замерзании воды сжимает это третье вещество, а стенки емкости остаются целыми. Садоводы давно пользуются этим приемом. Чтобы бочку с водой не разорвало зимой, они опускают в нее несколько сухих досок.

ВЕПОЛЬ ИЗМЕРЯЮЩИЙ

Нам всегда приходится что-то измерять. Существует даже целая наука — метрология. Но в изобретательстве задачи на измерение или обнаружение стоят в особом ряду. Дело в том, что изобретатели всегда стремятся превратить задачу на измерение в задачу на изменение. Это соответствует основному закону развития техники — идеальности, согласно которому система должна сама себя обслуживать и не требовать каких-то измерений, которые чаще всего нужны только для внесения необходимых поправок в ее работу. По этой причине наличие измерительных задач есть признак несовершенства системы.

Мы поступим неверно, если сразу начнем решать задачу на измерение, не убедившись в невозможности ее перевода в изменительную задачу или хотя бы в обнаружительную. Ведь всегда легче просто обнаружить отклонение от нормы, чем замерять не-

личину этого отклонения, которая часто ни о чем не говорит и никому не нужна.

Но если все же приходится измерять, попробуйте поручить эту работу уже имеющимся в системе элементам, так сказать «по совместительству». Многофункциональность — первый признак повышения степени идеальности. А из элементов выбирайте те, которые непосредственно находятся в зоне возникновения измерительной задачи, и выделяемые ими поля (сигналы) используйте как источник информации.

Вот пример. Температуру подшипника скольжения можно узнать, подключив достаточно чувствительный вольтметр к корпусу вкладыша и к его антифрикционному слою. Эти два вещества образуют термопару, а она вырабатывает ЭДС в зависимости от температуры. Теперь заметим, что если в обычном изменительном веполе требуются, как минимум, два вещества и одно поле, то в измерительном, кроме веществ, обязательно наличие не одного, а двух полей. Одно из них будет входящим в вещество, другое — выходящим из него, и это выходящее поле несет необходимую информацию, которая принимается отдельной технической системой или непосредственно человеком.

Входящее в систему поле может проходить через одно или сразу два и более веществ, но в любом случае оно должно как-то видоизменяться, чтобы на выходе по этим изменениям можно было судить о происходящих событиях.

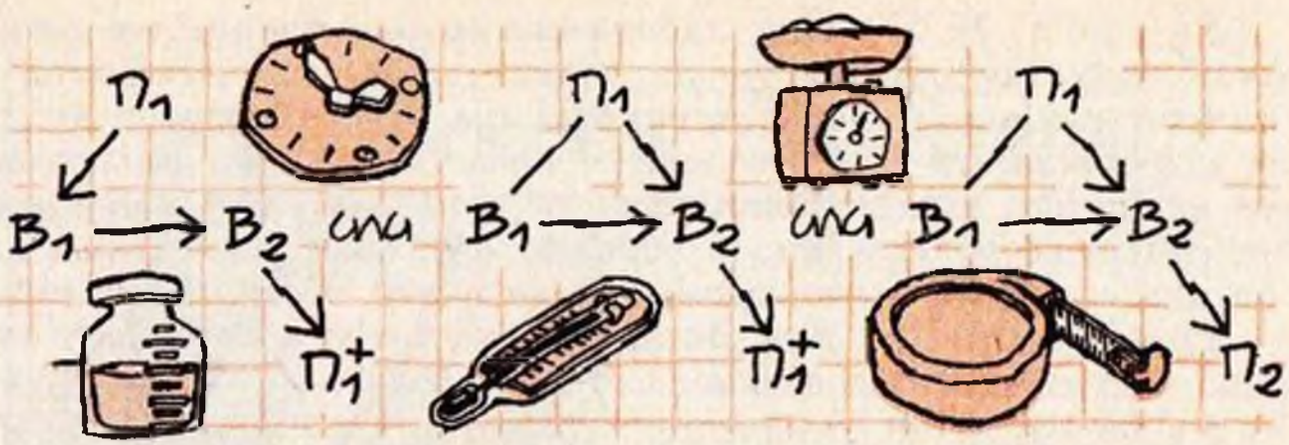
В измерительном веполе входящее поле может так воздействовать на имеющиеся в системе вещества, что они начнут испускать совершенно новые поля, которые и будут нести нужную информацию. Например, при нагреве стальной заготовки нужно определить момент мартенситных превращений (когда кристаллическая решетка материала переходит из одного состояния в другое). Конечно, это можно сделать, измеряя температуру заготовки, но опытные металлисты поступают иначе. В момент мартенситных превращений цвет заготовки резко меняется, она как бы выбрасывает яркий пучок света. И здесь мы имеем два вещества в заготовке — железо и углерод, входящее поле — тепло и выходящее поле — свет, которое порождено веществами.

Более простой пример. Для того чтобы узнать, не перегрелась ли букса железнодорожного вагона, ее поверхность покрывают термочувствительной краской. При нагреве краска меняет цвет, и это улавливается специальными фотоприемниками или обнаруживается осмотрщиками вагонов. Принцип веполя на измерение остается тот же.

Графически такие простые измерительные веполи выглядят так, как показано на рисунке.

Попробуйте узнать эти веполи в приведенных выше примерах.

Синтез и развитие измерительных веполей идет аналогично изменительным. Хочется обратить внимание на следующее яв-



ление, которое хотя и присуще всем видам веполей, но особенно проявляется в измерительных.

Если в задаче дан веполь с полем $П_1$, а на выходе нужно получить $П_2$, то название нужного физического вещества можно узнать, соединяя название полей $П_1$ и $П_2$. Это очень ценная рекомендация, следование которой позволит значительно сократить поиск вещества и найти нужный физический эффект.

А теперь, как обычно, попробуем применить наши знания для самостоятельного решения задач. Рекомендуем вначале определить, к какому классу веполей относится задача, еще раз прочитать соответствующий ей раздел в тексте и решать задачу, следуя правилам.

З а д а ч а № 50. *Как определить направление движения холодной воды в закрытом стальном трубопроводе?*

З а д а ч а № 51. *В трескучий мороз вы прибежали в школу. Первый урок — химия. Учитель, показывая на стол, где стоят две колбы, наполовину заполненные водой, говорит: «В этих колбах совершенно одинаковые по плотности жидкости, но разные по цвету — одна красная, другая синяя. Нужно эти жидкости слить в одну колбу так, чтобы они не перемешались между собой, т. е. синяя жидкость должна быть снизу, а красная сверху. Как это сделать?*

З а д а ч а № 52. *Дрессировщики зверей делают такой трюк. Просят льва открыть пасть и суют туда свою голову. Для царя зверей это издевательство и оскорбление достоинства. Ему ничего не стоит расколоть как орех голову смельчака, но он никогда не сделает этого. Почему?*

З а д а ч а № 53. *Как определить начало закипания жидкости в закрытом сосуде?*

З а д а ч а № 54. *Как пробить швейной иглой медный пятак?*

З а д а ч а № 55. *При опылении растений пчелы переносят пыльцу одного цветка на другой. Чем больше перенесенной пыльцы, тем качественнее опыление. Как можно увеличить эффективность переноса?*

З а д а ч а № 56. *Как предохранить темное стекло сварочной маски при попадании на него брызг расплавленного металла?*

Задача № 57. *При лабораторных испытаниях на прочность пористый образец пропитывают водой, замораживают и снимают все необходимые характеристики. Затем повторяют те же испытания, но уже без льда в порах материала. Естественное испарение льда (сублимация) — очень длительный процесс. Требуется, не размораживая образец, в течение нескольких часов или минут удалить из его пор весь лед. Как это сделать?*

Задача № 58. *Как аккуратно и точно просверлить отверстие в трубке, изготовленной из тонкой полиэтиленовой пленки?*

Задача № 59. *В качестве эталона прямолинейности удобно использовать тонкую натянутую проволоку... Но под действием притяжения Земли проволока хоть немного, но прогибается. Поскольку это эталон, то даже малейшие прогибы недопустимы. Как устранить этот недостаток? Эталон должен оставаться проволочным и располагаться горизонтально.*

Задача № 60. *Петр I спешно создавал российский флот. Он строил корабли и зимой и летом. Если летом спуск построенных кораблей с берега в воду по дощатому наклонному настилу проходил нормально, то зимой возникали сложности. Набрав скорость, корабль со всего размаху врезался в лед. Лед, даже тонкий, наносил деревянным корпусам кораблей значительные повреждения. Можно было предварительно делать большие полыньи, но это была длительная и утомительная работа. Российские корабелы научились спускать корабли зимой на лед без ущерба для деревянных корпусов. Как им удалось это сделать?*

Задача № 61. *Всем хорош пневмотранспорт цемента. Увлекаемый воздухом, цемент с огромной скоростью мчится внутри трубопровода на дальние расстояния. Вот только поворотные участки трубопровода изнашиваются очень быстро. Из-за этого приходится останавливать пневмотранспорт и заваривать дырки. Попробуйте освободить ремонтную службу от этой работы.*

Задача № 62. *Однажды один шпион ночью пробрался в комнату, где хранились секретные документы. Накрывшись плащом, он с помощью фотовспышки сфотографировал документы, а на оставшиеся кадры снял помещение. Проявив пленку, он с ужасом обнаружил, что кадры, на которых должны быть изображены документы, безнадежно засвечены. Зато последние кадры получились отлично. Как это могло произойти?*

Задача № 63. *Как определить момент затвердения (схватывания) бетонной смеси?*

Задача № 64. *На туристских слетах проводятся соревнования на скорость разжигания костра. Предложите прóстой и надежный прибор, позволяющий определить победителя.*

Задача № 65. *Предложите компас для слепых.*

Задача № 66. *В зимний период стенки морского причала обледеневают, что затрудняет причаливание судов. Приходится круглосуточно ломами скалывать лед. Предложите устройство для скалывания льда со стенок морского причала.*

Наука движется толчками в зависимости от успехов, делаемых методикой.

И. Павлов

Однажды вождь индейского племени сироков — Секвойя, в честь которого названо самое высокое дерево в мире, позвал своих соплеменников и сказал: «Сейчас моя дочь находится в другом месте и не может слышать нас, но через некоторое время она войдет, возьмет эту бумажку и слово в слово повторит то, что мы здесь говорили». Вождь вышел. Высокие гости недоверчиво покачивали головой: где это видано, чтобы слова явились снова, если их хозяин ушел или молчит? Но вот напряженная тишина сменилась гулом удивления: дочь вождя, поглядывая на листок, слово в слово повторяла то, что говорилось здесь в ее отсутствие.

Это казалось невероятным. Слова должны были давно улететь или раствориться в воздухе, но они каким-то образом поселились на бумаге... Такое не укладывалось в сознании индейцев.

Так Секвойя впервые демонстрировал разработанную им для своего народа письменную грамоту, основанную на законах фонетики родного языка.

Есть своя грамматика и в изобретательстве. Частично вы уже с ней познакомились: это вепольный анализ — взаимодействие веществ и энергетических полей в системе.

Но, как и везде, человек, научившись делать что-то, присматривается к своим действиям, пытаясь выявить в них однотипные, повторяющиеся элементы. Как правило, он находит их, и тогда работа ускоряется. Это так называемые стандартные элементы труда. Есть они и в изобретательстве, точнее, в вепольных преобразованиях.

Изобретение и стандарт... Для многих это словосочетание звучит если не оскорбительно, то слишком вольно. Так и слышится голос взволнованного скептика: «Изобретательство — это свободный полет мысли! Это вдохновение! Это, если хотите, высший дар! А вы низводите эти высокие понятия до какого-то «стандар-

та». Вы что, и впрямь считаете, что изобретать можно, поглядев в какую-то шпаргалку?»

Действительно, трудно вот так сразу принять мысль, что изобретательство — это не дар свыше, а обыкновенная работа по умелому применению известных законов природы и законов развития технических систем.

Но, как и физические законы, которые одинаково проявляются в различных ситуациях и позволяют предсказать (рассчитать) дальнейшее развертывание событий где-либо, законы развития техники едины для всех ее систем и также позволяют предсказать (рассчитать) «поведение» ее элементов. На этом и основаны стандарты, несущие в себе сконцентрированный опыт миллионов изобретателей.

Вот перед вами несколько задач. Ознакомьтесь с ними.

Как уменьшить расход масла, которое на хлебозаводе идет на смазывание рабочих поверхностей технологического оборудования, чтобы к ним не прилипали заготовки из теста?

Ковш роторного экскаватора, работающего в глиняном карьере, постоянно забивается глиной. Как поднять производительность экскаватора?

Как облегчить съем металлической опалубки, прихваченной к застывшей бетонной смеси?

Как увеличить скорость забивания металлической сваи в плотные водонасыщенные грунты?

У вас уже готов ответ? Нет? А ведь все эти задачи и десятки подобных им решаются одним стандартом!

В рассматриваемых случаях присутствуют два конфликтующих между собой вещества (тесто — оборудование; глина — ковш; свая — грунт; бетон — опалубка), которые под воздействием межмолекулярных сил (поле адгезии) вредно взаимо-

действуют друг с другом. Нужно разрушить этот вредный вещество.

Открываем раздел стандартов на разрушение веполей и видим, что все эти, казалось бы, разные задачи (!) попадают под один стандарт 1.2.2 (с. 197) и под одну рекомендацию по его применению 5.1.1 (с. 205). Прочитайте эти стандарты и подумайте. Кстати, и думать-то особенно не приходится. Стандарты недвусмысленно рекомендуют: введите третье вещество, желательно, чтобы оно было изготовлено из имеющихся.

Следует еще более точное указание: пропустите через имеющиеся вещества электрическое поле. В результате электроосмоса между ними образуется прослойка воды, которая исключит прилипание между собой конфликтующих элементов.

В основе решения всех этих задач и ряда им подобных лежит общее физическое явление, на которое указали стандарты.

Приведем еще ряд задач, которые в принципе имеют одинаковое, стандартное решение:

Как определить, сломалась ли свая при ее забивке в землю?

Как определить несущую способность стойки шахтной крепи?

Как определить величину загрузки барабанной мельницы?

Как определить нагруженность строительной балки здания?

Как определить скрытую трещину в изделии?

Как определить, сколько деталей взял с собой самоходный робот, перенося их с одного участка на другой?

Как определить величину износа токарного резца?

Как видите, задачи взяты из различных областей техники. Объединяет их то, что все они относятся к одному классу — измерения.

Посмотрите приложение 6. Там изложены стандарты 4.3.2 и 4.3.3 — на синтез измерительных систем и форсирование измерительных веполей. Изучив их, вы придете к выводу, что изложенные выше задачи решаются с использованием одного и того же физического явления — изменение частоты собственных колебаний при изменении массы или габаритов. Замеряя датчиком частоту собственных колебаний и сравнивая ее с эталонной, можно узнать, цела ли свая, надежна ли стойка шахтной крепи, как загружена мельница, не сломается ли строительная балка, есть ли трещина и, наконец, как загружен робот. У всех изделий собственные колебания резко меняются при отклонении массы от нормы.

Все! Как говорится, одним ударом семерых...

Однако излишне смело сегодня утверждать, что стандартам подвластны все задачи. Этот инструмент находится в стадии развития, и по мере познавания законов развития технических систем он набирает все большую силу.

Чем же отличаются стандарты от приемов устранения технических противоречий, с которыми вы уже познакомились?

Если приемы показывают только общий путь и довольно об-

ширную область, где может быть найдено решение, то стандарты рекомендуют конкретные действия, необходимые для восстановления работоспособности этой системы или синтеза новой. Кроме того, стандарты, как правило, дают не единичный прием, а их сочетание на основе физического эффекта. Это уже качественно увеличивает возможность выхода на экономическое решение.

Стандарты делятся на пять больших классов:

1. Построение и разрушение вепольных систем.
2. Развитие вепольных систем.
3. Переход к надсистеме и на микроуровень.
4. Стандарты на обнаружение и измерение систем.
5. Стандарты на применение стандартов.

Каждый из этих классов разделен на подклассы и группы.

Для решения задачи необходимо вначале уточнить ее вепольную формулу, т. е. выяснить, к какому классу стандартов относится задача, выявить подкласс и группу. Особо следует обратить внимание на пятый класс стандартов. Он применяется тогда, когда возникают сложности с поиском недостающих веществ или полей. Этот класс повышает степень идеальности создаваемой технической системы, так как направлен на максимальное задействование имеющихся в системе вещественно-полевых ресурсов.

А теперь попрактикуемся в решении задач. В вашем распоряжении подсказки в конце книги.

З а д а ч а № 67. *В закрытом сосуде, наполовину заполненном жидкостью, идет химическая реакция с образованием пены. Нужно разрушить эту пену. Для этой цели раньше были предусмотрены вращающиеся лопатки с электроприводом. Теперь, когда сосуд стал герметичным, этот способ неприемлем. Как быть?*

З а д а ч а № 68. *В глубокую скважину опустили взрывчатое вещество и подорвали его. Под землей образовалась обширная полость. Как определить ее объем?*

З а д а ч а № 69. *Из-под кожуха шлифовального станка, установленного в помещении, выбивается пыль. Частицы ее так малы, что часами висят в воздухе, дышать которым становится вредно. Ни один фильтр не удерживает эту пыль. Как очистить воздух от пыли?*

З а д а ч а № 70. *Внутренняя поверхность труб покрывается отложениями транспортируемого материала. Возникает необходимость периодической чистки. Как, не разрушая трубу, вести контроль за величиной отложений?*

З а д а ч а № 71. *Нужно изготовить для лаборатории керамический сосуд, в стенках которого имеются каналы сложной формы. Для этого еще при формировании изделия в него вкладывают проволоку нужного диаметра и после обжига ее вытягивают. Эта технология неприемлема, если диаметр каналов не более 0,01 мм,— при вытягивании из таких каналов проволоки она рвется. Как быть?*

Задача № 72. *В сосуде нужно отшлифовать внутренние стенки каналов (см. задачу № 71). Когда каналы были достаточно большого диаметра, в них вводили соответствующих размеров шлифовальный наконечник и вращали его с помощью гибкого вала. Для шлифования капиллярных каналов этот инструмент явно не годится. Что вы можете предложить?*

Задача № 73. *И снова проблема с сосудом (см. задачи № 71—72). Появилась необходимость иметь у самого края горловины сосуда несколько отверстий. Как их сделать? Ведь керамика — материал хрупкий.*

Задача № 74. *При испытании бетонного образца на прочность его сжимают. Как обнаружить момент появления первой трещины, даже если она образовалась внутри образца?*

Задача № 75. *При изготовлении ватного одеяла пушинки ваты пристают к его поверхности. Очистка щетками — очень трудоемкая и малопроизводительная операция. Предложите способ быстрой очистки поверхности одеяла от пушинок.*

Задача № 76. *Ученые, как правило, мужественны и находчивы во всех случаях жизни.*

Однажды сибирский ученый-химик работал у себя в лаборатории. Вдруг приступ изжоги заставил его привычно взвесить порцию соды и принять ее. Но вместо обычного улучшения ученый почувствовал, как руки и ноги постепенно утрачивают свою гибкость. Коченеющими руками он быстро сделал анализ принятого порошка и с ужасом узнал, что это была не сода, а сильная щелочь. От принятой дозы химиката отравление и смерть казались неминуемыми. Руки уже совсем отказывались повиноваться, но работала голова. Быстро оценив обстановку, ученый принял невиданное по смелости решение. Как вы думаете, что это было за решение?

Задача № 77. *Две стеклянные пластины расположены одна над другой. Их поверхности нагревают горячим воздухом. Нужно дождаться, когда поверхности стекол «потекут», и в этот момент сжать их. Так получают некоторые оптические элементы. Предложите устройство, сигнализирующее с высокой точностью момент расплавления поверхности стекла.*

Выход из затруднительного положения чаще всего бывает там, где был вход...

Карел Чапек

Любопытная история с паровыми котлами произошла в конце прошлого века. Один российский предприниматель закупил в Англии станки и паровую машину с котлами. Оборудование довезли до реки, на противоположном берегу которой была фабрика владельца. И тут спохватились: как переправить через реку тяжелое оборудование, которое не выдержит паром? Заморский инженер, сопровождавший груз, предложил построить мост. Прикинули — оказалось, что мост будет намного дороже нового большого парома, но удобнее. Фабриканту предстояли расходы, он крепко задумался. Перед растерявшимся фабрикантом появился простой мужичонка в замасленной куртке и предложил простейший выход.

— Я переправлю вашу машинерию на тот берег и недорого возьму.

Переглянулись инженер с хозяином, усмехнулись недоверчиво, но все же согласились. Взял мужик топор, срубил молодую березку и давай тесать пробки. Этими пробками он забил все дырки в котлах, затем скатил их в реку. Там прочно связал все котлы и велел ставить на этот «плот» машину. Затем прицепил свое изобретение к парому и благополучно доставил до противоположного берега...

С точки зрения изобретателя, ничего необычного не произошло — были задействованы вещественно-полевые ресурсы, т. е. способность котла плавать по поверхности воды. Но это свойство нужно было увидеть и использовать.

Примеры максимального задействования ресурсов дает нам природа.

Обычная живая клетка является уникальной саморазвивающейся системой, которая использует для своей деятельности почти все виды окружающей ее энергии, начиная от гравитационной и заканчивая рассеянным атмосферным электричеством.

Особо изобретательными в области использования ресурсов

окружающей среды являются представители животного мира. Вот только один пример. Рыба-удильщик, обитающая в морских глубинах, обычно лежит на дне и приманивает своих собратьев кусочком мясистой кожицы, который болтается на кончике острого шила, выступающего из верхней челюсти хищницы. Прежде чем наивная жертва осознает свою ошибку, она уже оказывается в желудке охотницы — ведь та обладает способностью с огромной скоростью распахнуть пасть так, что она увеличивается в 12 раз. При этом внутри пасти создается настолько сильно пониженное давление, что добыча стремительно всасывается в нее, как пылесосом. Удильщик научился здорово использовать ресурс надсистемы — гидростатическое давление воды.

В природе принципиально невозможен случай, чтобы какое-либо вещество или энергия оставались неиспользуемыми. Долгое время считали, что азот, имеющийся в воздухе в объеме почти 70%, является нейтральным газом и для человеческого организма не нужен, а углекислый газ вообще вреден. Сейчас выясняется, что это заблуждение. Углекислый газ принципиально необходим для дыхания, это именно он включает и регулирует дыхательный центр в нашем организме. Это открытие позволило создать новый эффективный метод лечения легочных и других заболеваний.

В обитаемых космических станциях американцы вначале создавали атмосферу, состоящую только из чистого кислорода. Но вскоре выяснилась ее непригодность. Космонавты быстро уставали и заболевали. Создали копию природной атмосферы, т. е. ввели азот и углекислый газ, и самочувствие людей стало нормальным. Значит, организм использует азот. Зачем он ему? Это еще предстоит выяснить. По этому поводу недавно в одной из газет появилась вот такая любопытная информация: «Замечено, что в течение всей своей жизни папуасы Новой Гвинеи ежедневно потребляют около 25 г белка, а расходуют в полтора раза больше. Что за чудеса?! После длительных и кропотливых исследований обнаружилось, что недостающий белок папуасы получают из... воздуха. Дело в том, утверждают ученые, что у аборигенов Новой Гвинеи в результате сочетания различных факторов некоторые бактерии в желудке начали фиксировать азот воздуха и вырабатывать из него белок».

Нужно учиться у природы разумному использованию вещественно-полевых ресурсов. Ведь отходов, в обычном понимании этого слова, у природы нет. Все используется, все перерабатывается. Отжившее дерево служит удобрением для нового. Павшее животное идет в пищу стервятникам и т. д. Выявлено, что даже ветровые колебания ветвей и ствола дерева используются для движения соков.

Анализируя тенденции в развитии современной техники, надо заметить, что и сам человек хотя и медленно, но неуклонно начинает преобразовывать ее из системы, «покоряющей» и «по-

беждающей» природу, в систему, согласующуюся с ней. А это возможно лишь при условии сохранения и задействования готовых природных элементов. В конце концов техническая система постепенно должна стать неотличимой от природной. В Японии уже выпущены наручные часы, которые для своей работы используют тепло руки человека. Созданы телефонные аппараты, использующие акустическую энергию голоса говорящего. Такой аппарат может работать на дистанции более чем 50 км.

Индийские ученые утверждают, что кокосовые и другие пальмы могут успешно заменить обычные телевизионные антенны. Положительный итог этих экспериментов позволяет надеяться, что в Индии стройная пальма вскоре заменит уродливый лес антенн на крышах домов. Во всем мире уже приступают к серийному производству автомобилей, которые для своего движения используют солнечную энергию.

Все эти примеры приведены с единственной целью — показать, что не может быть хорошего технического решения, если изобретатель не анализирует имеющиеся в системе вещественно-полевые ресурсы и не использует их. Порой мы упорно ищем на стороне вещество, чтобы достроить нужный веполь, а оно уже есть в самой системе. Мы мучаемся, подбирая какое-либо энергетическое поле, а оно, оказывается, тоже есть в этой системе. Жаль, что такие откровения приходят иногда слишком поздно.

Вот интересная с этой точки зрения история. Полтора года проектировался прибор для обнаружения личинок вредителя внутри зерна. Были использованы самые современные достижения техники и науки, но удовлетворительного результата не было. Наконец догадались проанализировать систему «зерно — личинка» с позиции имеющихся информационных ресурсов. Выяснили, что личинка, жующая зерно, издает какие-то звуки. Есть полный

обнаружительный веполь: B_1 — зерно, B_2 — личинка, $П$ — поле звуковое. Остается пододвинуть к зерну чувствительный микрофон — и мы услышим в динамике скрежет челюстей вредителя.

Многие согласятся с тем, что совершенство не там, где нечего прибавить, а там, где нечего отнять. Именно с этих позиций следует подходить и к технической системе. Всякое усложнение техники при сохранении прежней функции приводит, как правило, к ее удорожанию и понижению надежности. Не зря американцы, характеризуя слабого конструктора, говорят: «Он недостаточно умен, чтобы сделать вещь простой».

Простота решения определяется лишь одним показателем — величиной задействования имеющихся в системе, подсистеме и надсистеме ресурсов: в первую очередь отходов или вредных ресурсов, затем избыточных и лишь в последнюю очередь полезных. Мы же, к сожалению, часто поступаем наоборот. Например, чтобы разбросать микроэлементы, которые нейтрализуют на почве вредные вещества, выбрасываемые в воздух промышленными предприятиями, используются самолеты и вертолеты. Это сложно, дорого, а главное — неэффективно. Когда микроэлементы непосредственно ввели в поток выбросов, их эффективность резко повысилась, при этом не понадобилось какой-либо сложной техники. Сами выбросы стали служить транспортным средством.

Анализ вещественно-полевых ресурсов и рассмотрение их вепольных характеристик позволяют не только находить новые технические решения, но и объяснить многие, казалось бы, загадочные явления и события, происшедшие в истории человечества. С попытками раскрыть некоторые такие тайны вы познакомитесь дальше.

А сейчас, как обычно, задачи для самостоятельного поиска вещественно-полевых ресурсов.

Задача № 78. *В одном из музеев наибольший интерес у посетителей вызывали старинные часы. Особенность была в том, что их никто никогда не заводил, но тем не менее они в течение вот уже более двух столетий исправно отсчитывают время. Как это может быть? Откуда часы берут энергию? Проанализируйте вещественно-полевые ресурсы внешней среды, в которой находятся эти часы.*

Задача № 79. *Как, задействуя вещественно-полевые ресурсы, сделать обувь лыжника самоподогревающейся?*

Задача № 80. *Всем знакомо устройство для сушки рук нагретым воздухом, так называемое «Электрополотенце». Встроенный в него вентилятор засасывает холодный наружный воздух, гонит его через ряд нагретых электроспиралей и выталкивает наружу. Используйте имеющиеся в системе вещественно-полевые ресурсы так, чтобы при той же эффективности устройства значительно уменьшить потребление электроэнергии, которая идет на подогрев воздуха.*

Задача № 81. *На выходящий из пневмоцилиндра шток попадает пыль и грязь. Уплотняющие манжеты и сам шток быстро изнашиваются. Установить какой-либо защитный чехол не представляется возможным. Как исключить повышенный износ штока и манжет, используя имеющиеся в системе вещественно-полевые ресурсы?*

Задача № 82. *Поршень двигателя внутреннего сгорания при рабочем ходе, взаимодействуя с шатуном, усиленно прижимается к одной стороне цилиндра. В результате происходит односторонний неравномерный по окружности износ цилиндра и самого поршня. Устраните этот недостаток, используя имеющиеся вещественно-полевые ресурсы.*

Задача № 83. *Определите глубину буровой скважины с находящимися в ней бурильными трубами и промывочной жидкостью.*

Задача № 84. *В плотине Братской ГЭС встроены два маятниковых отвеса, которые контролируют положение корпуса плотины. Один отвес «прямой», т. е. трос прикреплен к верхней точке плотины, а внизу находится свободный конец с указателем. Трос всегда расположен вертикально, вниз к земле. В случае любой подвижки или наклона плотины это немедленно обнаруживается. А вот другой отвес — обратный. Его трос закреплен в самой нижней точке плотины, а указывающая стрелка находится наверху. Однако и он при любом наклоне плотины строго сохраняет свою вертикальность по отношению к земле. Как устроен этот обратный отвес-маятник? Длина маятников несколько десятков метров.*

Задача № 85. *Как очистить длинную проволоку от ржавчины, не применяя никаких специальных щеток или приспособлений?*

Задача № 86. *В сушильный аппарат по ленточному транспортеру подается влажная глина. Как предотвратить загрязнение ленты глиной и ее проскальзывание на ведущих барабанах?*

Задача № 87. *По наклонному лотку скатываются кнопки острием вверх. Некоторые из кнопок расположены острием вниз. Нужно обнаружить неправильно лежащие кнопки и повернуть их. Как это сделать?*

Задача № 88. *Это случилось в прошлом веке. При строительстве железной дороги на ровном месте оказался огромный валун. Запрягли всех лошадей, но оттащить камень не удалось. Изменять трассу железной дороги нельзя. Как быть?*

Задача № 89. *Робинзон Крузо нашел пустую консервную банку и сказал: «Теперь я не буду просыпать утреннюю рыбалку. Я сделаю из этой банки будильник, который разбудит меня утром человеческим голосом». Как это можно сделать?*

Нет, нет, переменный ток — это вздор, не имеющий будущего. Я не только не хочу осматривать двигатель переменного тока, но и знать о нем не желаю!

Томас Эдисон

ГОСПОЖА ИНЕРЦИЯ МЫШЛЕНИЯ

Однажды шимпанзе научили тушить огонь водой из бачка. Новый «пожарник» резво бегал к бачку, зачерпывая кружкой воду и выплескивая ее в огонь. И каждый раз этот геройский поступок поощрялся лакомством.

Но вот шимпанзе поместили на узкий длинный плот, стоящий на середине озера, и повторили опыт. «Специалист» по тушению морских пожаров не растерялся. Балансируя по скользким бревнам, утопающим в воде, он без устали бегал с кружкой от огня к знакомому бачку, стоящему в конце плота. Вот, по желанию каверзных экспериментаторов, плот разделился — огонь и бачок оказались на разных его половинках. Суетливо забегал «пожарник» по краю своей горящей половины, протягивая пустую кружку к, увы, уже недосягаемому бачку. В отчаянии шимпанзе стал жадно пить выступающую из-под его ног воду. Для него это была вода для питья. Вода для тушения огня находилась совсем в другом месте...

С иронией человек наблюдает за такими действиями своего «младшего брата». Конечно, он никогда так не поступит. Это же очевидно: если вода у тебя под ногами, ее нужно использовать для тушения пожара. Всегда ли человек поступает так? Вот что однажды сообщили газеты: «Поистине анекдотически выглядит история с отношением бизнесменов к популяризации агрегата для обработки алмазов: описание изобретения продавалось во всех киосках Парижа всего за 60 сантимов. Оно не привлекало к себе широкого внимания, пока некий ловкий жулик не продал его текст, почти не изменив содержания, одной из американских корпораций за ... 25 тысяч долларов!»

Согласитесь, в приведенных примерах есть что-то общее. В обоих случаях не признавалась очевидность решения. Делалось то, что было привычным, что соответствовало прошлому опыту.

Невольно вспоминаются слова Гегеля: «Здравый смысл есть такой способ мышления, в котором содержатся все предрассудки данного времени». К сожалению, в этом высказывании содержится значительная доля истины:

Например, первые паровозы пытались делать с ногами, которые отталкивались от земли и толкали весь состав.

В 1878 г. на одном из заседаний Парижской Академии наук знаменитый американский изобретатель Т. Эдисон впервые демонстрировал свой фонограф — первый звукозаписывающий аппарат. В большом зале стояла настороженная тишина. Вот взведена пружина аппарата, и из его блестящего рупора сквозь шипение и треск начали пробиваться первые слова: «Фонограф приветствует высокое собрание и желает ему всяческих успехов...» Еще не успел докрутиться валик фонографа, как из рядов слушателей раздались возмущенные голоса: «Прекратите! Этого не может быть! Шарлатанство! Мы не позволим заезжему господину дурачить нас опытами по чревовещанию». Никто из уважаемых академиков не верил, что голос принадлежит машине. Интересно то, что и сам Эдисон, обладающий незаурядным воображением, не признавал переменный ток, называя его богопротивным. Работая над устройствами и машинами постоянного тока, он свыкся с ними. Но вот однажды ему предложили ознакомиться с двигателем переменного тока, построенным русским инженером Доливо-Добровольским. Признанный авторитет в электротехнике замахал руками: «Нет, нет, переменный ток — это вздор, не имеющий будущего. Я не только не хочу осматривать двигатель переменного тока, но и знать о нем не желаю!»

«Знать не желали» и изобретателя телефона Белла. Местные авторитеты на его предложение о строительстве в городе телефонной сети заявили: «Каждый знает, что человеческий голос нельзя поместить в медный провод. Мы требуем арестовать мошенника, обманывающего честных граждан!»

Стоит заметить, что инерция мышления характерна не столько для людей далеких от техники, сколько для тех, кто создает ее. Вспомним первые автомобили, которые с милой непосредственностью повторяли все атрибуты конного экипажа. Те же обводы кузова, тот же высоко поднятый облучок для извозчика, извините, для водителя. Дело доходило до того, что в Лондоне специальным указом владельцам автомобилей рекомендовалось пристегивать к машине... лошадь, так как «безлошадный» вид, по мнению властей, мог нервировать встречный экипаж.

С иронией рассуждаем мы сегодня об инерции мышления наших, пусть даже и великих, предков. Конечно, мы поумнели, стали осмотрительнее и не допустим, чтобы инерция мышления так бессовестно командовала нами. Однако что это? Взгляните на нашу современную электрическую швейную машину! Что-то она подозрительно напоминает первые довоенные зингеровские конструкции. Пожалуй, отличие лишь в том, что на месте ручного махо-

"ЗНАТЬ НЕ ЖЕЛАЛ" ИЗОБРЕТАТЕЛЯ ТЕЛЕФОНА

ника стоит электродвигатель. Стоит там, где раньше крутили рукой. В результате осталась все та же сложная кинематическая цепь передачи движения игле. Странная конструкция, не правда ли? Ведь можно поставить электродвигатель ближе к игле, однако этого не сделали. Почему? Чтобы не очень расстраивать читателя, сообщаем, что новейшие швейные машины уже лишены этого казуса. В результате они стали легче, проще, надежней.

Увы, природа не знает наших делений на профессии и с одинаковым старанием награждает инерцией мышления и домохозяйку, и конструктора космических кораблей.

Известен случай, происшедший при конструировании космического аппарата «Венера-12». Аппарат был уже почти готов, как вдруг от ученых поступила заявка заложить в него еще один прибор весом всего в 6 кг. Это «легкомысленное» предложение возмутило конструкторов. Они уже до предела напичкали в аппарате каждый кубический миллиметр его объема, сотни раз просчитали каждый грамм и отказались удовлетворить заявку. Но, как известно, начальство всегда право, и спорить с ним трудно. В отчаянии инженеры-конструкторы стали искать место для нового «безбилетника», который, страшно подумать, был целых 6 кг! Космический аппарат разложили по косточкам. И тут с изрядной долей удивления обратили внимание на цельную металлическую болванку весом 15 кг, располагающуюся внизу аппарата. Это был центровочный груз, ориентирующий «шарик» при его спуске. Своим весом он заставлял аппарат, как игрушку ванька-встанька, располагаться при спуске в определенном положе-

нии. Больше никаких функций он не нес. И вот поставили вместо него новый аппарат и добавили еще несколько, которые помимо выполнения своей функции попутно выполняли функцию центровочного груза.

«Венера-12» ушла без балласта-болванки. Как видите, наша ирония по поводу инерции мышления изобретателей прошлого заметно потускнела. Нет сомнений в том, что инерция мышления присутствует в каждом из нас и может проявиться в любое время. Хотите проверить?

Попробуйте быстро ответить на вопросы. Уверены, что ваши ответы совпадут с теми, что приведены в тексте.

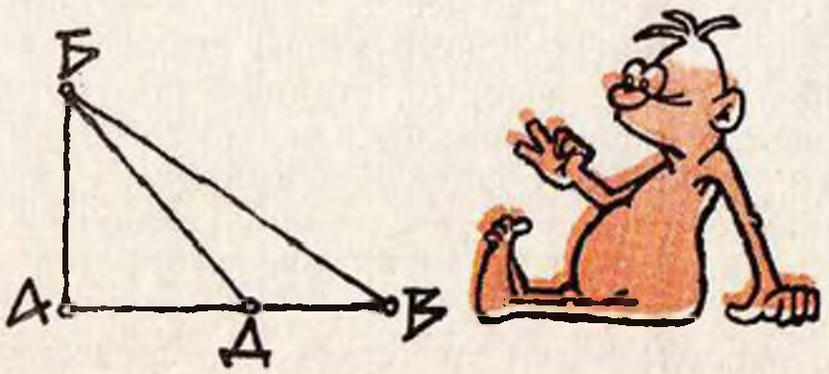
— Сколько будет два в квадрате?
— Четыре.
— А четыре в квадрате?
— Шестнадцать!
— А пять в квадрате?
— Двадцать пять!
— А угол в квадрате?
— Что?! Такого не бывает...

Итак, угол в квадрате для нас остался неизвестным. Хотя каждый школьник начальных классов, услышав только один последний вопрос, радостно сообщит вам, что угол в квадрате равен 90°. Почему же такой простой вопрос вызвал затруднение? Ответ один — мы попали под влияние инерции мышления. Настроив себя на возведение чисел в квадрате, не смогли от алгебры быстро перейти к геометрии.

Если мы уже коснулись геометрии, давайте посмотрим на этот рисунок. Скажите, сколько треугольников здесь изображено? Многие из вас скажут, что 3. А вот если вы посмотрите внимательно, то увидите, что их 8. В рисунок входят и буквы, каждая из которых построена из своих треугольников...

Инерция мышления полезна и необходима в повседневной жизни. Она освобождает нас от необходимости решать то, что уже было решено. А как же быть изобретателю? Как ему, хотя бы на время, ослабить инерцию мышления при создании нового?

Средневековый философ Томмазо Кампанелла был убежден, что барабан из кожи овцы полопается, если вблизи него зазву-



чит барабан из волчьей кожи. Оставим на совести уважаемого философа достоверность этого факта. Для себя же отметим, что инерция мышления лопается или дает трещину, если вблизи ее зазвучит барабан нашей фантазии. Именно фантазия способна одиссеевским кораблем пройти мимо островов инерции мышления с их завораживающими мелодиями прошлого опыта.

Покажем, как важна фантазия, на таком примере. Как вы думаете, что нужно сделать, чтобы облегчить сбор осколков глиняных тарелочек для спортивной стрельбы, оставшихся на поле после соревнований? Применить пылесос, подумаете вы. Но поле, на котором рассыпаны осколки, мало напоминает домашний ковер. Оно заросло кустами и имеет глубокие овраги. Отказавшись от идеи применения пылесоса, вы вспоминаете, как в детстве успешно собирали магнитом рассыпанные по полу гвозди. Нужно изготовить тарелочки магнитными, решаете вы, и тогда проблема сбора осколков решена. Однако и эта идея быстро угасает, когда вы узнаете, что стоимость вашей новой тарелочки стала приближаться к стоимости японского фарфора.

Итак, вы в тупике. Но раззадоренное чувство самолюбия заставляет вас все же продолжать думать о машине для сбора осколков.

Включаем фантазию. Представим себе, что осколки сами куда-то исчезли и поле стало совершенно чистым. Нет, дело не в доброй фее. Просто осколки полежали немного на травке и... испарились.

— Что? Осколки испарились? Они же из глины, керамики!

— Но мы же фантазируем! Мы должны допускать самые невероятные вещи, даже испаряющиеся осколки!

— Ну хорошо, пусть они испаряются или растекаются, в общем, как им нравится, но...

— Но... тогда они действительно должны быть сделаны из материала, который легко тает и испаряется.

— Они что — изо льда?

— Конечно же, тарелочки нужно делать изо льда! Быстро, дешево — и не надо поле очищать!

Мы победили инерцию мышления! Это стало возможным лишь потому, что была допущена изрядная доля фантазии, которая является рабочим инструментом изобретателя и которым тоже надо учиться управлять. Кроме того, в ТРИЗ имеется несколько специальных операторов гашения инерции мышления. Мы еще познакомимся с ними.

А пока предлагаются задачи. Все они простенькие и составлены достаточно корректно, т. е. содержат все условия для своего решения. *Но будьте внимательны, госпожа Инерция Мышления рядом!*

З а д а ч а № 90. *У некоторых народов принято строить свои дома так, что все четыре окна смотрят только на юг. Где и как построить такой дом?*

З а д а ч а № 91. *Бутылка с пробкой стоит 1 рубль 10 копеек (цена, понятно, условная). Одна бутылка стоит на 1 рубль дороже пробки. Сколько стоит одна пробка?*

З а д а ч а № 92. *Если собачью ногу считать хвостом, то сколько ног будет у собаки?*

З а д а ч а № 93. *У вас в кармане две монеты общим достоинством 15 копеек. Одна из монет не пятикопеечная. Какие это монеты?*

З а д а ч а № 94. *Учитель охладил воду на целых 35 °С, но она никак не замерзала. Что это за вода?*

З а д а ч а № 95. *Без включенного электроосвещения человек смотрел телевизионную передачу. Через час он выключил телевизор и успел добраться до кровати прежде, чем комната погрузилась во тьму. Как это могло быть?*

З а д а ч а № 96. *В пустую комнату, где висят бананы, экспериментатор привел обезьяну. Ставился очередной опыт. Обезьяна должна была догадаться подтащить пустые ящики и с них достать бананы. Но ящиков не оказалось. Экспериментатор прошелся по комнате и направился к двери за ними. Тут произошло удивительное — обезьяна уже достала бананы и довольная уплетала их за обе щеки. Допрыгнуть до бананов с пола она не могла, и в комнате не было никаких предметов... Как обезьяна сумела достать бананы?*

ИЗ ПЛЕНА СЛОВ

Однажды Ходжа Насреддин был вынужден по приказанию эмира бухарского лечить одного богатого ростовщика. Невыполнение приказа грозило казнью, а лечить Ходжа умел только души, но не тело.

И вот, приступив к молитве и накрыв далеко не уважаемого им ростовщика верблюжьим одеялом, он приказал ему и окружающим родственникам ни в коем случае не думать об обезьяне. «Иначе чуда не совершится»,— сказал он. При этом Насреддин так красочно описал некоторые особенности обезьяны, что у слушателей уже до молитвы появилась брезгливая гримаса. Конечно, все думали только об обезьяне, и чудесного исцеления не произошло. Но Насреддина миновала кара эмира. Не бывает ли и с нами такое, когда, решая задачу, думаем об «обезьяне»? Проверим на себе?

Пожалуйста! Вот вам одна, как мне кажется, серьезная проблема. Допустим, 300 электронов должны несколькими группами перейти с одного энергетического уровня на другой. Но квантовый переход совершился числом групп на две меньше, поэтому в каждую группу вошло на 5 электронов больше. Каково число электронных групп?

У вас готово решение? Нет. Простите, я совсем забыл, что вы не физик-теоретик. Тогда такая задача попроще. Допустим, 300 школьников должны несколькими группами переехать из города в лагерь. Но пришло на два автобуса меньше, поэтому в каждую группу вошло на 5 подростков больше. Каково число автобусов?

Теперь вы одолеете эту задачу? Конечно! Думаю, что первичные знания по математике есть у всех. Но ведь вы решили первую задачу! В ней только слово «электрон» заменено на слово «школьник».

Слова, слова... Как много они значат в понимании происходящего, и как часто, следуя им, мы уходим от сути задачи, подчиняясь инерции мышления.

Допустим, в задаче вам встретилось слово «фильтр». Тотчас же в сознании возникает какой-то сетчатый или пористый элемент, через который медленно просачивается жидкость или газ. Как правило, других вариантов нет, и вы упорно крутитесь возле одного прототипа. Ну а если вы услышите слово, пусть даже не имеющее широкого употребления, скажем, «очищалка»? Под ним уже можно подразумевать и упомянутый фильтр, и устройство, использующее эффект электрофореза, для отделения взвешенных в жидкости мелких частиц, и антибиотик, очищающий наш организм от болезнетворных микробов, и даже, если хотите, ложку, с помощью которой вы вчера очистили банку с вареньем.

Видите, насколько свободнее вы стали в мыслях!

Нельзя винить производственника в том, что он некорректно поставил задачу и запутал вас неверными словами. Поверьте, задачедатель не виноват. Он добросовестно описывает ситуацию так, как сам ее видит. Его грузовик застрял в глубокой колее, и он всего-навсего предлагает вам сесть за руль, чтобы ехать дальше. Да, двигаться нужно, но прежде необходимо вырваться из колеи слов. Как это делать?

Еще в прошлом веке незабвенный Козьма Прутков заметил: «Без надобности носимый набрюшник вреден». Действительно, вредны в формулировке задачи специальные термины, обозначающие какое-то конкретное узкое понятие, имеющее свои границы. Кстати, слово «термин» древнегреческого происхождения и означало когда-то имя одного из богов, который определял и охранял границы владений. В изобретательстве такая «охрана» не нужна, поэтому все специальные термины должны быть убраны из задачи или заменены словами, имеющими более широкую смысловую нагрузку. Для этого нужно подбирать слова, отражающие не конструктивные особенности изделия или его элемента, а его функцию, главное свойство, т. е. то, что он делает и для чего нужен. Например: не кресло, а сиденье; не утюг, а разглаживатель; не болт, а крепитель; не магнит, а притягиватель и т. п.

Не смущайтесь, если у вас экскаватор превратился в копалку, мел — в чертилку, рубанок — в строганок. Поверьте, такая

детская непосредственность наиболее точно отражает суть вещей и явлений. Если уж совсем туго придется с заменой термина, обозначьте его просто словом «штуковина», которая делает то-то и то-то. Например, словесный оператор снижения инерции мышления — это штуковина, которая не позволяет словам дурачить нас.

Так ли это? Проверьте себя на задачах.

З а д а ч а № 97. *У одного шофера не было с собой водительских прав. Он вышел на пешеходную часть дороги и двинулся по ней, вплотную прижимаясь к витринам магазинов. Не обращая внимания на запретительный знак, он миновал перекресток и остановился напротив инспектора ГАИ. Видя все это, регулировщик движения не остановил шофера и не оштрафовал его. Почему?*

З а д а ч а № 98. *Шли два отца и два сына, нашли три апельсина, и каждому достилось по одному. Как это могло быть?*

З а д а ч а № 99. *Поезд отправляется из Нью-Йорка в Бостон. Через час навстречу ему из Бостона вышел другой поезд. Оба поезда идут с одинаковой скоростью. На одном из полустанков поезда встретились. Который из них в этот момент будет находиться ближе к Бостону?*

З а д а ч а № 100. *Человек попал под дождь. Ни шляпы, ни зонта у него не было. Когда он добрался до дома, на нем не было ни одной сухой нитки, однако ни один волос на голове не промок. Как это могло произойти?*

З а д а ч а № 101. *Парикмахер Гленвилла заявляет, что ему лучше подстричь двух нездешних, чем одного здешнего. Почему?*

З а д а ч а № 102. *Не слон, а с хоботом. Кто это?*

ВАМ ДАНА ОДНА СЕКУНДА

Почему малышам нравится сказка про репку, которую не мог вытащить дедка со всем своим семейством? Да потому, что репка была такая огромная, что обычные приемы выдергивания не подходили. В то же время маленькая, слабенькая мышка вроде бы оказалась сильнее всей дедовской компании и выдернула репку. Набор парадоксов и вызывает интерес к сказке, делает ее необычной.

В ТРИЗ тоже есть своя «сказка про репку». Это оператор РВС (размер, время, стоимость). Главное назначение оператора — понизить психологическую инерцию мышления путем мысленного изменения параметров объекта. Это своеобразная экскурсия за пределы привычного затем, чтобы увидеть ранее не замечаемые свойства и возможности объекта.

Оператор РВС включает в себя следующие мыслительные операции: увеличивать размеры исследуемого объекта до бесконечности; уменьшать размеры объекта до нуля; увеличивать время действия на объект до бесконечности; уменьшать время действия на объект до нуля; увеличивать стоимость объекта до бесконечности; уменьшать стоимость объекта до нуля. Изменение нужно доводить до самых крайних пределов, раскачивая воображение и вырывая его из пут инерции мышления.

Однажды мне попались любопытные стихи из сборника средневековой японской поэзии:

Всматривайтесь в привычное — и увидите неожиданное.
Всматривайтесь в некрасивое — и увидите красивое.
Всматривайтесь в малое — и увидите великое.
Всматривайтесь в простое — и увидите сложное.

Пожалуй, это самая лучшая рекомендация современному изобретателю, использующему оператор РВС в своей практике.

Следует добавить, что оператор РВС не преследует цель решить задачу, с его помощью мы можем получить несколько необычных направлений для решения. Давайте поэкспериментируем.

Перед вами реальная производственная задача.

В трубе длиной в 200 м нужно проложить электрический провод. Десятки и сотни метров такой электропроводки в трубах находятся под полом любого завода. Как быть? Воспользуемся оператором РВС.

Мысленно увеличиваем существующий диаметр трубы до 10 м и более. Как решается теперь задача? Пожалуй, в этом случае проблем нет. Труба превратилась в тоннель, и мы можем смело войти или даже въехать в нее на автомобиле, протягивая за собой провод. Нельзя ли этот метод использовать для трубы обычного диаметра? Изготовим маленький автомобильчик (а можно взять игрушечный) и запустим его в трубу. Конечно, весь провод он не протащит, но заведет в нее хотя бы бечевку, а за нее уже можно вытянуть провод. Говорят, монтажники иногда поступают так: в

трубу запускают мышь, а уж следом за ней кота с привязанной к нему бечевкой. Возможно, это шутка, но... решение почти реальное. Теперь будем делать диаметр трубы все меньше и меньше. Протянуть провод становится невозможным, и вы приходите к мысли, что его нужно снабжать защитной оболочкой еще при изготовлении. Действительно, есть такие кабели с гибкой броневой защитой.

Теперь поработаем со временем. Вам дается сто или даже тысяча лет, чтобы уложить провод в существующую трубу. Спешить некуда, и, возможно, вы придете к мысли, чтобы провод сам рос, как кристалл, и входил внутрь трубы. Медленно, но надежно. Или можно залить в трубу какой-то особый раствор, из которого с течением времени испарится влага, а оставшийся сухой осадок образует электропровод. Но что это за раствор и нельзя ли время кристаллизации раствора увеличить в несколько сот раз? Появилась новая исследовательская задача, которая, возможно, когда-нибудь и будет решена. Теперь времени для прокладки провода нам отпущено всего одна секунда. Мысленно представляем, как провод с огромной скоростью сам влетает в трубу. Как это может быть? Снабдим провод ракетой! Возьмем обычную сигнальную ракету, прикрепим к ней провод и выстрелим в трубу. Пройдя все повороты и изгибы, ракета вылетит из противоположного конца трубы. Согласитесь, эту идею стоит развить. Она вполне реальная. Так работают противотанковые снаряды — ПТУРСы, управляемые по проводам, которые они тащат за собой.

Остается проанализировать задачу еще с одной позиции — стоимостной. Это когда стоимость нашей работы по прокладке кабеля приближается к нулю и к бесконечности... Но попытайтесь сами пройти этот шаг, тем более что вам уже, вероятно, ясен принцип, по которому следует работать.

И еще один совет: при проведении РВС не забывайте хотя бы мысленно допускать невозможное, только таким путем можно погасить инерцию мышления и достичь реального.

Инженер И. В. Калугин еще более развил возможности оператора РВС, предложив так называемое «Правило крайних признаков». По этому правилу крайние проявления любого объекта, явления или события приводят к одному и тому же результату. Например, очень маленький трактор и огромный трактор одинаково непригодны для сельскохозяйственной обработки полей. Первый не преодолеет самый маленький комочек земли, второй всю землю превратит в огромный уплотненный ком.

Интенсивность испарения воды при высокой (кипение) и при низкой (лед) температурах увеличивается.

Высокая и низкая концентрации кислорода в воздухе делают последний для дыхания одинаково непригодным.

Воздействие на кожу человека высокой и низкой температурами приводит к одинаковым воспалениям — покраснению, водяным пузырям и т. д.

Сверхбыстрое ускорение и сверхбыстрое торможение приводят к практически одинаковым перегрузкам.

Часто бывает, что мы можем наблюдать результаты какого-либо физического явления или эффекта только в одном его крайнем проявлении. А какие результаты будут в противоположных условиях? И здесь применимо правило крайних признаков, по которому результаты физических явлений в различных противоположных условиях должны быть одинаковыми.

Известно, например, что при сверхнизких температурах наблюдается эффект сверхпроводимости проводника. Согласно правилу, такой же эффект сверхпроводимости должен быть и при сверхвысокой температуре того же проводника. Исследования показали, что вещество, находящееся в плазменном состоянии, тоже обладает сверхпроводимостью.

Известно, что сверхвысокие колебания проходят сквозь плотные тела почти без потерь. А как ведут себя сверхнизкие колебания? Оказывается, сверхнизкие частоты (инфразвук) также легко преодолевают все плотные тела. И т. д.

Правило вскрывает диалектическое единство явления и позволяет вплотную подойти к вопросу прогнозирования и проектирования новых физических эффектов.

Мы начали разговор об РВС со сказки и закончили его научными изысканиями. Правы японские поэты, утверждая: «Всматривайтесь в малое — и увидите великое...»

ЭТИ МАЛЕНЬКИЕ, МАЛЕНЬКИЕ ЧЕЛОВЕЧКИ

Однажды верблюда спросили: «Почему у тебя шея кривая?» — «А что у меня прямое?» — вопросом ответил верблюд.

Многое в ТРИЗ непривычно, кажется диким, «кривым», несоответствующим нашим обыденным представлениям. Но разве само изобретение является обычной вещью? Если нет, то и теория делания изобретений не должна быть обычной. Вот и сейчас мы с вами познакомимся еще с одним необычным оператором снижения психологической инерции. Называется он ММЧ — моделирование маленькими человечками. Нет, нет, это не те зелененькие, которые якобы прилетают к нам из космоса. А наши обычные, рисованные.

Язык изобретателя — это еще и язык образов. В истории науки и техники известны многочисленные случаи яркого образного моделирования. Выдающийся конструктор авиационных двигателей, лауреат нескольких Государственных премий академик А. А. Микулин вспоминал: «Однажды я слушал оперу «Пиковая дама». Когда Германн поднял пистолет, я вдруг увидел в изгибе руки с пистолетом вал с компрессором, а дальше ясно то, что искал,— радиатор. Я тут же выскочил из ложи и на программке набросал схему...»

Максвелл, строя свой эксперимент при разработке динамической теории газов, мысленно поместил в сообщающиеся между собой сосуды с газами «демонов». Эти «демоны» открывали дверцу для горячих быстрых частиц газа и закрывали ее перед охлажденными, медленными.

Кекуле увидел структурную формулу бензола в виде кольца, образованного из группы обезьян, которые ухватились друг за друга.

Как видите, образный тип мышления достаточно распространен, и в ТРИЗ он занял достойное место. При этом случайное и интуитивное моделирование превратилось в осознанный и целенаправленный процесс. Правда, для некоторых этот процесс может показаться слишком детским, несерьезным, но такое мнение ошибочно. Метод воздействует на самые глубинные и сокровенные процессы мышления, вызывая яркие образы и ассоциации и уводя от стереотипности мышления.

С чего начать? Первое — выявить оперативную зону задачи, т. е. место возникновения физического противоречия, и изобразить ее в виде... маленьких человечков, отображающих то, что там происходит. Второе — этими же человечками изобразить то, что требуется по условиям задачи. Вот, пожалуй, и все.

Что это дает? Наглядность! Вы знаете, что до 90% информации человек получает через зрительные центры. Но не всякая наглядность подходит изобретателю. Например, простое графическое изображение детали тоже наглядно, но есть в нем недостаток — оно привязывает нас к прототипу. Маленькие человечки не напоминают нам что-либо известное, но зато показывают картину в полном объеме, и мы свободны в мыслительной деятельности. При этом не следует только забывать, что человечки умеют беспрекословно выполнять все, что мы захотим. Не надо пока задумываться, как они это сделают. Важно выяснить, что они должны сделать. Позже, в соответствии со своими знаниями, вы найдете, как достичь того, что сделали человечки, и чем их заменить в реальной ситуации. И еще одно: рисуя человечков, не жалейте карандаш и время. Человечков должно быть много, и они должны уметь делать все. Для них нет невозможного! А теперь посмотрим их работу на примере.

Вот вполне реальная, почти банальная ситуация, приносящая немало хлопот строителям и работникам жилищно-коммунального хозяйства. В осенне-весенние периоды внутри водосточных труб скапливается снег, который, многократно оттаивая и замерзая, превращается в ледяную пробку. При очередном потеплении эта ледяная пробка, подтаяв, бомбой падает по трубе вниз, ломая и сокрушая ее. Вероятно, вы сами не раз видели оборванные концы труб.

Уточняем задачу: нужно сделать так, чтобы ледяная пробка не падала вниз по трубе. Составляем идеал для пробки. «Ледяная пробка сама не падает вниз, пока не растает полностью». Выпол-

нить это условие можно, если лед будет удерживаться за стенки трубы, но в этом случае ему нельзя... таять.

Итак, возникло физическое противоречие: лед должен таять и не должен таять... Как быть? Уточняем место, где проявляется найденное физическое противоречие. Крайние, периферийные участки тающей пробки и будут оперативной зоной. В нее-то, как на поле боя, и запускаем наших человечков. Их много, они сцепились друг с другом и изо всех сил стараются удержать пробку, не давая ей упасть до той поры, пока она не растает полностью.

Восьмиклассники, которые «рисовали» эту задачу в ангарском клубе «Импульс», взглянув на свой рисунок, воскликнули: «Нужно заменить человечков цепью или, еще проще,— проволокой. На этой проволоке и будет держаться ледяная пробка, пока не растает полностью!»

Все, задача решена! И, кажется, неплохо. Внедрение этого решения в жизнь не составляет труда. По стоимости оно равно стоимости двух метров проволоки. Найденное ребятами решение следовало бы оформить заявками на изобретение. Но патентный поиск подтвердил лишь правоту Станислава Лема, который сказал: «Вселенная так велика, что в ней нет ничего такого, чего бы не было». Действительно, всего на год раньше взрослыми изобретателями было предложено аналогичное решение. Но даже в этом случае стоило благодарить маленьких человечков за подсказку.

ЗАКОНЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Познаваемость предметов увеличивается не вследствие проявления их в пространстве и времени, а вследствие единства закона, которому подчиняемся мы и те предметы, которые мы изучаем.

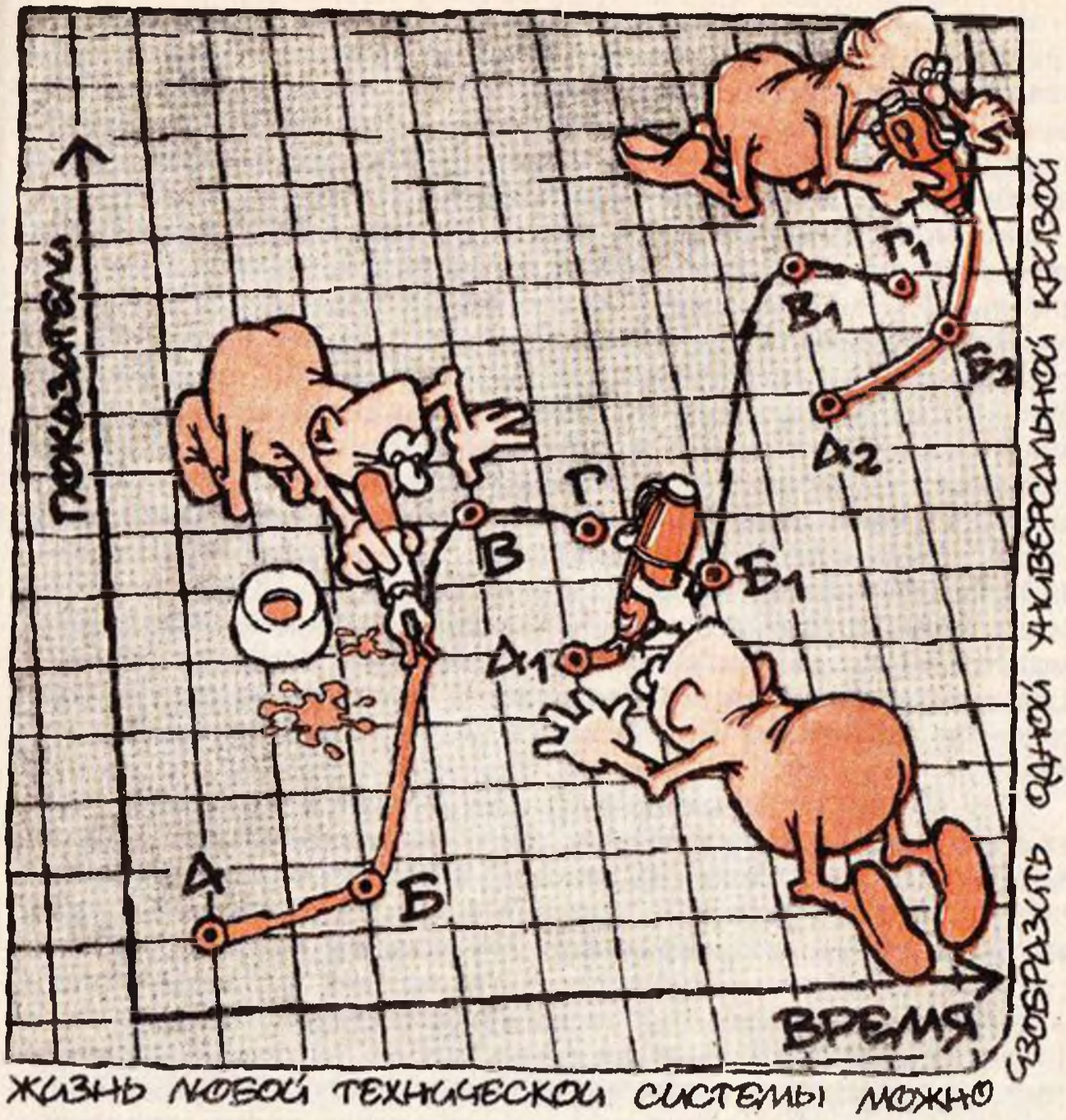
Лев Толстой

В кукольном спектакле «Сотворение мира» есть забавный эпизод. Бог и архангелы «монтируют» Адама, собирая его тело из частей. Но поскольку «монтаж» осуществляется впервые, происходит путаница: у Адама оказывается то четыре руки, то четыре ноги!

Такого рода ошибки и по сей день совершаются некоторыми изобретателями. Это происходит из-за незнания законов развития технических систем. Буквально по крохам собирает их человек, отсеивая зерна от плевел, чтобы вслед за познанием сил природы овладеть этими силами. Любая наука, в том числе и ТРИЗ, в процессе своего формирования проходит следующие этапы:

1. Сбор фактического материала (созерцание).
2. Раскрытие сущности и значения отдельных фактов (объяснение, толкование).
3. Выявление частных закономерностей (тактическое использование).
4. Объединение частных закономерностей и выявление общих законов (стратегическое использование).
5. Перенос найденных положений в другую науку и объединение с ней.
6. Переход в надсистему, построение новой науки.

Все эти этапы прослеживаются и в теории творчества. Вначале был долгий путь накопления и сбора фактических материалов: патентов, авторских свидетельств и других документов с описаниями конструкций машин и механизмов. На их основе были раскрыты основные приемы конструирования этих механизмов. Из объединенных приемов родились стандарты, т. е. частные закономерности, которые резко повысили успех работы изобретателя. Частные закономерности позволили выявить общие законы развития технических систем.



С некоторыми из этих законов вы уже познакомились. Это закон повышения степени идеальности, законы диалектических противоречий, системность техники и др. Сейчас мы познакомимся еще с некоторыми законами развития технических систем, которые помогут вам в изобретательской деятельности.

ЛИНИЯ ЖИЗНИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

(Закон s-образного развития технических систем)

Более века поршневая паровая машина была единственным двигателем в промышленности и на транспорте. Ее боготворили, ей посвящали стихи и песни, с ней связывали будущий прогресс человечества. Но вот, выпустив последнее облачко пара, самый мощный и многочисленный представитель паровых машин — паровоз навеки замер на запасных путях. Почему?

Жизнь любой системы можно изобразить одной универсальной кривой, показывающей, как меняются во времени темпы ее развития. Детство технической системы идет, как правило, достаточно долго. На графике это представлено линией *АБ*. В этот момент идет проектирование системы, ее доработка, изготовление опытного образца, подготовка к серийному выпуску.

Участок *БВ* показывает расцвет технической системы. Она бурно совершенствуется, становится все более мощной и производительной. Наступила пора «возмужания». Машина выпускается серийно, ее качество улучшается и спрос на нее растет. Но вот с какого-то момента улучшать ее становится все труднее. Мало помогают даже крупные увеличения ассигнований. Несмотря на усилия конструкторов, развитие системы не поспевает за все возрастающими потребностями человека. Она пробуксовывает, топчется на месте, меняет свои внешние очертания, но остается такой, какая есть, со всеми своими недостатками. Все ресурсы окончательно выбраны. Наступила «старость» — участок *ВГ*. Если попытаться в этот момент искусственно увеличивать количественные показатели системы или развивать ее габариты, оставляя прежний принцип, то сама система вступает в конфликт с окружающей средой и человеком. Она начинает больше приносить вреда, чем пользы.

Вот почему исчез паровоз, вот почему погасли газовые уличные фонари, замолчал патефон. Если бы сегодня мы надумали вернуться к тем старым паровозам и с их помощью перевозить современное количество груза, то вряд ли успевали бы добывать для них уголь, очищать пути от шлака и копоти, восстанавливать вокруг железнодорожных путей выжженную на десятки километров землю. Половина населения страны работала бы на паровоз. Малый КПД, конфликт с окружающей средой, неспособность увеличить мощность без увеличения массы — все это заставило паровоз уйти со сцены, уступив место новым транспортным системам — тепловозам, электровозам. Затем все повторится сначала и появится другая новая система. И так бесконечно.

Следует отметить, что смена систем происходит не вдруг и не сразу. Старая система, несмотря на свой дряхлеющий организм, еще достаточно сильна. Она имеет развитую базу: заводы, ремонтные мастерские, конструкторские отделы, которые беспрерывно делают ей инъекции в виде мелких усовершенствований и продлевают ее жизнь. На графике этот период выглядит в виде пологой или почти горизонтальной кривой, расположенной в его верхней части. Но к этому моменту на старт уже вышла новая, долго зарождавшаяся система. Она прошла уже свой детский возраст и теперь готова к самостоятельной жизни. Но еще долго она будет пользоваться опытом и услугами старой системы.

Например, первые пароходы снабжались мачтами, чтобы при случае поставить паруса и идти по-старому, используя энергию

ветра. Первые автомобили полностью позаимствовали конструкцию кузова карет и лишь позже изменили ее.

Не сразу ушел и воздушный винт из реактивной авиации. Вначале реактивный двигатель играл роль ускорителя при взлете, который сбрасывался при наборе высоты. Позже он, хотя и оставался на поршневых истребителях, но включался только в момент, когда необходимо было или догнать цель, или быстро уйти от преследователя. Развившись, реактивный двигатель затем полностью вытеснил поршневой.

В отличие от весьма распространенного мнения, революций в технике не бывает. Как правило, идет эволюционное развитие с постепенной передачей функций старой системы новой, при этом все положительные качества старой передаются новой. Другое дело, когда этот процесс идет стремительно, но принцип его остается. Новое не возникает без старого. Такова общая диалектика развития. Можно считать, что всякая революция есть расплата за ошибки или сбои в эволюционном процессе. А если возникают неожиданные мутации в мире техники, то они, как правило, недолговечны или преждевременны. Почему? Любая система в технике связана тысячами нитей с другими системами, что позволяет им поддерживать друг друга. Резкий отрыв от этого окружения и его игнорирование обрекают систему на гибель или в лучшем случае на долгое ожидание соответствующих условий.

Для чего изобретателю нужно знать «жизненную» линию технической системы? Чтобы выяснить, на какой стадии развития находится машина и стоит ли оживлять ее дряхлеющий организм, или, быть может, уже пора заняться поисками иного, более перспективного направления.

Главный признак старения системы — резкое увеличение за короткое время количества патентов на ее усовершенствование. При этом патенты, как правило, первого или максимум второго уровня творчества, т. е. мелкие усовершенствования, не затрагивающие основные принципы. Еще один верный признак угасания системы — резкое увеличение размеров единичных экземпляров, на порядок и более превышающих прежние. При этом производительность или эффективность системы остается на прежнем уровне или возрастает незначительно, и то за счет снижения других качеств.

Однако мы погрешим против истины, если не отметим, что некоторые системы не насовсем «умирают». Они могут, как сказочный феникс, вновь возрождаться из пепла, но уже в качественно ином виде. Этот феномен получил название спиралевидного развития техники.

Вновь выходят в море огромные парусники, возрождаются ветряные мельницы и другие механизмы, оставленные в далеком прошлом. Что это? Чаще всего это вызывается появлением новых требований к технической системе. Например, если раньше нас интересовали только скорость и мощность какого-либо станка, маши-

ны, оборудования, то сегодня на первый план выходят их экологическая чистота и экономичность.

Приходится возвращаться к истокам технической системы и задействовать те ресурсы, на которые раньше не обращали внимания. Происходит возврат якобы к старому, но с новым подходом и на качественно новом уровне.

В ДВИЖЕНИИ — ЖИЗНЬ

(Закон динамизации)

«Жизнь есть движение» — так говорили еще древние. И были правы. Окружающий нас мир, даже самая малая его частица находятся в вечном движении.

Надежность, стабильность и постоянство системы зависят от ее способности изменяться. Такова диалектическая сущность всего, что живет и развивается. Такова сущность и техники. Ее развитие, а значит и жизнеспособность, определяется главным показателем: степенью динамизации, т. е. способностью быть подвижной, гибкой, приспосабливаемой к внешней среде, меняющей не только свою геометрическую форму, но и форму движения своих частей, в первую очередь рабочего органа.

Проследим это на примерах.

В 10—20 раз снижается сопротивление движению плуга, если его лемех вибрирует с определенной частотой в зависимости от свойств грунта. Производительность резания металлов резко возросла, когда резец станка завращался, т. е. превратился во фрезу и перешел от линейной формы движения к круговой.

Ковш экскаватора, превратившись в роторное колесо, породил новую высокоэффективную систему добычи полезных ископаемых.

Автомобильное колесо из жесткого деревянного диска с металлическим ободом стало подвижным, мягким и эластичным.

Судостроители уже несколько лет работают над тем, чтобы наделить обшивку кораблей такими же подвижными свойствами, которыми обладает дельфинья кожа.

Даже танковая броня для увеличения своей стойкости из монолитной неподвижной структуры переходит к подвижной многослойной, чешуйчатой форме. Были попытки образовать броню танка в виде вращающихся барабанов, которые отбрасывают снаряд в сторону. Современная броневая защита некоторых танков состоит из двух слоев, между которыми находится взрывчатое вещество. При попадании снаряда взрывчатое вещество детонирует и отбрасывает наружную броневую пластину вместе со снарядом в сторону. Вероятность попадания второго снаряда в то же самое место практически равна нулю.

Если проследить историю развития любой технической системы, везде можно увидеть, как неподвижные и малоподвижные ее части становятся все более гибкими, подвижными, эластичными. Динамизация — общий закон развития технических систем.

А с чего начинается динамизация? Первые ее шаги начинаются с изменения формы в статике. Это можно назвать протодинамизацией.

Проследим эволюцию изменения формы. Кратко можно выделить следующие крупные вехи. Вначале преобладает линейная форма, затем она постепенно переходит в плоскостную и, наконец, становится объемной, которая будет все более и более дробиться, переходя в «точечную». Но прежде чем одна форма перейдет в другую, будут задействованы многочисленные варианты каждой из них. Например, линейная форма будет однолинейной, двухлинейной, многолинейной. Появляются как бы своеобразные моно-, би-, полисистемы. Подобным образом будут вести себя и остальные формы.

Все вышесказанное можно проследить, проанализировать развитие формы любой технической системы. Взять хотя бы систему для рыхления почвы. Вначале это была просто заостренная палка — линейная форма, затем мотыга, соха, плуг — плоскостная форма, все больше переходящая в объемную, и, наконец, дисковые конусные культиваторы и плуги. Но вот они начинают дробиться вплоть до «точечной» формы. Такую конструкцию мы с вами ранее уже рассматривали.

После исчерпания резервов динамизации в статике путем изменения формы наступает эра «истинной» динамизации, т. е. переход к движению в пространстве. Система и ее части становятся все более подвижными. Для обеспечения движений появляются шарнирные, гибкие связи. Вначале они выполняются на макроуровне, т. е. на уровне «железок», а затем на микроуровне — уровне кристаллической решетки вещества, молекул, атомов, полей. Вспомним развитие рабочего органа движителей судов. Первым был шест — линейная форма, затем долгая жизнь весел — плоскостная форма. Гребные колеса и винты начали осваивать объем. У них уже появились шарнирные связи, позволяющие лопастям менять шаг, складываться, убираться. Еще в большей степени перешел в объем водометный движитель. Корабль на воздушной подушке — это уже истинный обладатель объемного движителя с раздробленным рабочим органом и с максимально свободными шарнирными связями, на уровне молекул.

Обратим внимание, что вначале увеличивается подвижность крупных элементов системы, затем они разделяются на части все более и более мелкие и подвижные, вплоть до размеров первичных элементов вещества, из которого сделана сама система. Причем поочередно будут задействованы твердые, жидкие и газообразные вещества, и, наконец, структура энергетических или иных полей вплоть до световых. На всех этих уровнях идет все тот же процесс динамизации — увеличение количества движений. При этом движение будет вначале идти по линии, затем в плоскости и переходит в объем пространства.

ЗНАМЕНИТАЯ ЧЕТВЕРКА

(Закон полноты частей системы)

Любая техническая система, самостоятельно выполняющая какую-либо функцию, имеет четыре основные части — двигатель, трансмиссию, рабочий орган и средство управления. Если в системе отсутствует какая-либо из этих частей, то ее функцию выполняет человек или окружающая среда.

Дадим краткое определение каждой части.

Двигатель — элемент технической системы, являющейся источником или накопителем энергии для выполнения требуемой функции.

Трансмиссия — элемент технической системы, транспортирующей энергию от двигателя к рабочему органу с преобразованием ее качественных характеристик (параметров).

Рабочий орган — элемент технической системы, передающий энергию элементам окружающей среды и завершающий выполнение требуемой функции.

Средство управления — элемент технической системы, регулирующий поток энергии по ее частям и согласующий их работу во времени и пространстве.

Анализируя любую автономно работающую систему, будь то часы, холодильник, авторучка или телевизор, везде можно видеть — двигатель, трансмиссию, рабочий орган и средство управления. Если чего-то недосчитываемся, то, как мы говорили ранее, функцию этой части выполняет сам человек или окружающая среда.

Для того чтобы правильно выявить части системы, необходимо вначале определить ее функцию и применительно к ней вначале определить рабочий орган, а затем остальные части. Возьмем, например, фрезерный станок. Что у него является рабочим органом? Формулируем основную функцию станка, т. е. то, ради чего он создан. Основная функция — снять лишний материал с заготовки путем резания. Какая часть станка завершает выполнение этой функции и отдает заготовке всю свою энергию? Конечно, это фреза, она и является рабочим органом рассматриваемой системы. Двигателем в станке служит собственно сам электродвигатель. А все, что находится между ним и фрезой, можно считать трансмиссией. Средство управления — различные рукоятки, кнопки, а также программное обеспечение, если таковое присутствует в станке.

В автомобиле: главная функция — переместить груз, рабочий орган — колесо; трансмиссия — карданная передача, коробка перемены передач, рама; двигатель — ДВС; средство управления — рулевое колесо, тормоза, сцепление и различные приборы.

Учитывая, что средство управления непосредственно не участвует в выполнении основной функции системы, его можно рассмат-

ривать как самостоятельную систему со своей функцией и со своим набором частей. Например, система регулирования числа оборотов в дизельных двигателях имеет свою функцию — регулирование проходного сечения топливопровода и целый набор частей для ее осуществления. Кроме того, каждую отдельную часть системы можно рассматривать как самостоятельную. Например, отдельно взятый от того же автомобиля двигатель внутреннего сгорания имеет свою определенную функцию — преобразовать давление газа в механическую энергию, точнее — в крутящий момент. Завершает выполнение этой функции и передает энергию потребителю маховик. Он и является рабочим органом двигателя.

А что же в двигателе внутреннего сгорания является, собственно, самим двигателем? Подумайте. Прочитайте еще раз определение частей системы. Им будет горящая газовая смесь — она источник энергии. Это самая высокодинамизированная часть рассматриваемой технической системы, работающая на микроуровне вещества. Трансмиссией в двигателе служат поршень, шатун, кривошипный вал, средством управления — клапаны, различные регуляторы и т. д.

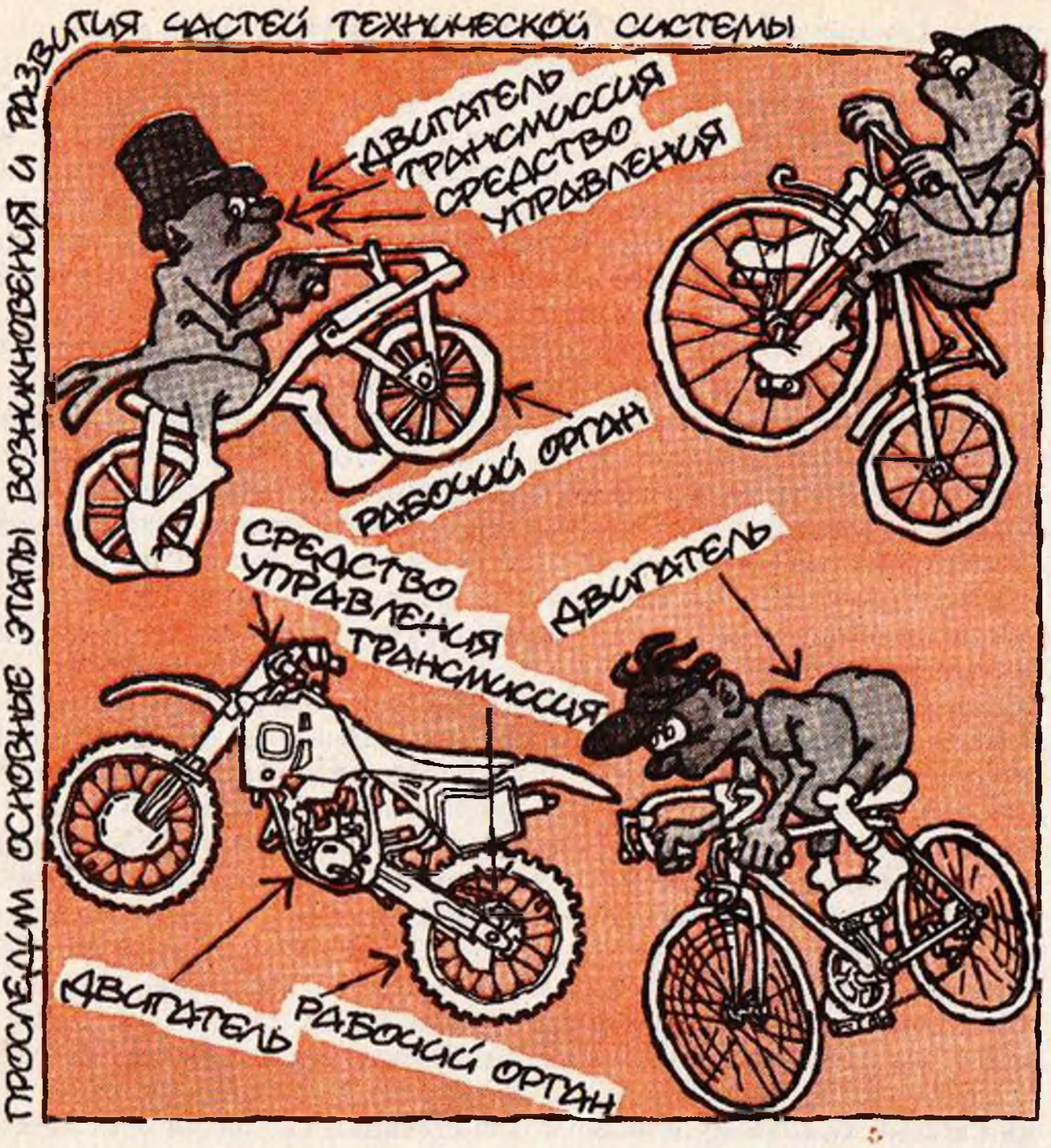
Если снова взять часть двигателя — карбюратор, насос или любую другую, то и в каждой из них можно выделить полный набор частей для выполнения своей определенной функции. Углубляясь в подсистему, мы будем бесконечно обнаруживать все ту же знаменитую четверку — двигатель, трансмиссию, рабочий орган, средство управления. И так до тех пор, пока не уйдем в структуру вещества, где функции этих частей свернуты и выполняются молекулами и атомами, т. е. идет нормальный физико-химический процесс. Мы вышли на природу. Искусственная техническая система исчезла...

То же самое мы увидим, если будем уходить в надсистему.

Мы еще продолжим разговор на эту тему, а сейчас кратко проследим основные этапы возникновения и развития частей технической системы.

Вспомним первую «самобеглую» коляску — прообраз современного велосипеда. Вначале это была просто деревянная перекладина с двумя колесами. В родившейся системе присутствовал только один рабочий орган — колеса. Роль двигателя, трансмиссии и средства управления выполнял сам седок, старательно отталкиваясь от полотна дороги и наклоняя свой корпус для поворота в нужную сторону. Не зря слово «велосипед» в переводе на русский язык означает «быстрые ноги».

Но согласитесь, отталкиваться от дороги и тормозить по ней ногами небезопасно, да и возрастают расходы на подметки. Конечно, лучше толкать ногами само колесо. Но здесь надо было быть еще большим виртуозом, чтобы не попасть в спицы колеса и вовремя убрать от них ноги. Работа ногами облегчилась и стала безопасной, когда к оси колеса догадались приклепать педали в виде коловорота. Так появились зачатки трансмиссии, отошедшие



от рабочего органа. У сапожников резко поубавилось работы, а кавалеры, соревнуясь в скорости, все более увеличивали диаметр переднего колеса. Велосипед стал быстрее, но участились удары о препятствия. Было уже ясно, что переднее колесо должно как-то поворачиваться, ведь это предусмотрено даже на телеге. Произошел перенос опыта из одной области техники в другую. На велосипеде появилось поворотное колесо с однорогой рукояткой — дышлом. Теперь уже можно не бояться заборов — появился орган управления, и снова стали наращивать скорость путем увеличения диаметра ведущего переднего колеса с педалями. Все было хорошо, но вдруг обнаружилось, что при очередном увеличении диаметра колеса ноги седока уже не дотягивались до педалей. Прогресс остановился. Нужно было менять либо ездока, либо трансмиссию велосипеда. Выбрали второе. Закрепили педали на

раме и связали их с колесом гибкой шарнирной связью. Трансмиссия разделилась на части, и это обеспечило развитие всей системы. С помощью цепи было достигнуто искусственное «удлинение» ноги. А когда цепь была перенесена на заднее колесо и появились настоящий руль и тормоза, сформировалась классическая форма велосипеда. Итак, появились рабочий орган, трансмиссия, средство управления, но человек еще оставался «двигателем».

Отметим любопытную деталь: перед появлением «истинного» двигателя техническая система пытается восполнить его отсутствие образованием из трансмиссии участка, способного накапливать энергию. Так было с самодвижущейся повозкой Кулибина, водитель которой усиленно раскручивал маховик, запасая в нем энергию, чтобы преодолеть подъем.

Прошли годы, прежде чем появились настоящие «самобеглые» коляски — мотоциклы и автомобили со своими двигателями. Формирование основных частей технической системы завершилось.

Хочется отметить одну общую для всех двигателей всех систем особенность. Все они вначале использовали твердые сорта топлива — дрова, уголь. Даже первые двигатели внутреннего сгорания вначале работали на раздробленном угле. Затем стало использоваться жидкое топливо — керосин, бензин и т. п. Современный автомобильный парк интенсивно переводится на газовое топливо. А далее? В качестве топлива будут поэтапно осваиваться различные виды полей — инерционное (механическое поле), электрическое, электромагнитное, магнитное, ядерное, солнечное (световое), гравитационное. Все эти двигатели уже прорабатываются.

Указанный путь типичен для двигателей всех систем — корабельных, железнодорожных, авиационных, ракетных и т. д.

По мере совершенствования частей системы из нее все более и более вытесняется человек. Вспомните луноход или управляемые по радио бульдозеры. Человеку остается только определять программу, по которой и будет работать система.

Остается последний вопрос: зачем все это нужно знать?

Выявив основные части системы и проанализировав их работу, изобретатель имеет возможность определить «больное» место системы, возникающие в ней противоречия и принять соответствующие меры.

Эту мысль мы разовьем в следующей главе.

КОГДА В ТОВАРИЩАХ СОГЛАСЬЯ НЕТ...

(Закон сквозного прохода энергии)

Мы выяснили, что любая работающая система состоит из четырех основных частей и что любая из них является потребителем и преобразователем энергии. Но мало преобразовать, надо без потерь передать эту энергию от двигателя к рабочему органу, а от него на обрабатываемый объект или в окружающую среду. Это за-

кон сквозного прохода энергии. Нарушение этого закона ведет к возникновению противоречий внутри технической системы, что в свою очередь порождает изобретательские задачи.

Главным условием «равнопрочности» частей технической системы с позиции энергопроводимости является равенство их способностей по принятию и передаче энергии. А эти способности зависят от уровня развития каждой части системы, определяемой по трем параметрам — вещество, энергия, организация. Каждый параметр имеет свои показатели.

Вещество: агрегатное состояние, физико-химические свойства, уровень задействования (макро-, микро-).

Энергия: вид (механическая, тепловая, химическая и т. д.), уровень, источник (система, подсистема, надсистема).

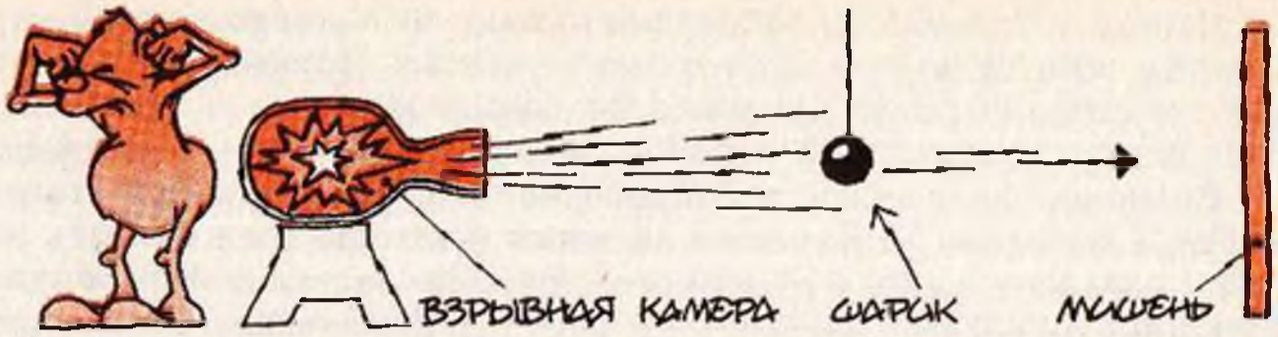
Организация по веществу и энергии: расположение в пространстве (линейное, плоскостное, объемное, точечное), проявление во времени (постоянное, временное, импульсивное, ударное и т. д.), степень динамизации (неподвижные, подвижные, гибкие, пластичные и т. д.), уровень (моно-, би-, полисистема).

В общем плане о развитии вещества, энергии и организации можно судить по степени их динамизации; чем более подвижны эти элементы, тем более высок уровень их развития. Если по своему развитию части технической системы близки или совпадают между собой, то возникают предпосылки к сворачиванию их в один рабочий орган, т. е. к повышению степени идеальности. Но чаще приходится встречаться с расхождениями в развитии частей системы. Эти расхождения обнаруживаются на стыках частей системы и порождают противоречия, требующие разрешений.

Восстановление энергопроводимости системы производится путем выравнивания уровней развития частей системы. Часто бывает достаточно согласовать уровни развития частей только в месте их стыковки.

В любой задаче, которую вы решали ранее, можно было увидеть эти действия. Причем, в задачах на синтез, развитие или восстановление системы приходилось повышать уровень согласования, а там, где был вредный веполь и требовалось его разрушить, напротив, максимально рассогласовывать уровни развития частей системы. Попробуй еще раз убедиться в этом на решении одной достаточно трудной задачи. Вот в чем ее суть.

Для выяснения прочности обшивки космического корабля после встречи с микрометеоритом проводились наземные испытания. Установка представляла собой взрывную камеру, в которой подрывался заряд. Газовая струя, выходящая из сопла камеры, подхватывала металлический шарик, который играл роль микрометеорита, и разгоняла его до скорости 9 км/с. С этой скоростью он ударялся в образец обшивки и оставлял на ней вмятину. Изучая эту вмятину, конструкторы и судили о прочности обшивки. Все было нормально, установка работала безотказно. Когда же попробо-



вали разогнать шарик до 11 км/с, выявились неприятные вещи — шарик не долетал до обшивки... Оказалось, что он просто не выдерживал возросшего динамического удара ускоренной струи газа и разлетался на мелкие кусочки. Менять материал шарика было нельзя. Испытания остановились. Что делать?

Были предложения разгонять шарик не так резко, для чего установить две или три взрывные камеры, работающие последовательно, с наращиванием скоростей. Проект оказался дорогим, сложным и трудновыполнимым. Десятки других предложенных вариантов требовали длительных разработок и больших средств. А как поступили бы вы?

Попробуйте действовать в соответствии с теми законами, которые вы уже знаете. Вначале определите функцию системы, затем ее части, вид проходящей по ним энергии (поля), место нарушения энергопотока, вид возникшего противоречия и произведите согласование уровней развития конфликтующих частей.

Функция — система предназначена для испытания обшивки космического корабля путем удара в нее металлического шарика. Что является рабочим органом? Шарик, он завершает функцию и передает энергию всей системы на обшивку. Двигатель — взрывная камера, трансмиссия — газовая струя, средство управления — кнопки подрыва заряда. Энергия, проходящая по частям системы — механическая. Место нарушения энергопотока — стык между трансмиссией и рабочим органом, т. е. шарик не может принять весь объем энергии, который несет газовая струя, и разрушается. Нарушен закон сквозного прохода энергии.

Проведем анализ уровней развития трансмиссии и рабочего органа. Они согласованы только по трем показателям — расположению в пространстве, времени и виду энергии. По остальным показателям имеются большие рассогласования. Так, агрегатное состояние вещества трансмиссии — газ, а рабочего органа — твердое тело; трансмиссия использует вещества на микроуровне, шарик как рабочий орган еще на макроуровне. Динамизация движения струи газа высокая, у шарика же она вообще отсутствует. Выявленных рассогласований пока достаточно.

До скорости шарика 9 км/с имеющиеся рассогласования компенсировались его прочностными свойствами, при скорости 11 км/с прочностные резервы шарика уже были недостаточны.

Чтобы установка заработала, нужно согласовать эти части хотя бы по агрегатному состоянию вещества. Причем, делать это надо в сторону более динамизированного элемента — трансмиссии. А это означает, что рабочий орган должен быть... газовым.

Возникло физическое противоречие — шарик должен быть из металла согласно условиям испытаний и шарик должен быть из газа согласно закону сквозного прохода энергии. Как быть? Вспомните основные принципы разрешения физических противоречий. Примените один из них — разнесение противоречивых требований в пространстве, т. е. часть шарика должна быть металлической, а часть — газовой. При этом газовая часть должна быть на поверхности шарика, т. к. именно здесь начинаются нежелательные явления и нарушается энергопроводимость. Теперь можно уточнить задачу.

Как сделать, чтобы в момент удара газовой струи в шарик на его поверхности мгновенно образовалась газовая оболочка? Ответ в принципе уже получен — нужен взрывающийся шарик. Конструктивно это может быть достигнуто десятками вариантов. Однако лучший из них тот, в котором максимально задействованы вещественно-полевые ресурсы самой системы. В данном случае если шарик обмазать той же самой взрывчатой смесью, которая имеется во взрывной камере, то проблема полностью снимается. От удара газовой струи поверхностный слой шарика взрывается и появившаяся газовая подушка не только амортизирует удар, но и обжимает шарик со всех сторон, нейтрализуя разрывающие усилия при его ускорении.

Мы достаточно подробно разобрали только одну задачу с позиции энергопроводимости системы. Но таких задач многие сотни, и все они, как показывает практика, решаются единым подходом.

Первое правило энергопроводимости системы. Если элементы при взаимодействии друг с другом образуют энергопроводящую систему с полезной функцией, то для повышения ее работоспособности в местах контактирования элементов должны быть вещества с близкими или одинаковыми уровнями развития.

В случаях, когда нужно не восстанавливать или развивать энергопроводимость частей технической системы, а, напротив, разорвать ее, в первую очередь необходимо рассогласовать по уровням развития контактирующие между собой части.

Например, при застывании бетон сцепляется с опалубкой, и ее трудно потом отделить. Две части хорошо согласовались между собой по уровням развития вещества — обе твердые, шероховатые, неподвижные и т. д. Образовалась нормальная энергопроводящая система. Чтобы не допустить ее образования, нужно максимальное рассогласование веществ, например: твердое — жидкое, шероховатая — скользкая, неподвижное — подвижное. Здесь может быть несколько конструктивных решений — образование прослойки воды, нанесение специальных скользких покрытий, вибрация опалубки и др.

Второе правило энергопроводимости системы. Если элементы при взаимодействии друг с другом образуют энергопроводящую систему с вредной функцией, то для ее разрушения в местах контактирования элементов должны быть вещества с различными или противоположными уровнями развития.

Третье правило энергопроводимости. Если элементы при взаимодействии друг с другом образуют энергопроводящую систему с вредной и полезной функциями, то в местах контактирования элементов должны быть вещества, уровень развития которых и физико-химические свойства изменяются под воздействием какого-либо управляемого вещества или поля.

Согласно этому правилу выполнено большинство устройств в технике, где требуется соединять или разъединять энергопотоки в системе. Это различные муфты включения в механике, вентили в гидравлике, диоды в электронике и многое другое.

ГЛАВНЫЙ СРЕДИ РАВНЫХ

(Закон опережающего развития рабочего органа)

Знаменитый политический деятель древности Цицерон говорил: «Во всяком войске есть тот, кто идет впереди».

В технической системе впереди идет рабочий орган. И чтобы его функция была выполнена нормально, он должен иметь не меньше, чем двигатель и трансмиссия, способности по усвоению и пропусканию энергии. Иначе он или сломается, или в своем бессилии переведет значительную часть энергии в тепло, которое развеется в пространстве. По этой причине желательно, чтобы рабочий орган опережал в своем развитии остальные части системы, т. е. обладал большей степенью динамизации по веществу, энергии или организации.

Часто изобретатели совершают ошибку, упорно развивая двигатель, трансмиссию, управление, но не рабочий орган. Никогда такая техника не дает значительного прироста экономического эффекта и существенно не повысит КПД. Например, производительность токарного станка и его техническая характеристика оставались почти неизменными на протяжении многих лет, хотя интенсивно развивались привод, трансмиссия и средства управления, потому что сам резец как рабочий орган оставался прежним, т. е. неподвижной моносистемой на макроуровне.

С появлением вращающихся чашечных резцов производительность станка резко поднялась. Еще больше она возросла, когда была задействована микроструктура вещества резца: под действием электрического тока режущая кромка резца стала колебаться до нескольких сот раз в секунду. Наконец, благодаря газовым и лазерным резцам, полностью изменившим облик станка, достигнута невиданная ранее скорость обработки металла.

Теперь посмотрим на ледокол. Его рабочим органом для взламывания льда является передняя носовая часть корпуса. Наезжая на лед, ледокол своей массой продавливает его и очищает путь. Скорость ледокола невелика, порой она составляет всего несколько десятков метров в час. Даже атомный ледокол не превышает этой скорости, несмотря на то, что несет на себе самый мощный в мире двигатель. Почему так происходит?

Дело в том, что рабочий орган этого современного ледокола остался прежним — неподвижной грубой моносистемой. И какой бы двигатель мы ни ставили на это судно, его проходимость во льдах существенно не повысится. Требуется развитие рабочего органа — носовой части корабля. Во-первых, он должен стать более подвижным (повысить степень своей динамизации). Виброплиты, установленные на носовой части, уже значительно повышают скорость ледокола. Согласование ритмики колебаний корабля и ледового покрытия также увеличивает скорость продвижения. Все это — возможности на уровне твердого вещества. Следующий шаг — жидкий рабочий орган ледокола, когда мощные струи воды вспарывают лед. Расчеты показывают, что энергозатраты для движения в этом случае уменьшаются. Это подтверждено многими патентами, авторскими свидетельствами на изобретения.

А если рабочий орган ледокола выполнить из... газа? Такую конструкцию ледокола предложил заслуженный изобретатель М. И. Шарапов. В носовой части корабля прикреплены трубы, идущие подо льдом. В них подают сжатый воздух. Воздушная подушка, действуя снизу, выламывает глыбы льда, вытесняет из-подо льда воду, и лед под силой собственной тяжести обрушивается. Как показали испытания, скорость движения во льдах увеличилась до нескольких километров в час!

Теперь проанализируем техническую систему для вспашки земли. И хотя рабочим органом этой системы является лемех плуга, развитие ее мало чем отличается от системы взламывания льда. К сожалению, конструкторы увлеклись наращиванием мощностей двигателя, но не совершенствованием самого рабочего органа. В результате современные тракторы типа «Кировец», обладая мощнейшим двигателем и значительной массой, больше портят землю, утрамбовывая ее колесами, чем облагораживают. Эта ошибка дорого стоит сельскому хозяйству.

А что если попробовать развивать рабочий орган, как и в ледоколе? Придадим лемеху вибрацию. Испытания показали, что сопротивление при вспашке земли резко уменьшается. Значит, можно значительно уменьшить мощность двигателя, упростить трансмиссию и средство управления, не уменьшая производительность. Далее. Изменим агрегатное состояние лемеха — сделаем его хотя бы частично жидким, а для этого под давлением подадим на его поверхность жидкое удобрение. Снова добьемся значительного снижения сопротивления при движении плуга.

Запатентованы изобретения, в которых сделана попытка использовать для вспашки выхлопные газы двигателя... Неплохого результата можно добиться, если динамизировать микроструктуру лемеха. А для этого можно изготовить его из материала, обладающего эффектом памяти формы, или электрострикции. При прохождении по нему импульсного электрического тока он завибрирует как живой крот, углубляясь в землю. Соединив несколько таких лемехов и заставив работать их в противофазе, мы получим самодвижущийся плуг. Не нужен будет и трактор. Все части системы для вспашки свернулись в рабочий орган... Конечно, обозначенные направления потребуют больших исследовательских и конструкторских работ, но это единственно верный путь, так как он соответствует законам эволюции техники, в частности закону опережающего развития рабочего органа.

ПУЛЬС ТЕХНИКИ

(Закон перехода «моно — би — поли»)

В начале века полеты на самолетах были необычным и удивительным делом. Многочисленная публика собиралась на ипподромах и с восторгом наблюдала за смельчаками, которые на странных сооружениях, именуемых аэропланами, поднимались в воздух и совершали полеты по кругу.

Наблюдал за этими полетами и ученик реального училища Микулин. В воздухе был один из лучших русских авиаторов Уточкин. Вдруг его машина странно зачихала и мотор остановился. Это случилось почти у самой земли, и хотя самолет удалось посадить, удар был достаточно сильным. Выбираясь из-под обломков аппарата, авиатор неистово ругал магнето, которое вновь отказало в полете. Это устройство давало искру на свечи зажигания, и его ненадежная работа всегда вызывала опасение авиаторов. Микулин был потрясен увиденным. Он шел домой, не замечая никого и обдумывая случившееся. Вдруг на углу дома он столкнулся с крепко подвыпившим гражданином, один глаз которого был закрыт, так как заплыл синяком, а второй смотрел свирепо и весело. Микулин взглянул на него и тут же побежал назад к ипподрому. Он нашел Уточкина в гостинице и, задыхаясь, с порога крикнул: «Господин Уточкин, у людей два глаза! Если один подобьют, то второй все равно смотрит!» — «Я никому не собираюсь подбивать глаз»,— сказал Уточкин.— «Не то... не то я хотел сказать! На вашем аэроплане надо поставить два магнето. Если один откажет, то будет работать второй, и двигатель не заглохнет».— «Прекрасная мысль!» — ответил авиатор.

На следующий день полеты прошли нормально. Все машины были оборудованы двумя магнето. А Микулин получил право бесплатно летать в качестве пассажира и вдобавок получал премию 10 рублей за каждый вылет самолетов.

Это было первое изобретение в авиации будущего академика Микулина. Стоит заметить, что и сегодня все ответственные механизмы в самолетах дублируются.

А вот пример из другой области техники. В радиомастерскую штабс-капитана Лещинского был назначен выпускник инженерного училища Бонч-Бруевич. Радиодело, возникшее совершенно недавно, бурно развивалось. Мастерской было поручено изготовление радиоламп для военных радиостанций. Производство ламп было налажено, но ресурс их работы составлял не более месяца. Из-за недостаточного вакуума их спирали быстро перегорали, и их приходилось заменять. Бонч-Бруевич нашел оригинальное решение: делать лампы с двумя нитями накаливания и с двумя цоколями — верхним и нижним. В случае перегорания одной нити лампа переворачивалась и включалась вторая нить. Ресурс лампы увеличился вдвое. Эту лампу ее создатели почему-то назвали «бабушкой» — их было выпущено несколько тысяч штук.

А вот история развития самолетов. В 20-х годах нашего столетия самолеты, имея маломощные двигатели, усиленно развивались, увеличивая количество крыльев. Был построен и испытывался в течение двух лет самолет-триплан. В некоторых случаях он применялся как военный самолет-истребитель. Очень высокую по тем временам скорость — 164 км/ч развивал построенный у нас в стране четырехплан. Но этот самолет не получил распространения, так как был труден в управлении.

Что же общее прослеживается во всех этих примерах? Если мы попытаемся проследить развитие любой технической системы, начиная от канцелярской кнопки и кончая космическими кораблями, везде и в первую очередь на рабочем органе увидим стремление техники перейти от моно-(единичной) к би-(сдвоенной) и поли-(много)системам.

Рассмотрим первый шаг — переход к бисистемам. Что это дает? Во-первых, повышается надежность системы, которая сама при этом принципиально не меняется. Например, двухмоторный самолет имеет больше шансов долететь до цели, чем одномоторный, так как выход из строя одного двигателя уже не влечет за собой выход из строя всей системы. Во-вторых, при бисистеме появляется новое качество, которое не было присуще моносистеме. Тот же двухмоторный самолет обладает большей маневренностью, чем одномоторный. Он более уверенно совершает повороты в воздухе, точнее выдерживает курс при боковом ветре, легче осуществляется и рулежка самолета на аэродроме.

Даже знакомый всем гаечный ключ, выполненный в бисистеме, приобретает новые качества — он легче двух ключей, выполненных в моносистеме, меньше занимает места и более прочный.

Интересно отметить, что и природа в поисках путей повышения надежности особо важные части организма предусмотрела тоже в бисистеме. Например, у человека два легких, две почки, две доли сердца, два уха, два глаза и т. д. Процесс перехода моносистемы в бисистему неизбежен, если к системе предъявляются повышенные требования.

А дальше? Что происходит, если и бисистема перестает удовлетворять возрастающим потребностям? Идет следующий эволюционный шаг — переход к полисистемам.

Вспомните комбинированный велосипедный ключ — это уже полисистема, в нем еще более заметно снижение расхода металла и уменьшение габаритов в сравнении с группой отдельных ключей. Согласитесь, многослойная фанера гораздо прочнее доски тех же размеров. Мы сейчас не представляем себе книгу из одной или двух страниц, а ведь когда-то они были такими: вспомните глиняные дощечки, берестяные грамоты. Проникновение в космос стало возможным только с помощью многоступенчатых ракет.

Переход к полисистемам знаменует собой эволюционный этап развития, при котором приобретение новых качеств происходит только за счет количественных показателей. Расширенные организационные возможности расположения однотипных элементов в пространстве и времени позволяют полнее задействовать их возможности и ресурсы окружающей среды.

В природе переход от одноклеточных водорослей к многоклеточным был решающим шагом на пути прогресса органического мира. Сообщества рабочих пчел в улье или муравьев в муравейнике — примеры того же плана. Количество порождает качество.

Но на каком-то этапе развития в полисистеме начинают появ-

ляться сбои. Упряжка из более чем двенадцати лошадей становится неуправляемой, самолет с двадцатью моторами требует многократного увеличения экипажа и трудноуправляем. Ружья с двенадцатью стволами можно встретить только в музее. Почему происходит так? Прежде всего крайне сложно изготовление таких систем. Но главное — средства управления ими: громоздкие, многоступенчатые, инерционные.

Возможности системы исчерпались. Произошло отрицание отрицания. Что дальше? А дальше полисистема снова становится моносистемой... Но на качественно новом уровне. При этом новый уровень возникает только при условии повышения динамизации частей системы, в первую очередь рабочего органа.

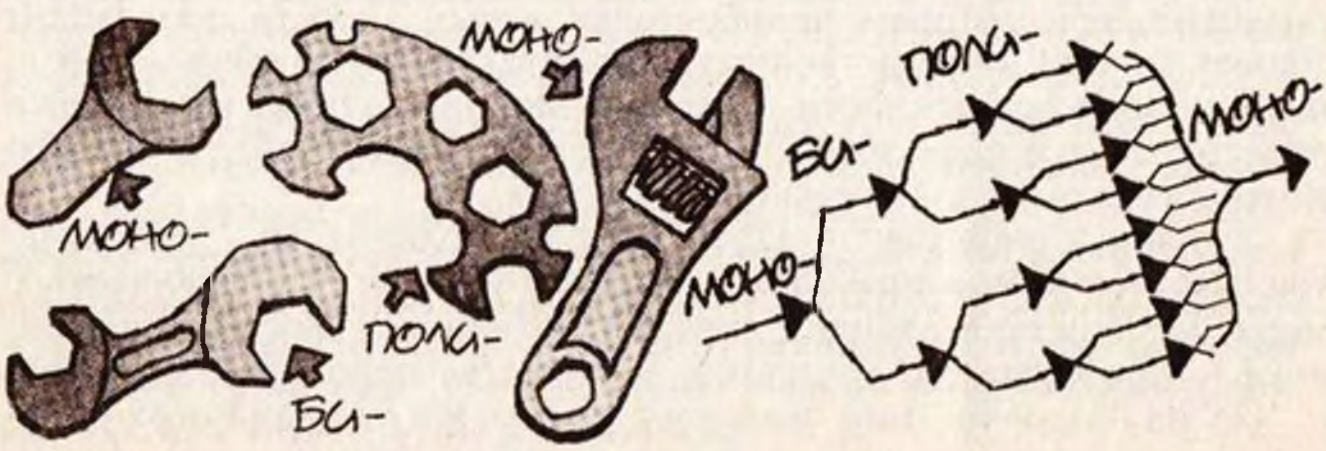
Вспомним тот же велосипедный ключ. Когда динамизировался его рабочий орган, т. е. губки стали подвижными, появился разводной ключ. Он стал моносистемой, но в то же время способным работать с многими типоразмерами болтов и гаек.

Многочисленные газовые камеры двигателей внутреннего сгорания свернулись в одну полость роторного двигателя, в которой вращается высокодинамизированный поршень объемной треугольной формы. Многочисленные колеса вездеходов превратились в одну подвижную гусеницу.

Путь, который вы проследили, можно изобразить следующей схемой (рис. внизу).

Хотелось бы предупредить вас о следующем. Изучая в патентном фонде описания изобретений по какой-либо системе, вы можете не обнаружить в них строгой хронологической последовательности в развитии. Например, транспортер на воздушной подушке был изобретен еще в 1920 г., т. е. высокодинамизированная моносистема была предложена раньше, чем были отработаны возможности би- и полисистемы имеющейся конструкции. Практическое применение транспортер на воздушной подушке получил лишь в 70-х годах. 50 лет изобретение дожидалось своего дня. И такие случаи есть во многих областях техники.

Можно утверждать, что всякое изобретение, значительно опережающее эволюционный процесс и далеко забегающее вперед, не содействует в данный момент общему развитию системы. Более то-



го, оно может бесполезно отвлекать на себя значительные средства и время на попытку его внедрения в существующую систему. Но никогда новое не начинает работать прежде, чем выберутся резервы старого. Такой подход более экономичен и целесообразен.

Исчерпав свои возможности, полисистема повышает степень динамизации своих частей, в первую очередь рабочего органа, и возвращается к моносистеме, приобретая более высокие качества.

Далее процесс будет повторяться неоднократно.

Это дыхание техники, это ее пульс, который прослеживается на протяжении всей ее жизни. Слышите, «моно — би — поли, моно — би — поли...»

Остается заметить, что с каждым ударом этого пульса техническая система все больше проникает в структуру вещества и полнее задействует имеющиеся там ресурсы. Как? Об этом вы узнаете в следующей главе.

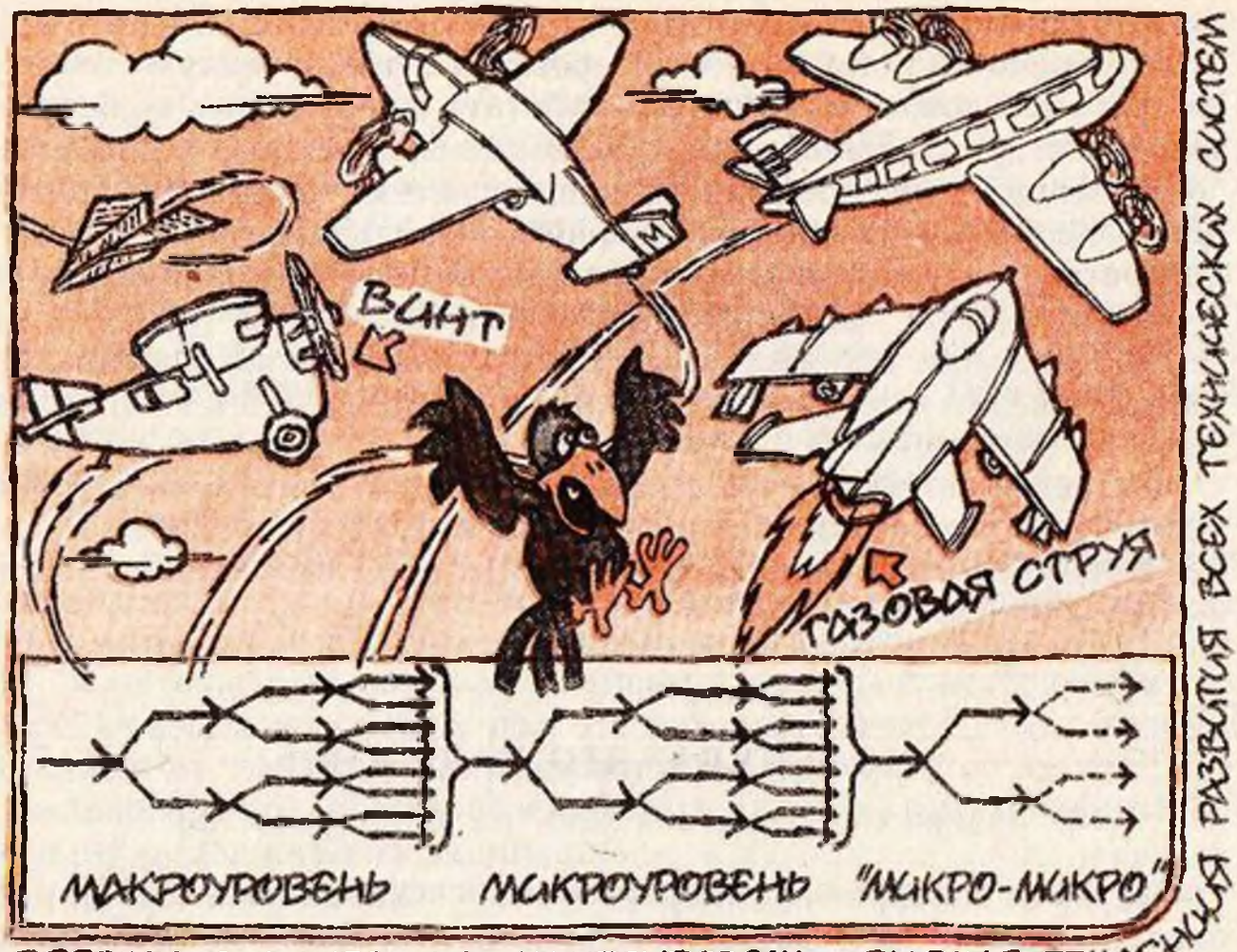
МОЛЕКУЛА? ЭТО НАДЕЖНО!

(Закон перехода с макро- на микроуровень)

Переход с макро- на микроуровень — главная тенденция развития всех современных технических систем. Взять хотя бы самолеты. В погоне за грузоподъемностью они на закате своей поршневой эры снабжались шестью, двенадцатью и более моторами. Затем рабочий орган — винт — все же перешел на микроуровень, став газовой струей. Так появилась реактивная техника. Если вы обратитесь к многим приведенным в этой книге решениям различных технических задач, то увидите, что в них, как правило, для достижения высокого результата были задействованы возможности структуры вещества. Вначале используется кристаллическая решетка, затем ассоциации молекул, единичная молекула, часть молекулы, атом и, наконец, части атома.

А как конкретно можно использовать знание закона перехода на микроуровень в изобретательской практике? В качестве примера возьмем наиболее «грубую», макроуровневую систему — строительную забивную сваю.

Свая поражает своей простотой, вероятно, позаимствованной у лома. Трудно понять, что же в ней можно улучшить. В свое время меня заинтересовало, как развить конструкцию сваи, пользуясь законом перехода с макро- на микроуровень. «И зачем ты такая длинная? — разглядывая сваю, начал придираться я.— Известно ведь: чем короче стержень, тем он более жесткий. У тебя же все наоборот. Кроме того, судя по твоему поперечному сечению и материалу, из которого сделана, ты можешь одна выдержать вес половины дома, однако тебя забивают в землю чаще, чем сидит морковка в грядке. Почему?» Ответы на эти вопросы я нашел в конструкции нижней части сваи, точнее — в наконечнике. Оказы-



вается, он переживал сильнейшие противоречия. Когда сваю забивают в землю, ее наконечник должен быть острым, чтобы легко раздвигать слои грунта. Но в то же время он должен быть и тупым, чтобы свая не погружалась в землю, когда на нее поставят здание. Пытаясь разрешить это противоречие, конструкторы, как показал анализ изобретений по этой теме, сделали наконечник и не острым, и не тупым. По форме он напоминал что-то среднее между зубилом и каблуком. Такую сваю уже с трудом можно было забивать в землю, но полной уверенности в том, что она не просядет под нагрузкой, не было. Противоречие оставалось непреодоленным. По этой причине сваю стали забивать до тех пор, пока она сама не останавливалась, наткнувшись на скальные породы грунта или на какой-либо огромный булыжник. Это могло произойти на глубине и трех метров, и пятнадцати. В результате все сваи оказались неномерной длины, и на строительной площадке стали скапливаться порой сотни метров их обломанных концов, которые не вошли в землю. В грунтах, не имеющих скального основания, была попытка вообще исключить из работы наконечник. Это так называемые висячие сваи. Они держатся за грунт только своей боковой поверхностью. В результате их длина еще более возросла. Возникло новое противоречие — при забивке свая должна быть скользкой, чтобы легко и глубоко проникать в грунт, и она же

должна быть шершавой, чтобы иметь большое трение с грунтом. Противоречие это пока так и остается непреодоленным.

Однако вернемся к обычной забивной свае. Итак, ее наконечник должен быть и острым, и тупым. Это физическое противоречие может быть разрешено во времени, т. е. при забивке свая острая, как игла, и на глубине 2—3 м наконечник сам превращается в большую опорную пяту, и тогда никакими силами сваю нельзя опустить дальше или выдернуть. Такая конструкция содержится в авторском свидетельстве № 201969: раздвижной наконечник, состоящий из нескольких лопастей, связанных между собой системой рычагов, которые приводятся в действие штырем, опускаемым сверху в канал ствола. С одной стороны, это усложняет сваю, а с другой — позволяет ей быть короче в несколько раз своей предшественницы. Ее можно ставить во многих мягких или пластичных грунтах, где обычные сваи не годятся.

Но и эта конструкция потребовала дальнейшего развития: ведь надежность раскрытия лопастей с помощью рычагов, работающих в земле, недостаточно высока. Появились сотни модификаций этой сваи. Она стала напоминать знаменитые кулибинские часы: букет шестерен, зубчатых реек, фиксаторов, толкателей и прочих механизмов. По сути это была отчаянная попытка спасти конструкцию сваи, выполненной на макроуровне.

А что если перейти на микроуровень? Совместно с В. М. Луговым мы решили еще более ужесточить требования идеальности к наконечнику сваи и для его достижения максимально применить молекулярные силы вещества. Раскрывающийся наконечник сваи должен быть не из металла, а из того же материала, что и сама свая, т. е. из бетона. Таким образом, произойдет согласование с грунтом по веществу, что повысит долговечность сваи и удешевит ее изготовление, устранит нарушения по энергопроводимости сваи.

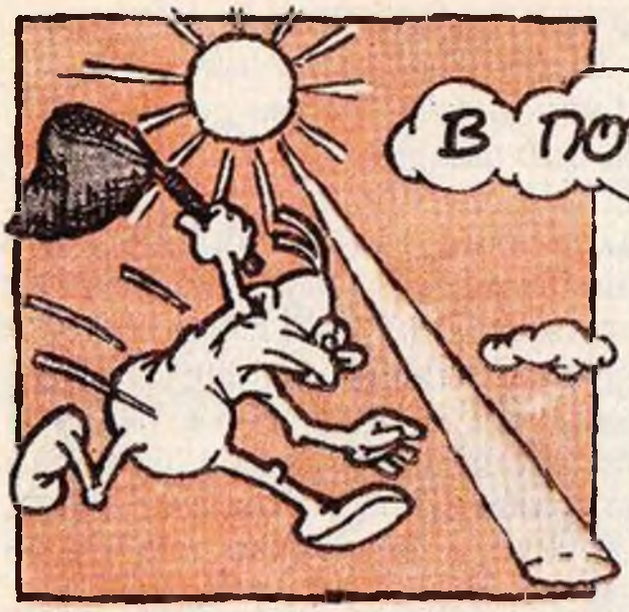
Предложенное нами решение породило целый куст новых свай с самоорганизующейся пятой . В полости наконечника сваи закладывается сухая бетонная смесь и пиропатрон. На определенной глубине пиропатрон взрывается и разрушает наконечник. Сухая бетонная смесь, реагируя с влагой земли, превращается в монолит. Образовалась надежная бетонная пята, которая будет вечно находиться в земле. Всю работу совершила молекула.

Итак, мы кратко познакомились с некоторыми законами развития техники. Зная их, изобретатель уже может представлять себе, какой должна быть изменяемая им техническая система и что для этого нужно делать.

В следующих главах мы, используя рассмотренные здесь законы, попробуем проанализировать некоторые общеизвестные технические системы и спрогнозировать их развитие хотя бы на уровне проблем. Как говорил Нильс Бор: «Проблемы важнее, чем их решения. Решения могут устареть, а проблемы остаются».

---

[1] Авторские свидетельства № 748425, 809914, 830819, 949988, 953336.



Я предпочел бы найти истинную причину хотя бы одного явления, чем стать королем Персии.

Демокрит

Как вы думаете, чему равен английский ярд? Если не сразу вспоминается эта величина, можно заглянуть в справочник. Он подскажет нам, что ярд равен 3 футам, или 36 дюймам, или 0,9144 метра. Все ясно: ярд — это почти метр. Почти, но не метр. А что такое метр? Кто его придумал?

В начале XVIII века с единицей измерения длины было гораздо проще. Английский король Генрих I приказал считать за ярд расстояние от кончика своего носа до кончика большого пальца его правой руки. Красивое решение — никаких проблем с мерой длины. Подходя к королю и, не отвлекая его от важных государственных дел, прикладывай к указанным ориентирам свой новый отрез на платье.

Однако в 1735 г. король скончался, и вместе с ним исчез эталон ярда. Погоревав, придворные астрономы, которым всегда нужен был эталон длины, нашли другого человека, такого же роста, как и Генрих I, с таким же носом. Этому человеку присвоили звание хранителя ярда, его одевали и кормили за королевский счет. Однако беспокойным мастеровым людям нужно было постоянно что-то измерять, проверять, примерять, и ходячий хранитель ярда их явно не устраивал. Тогда изобрели фут, который считался равным длине стопы человека. Разница в несколько сантиметров мало кого смущала. Подобным образом измерялась и морская сажень — она была равна расстоянию между распростертыми в стороны руками.

По приказу Петра I русский аршин был приравнен к 28 английским дюймам, а сам дюйм равнялся длине трех ячменных зерен.

Давайте ненадолго прервем анализ истории эталона длины, чтобы обратить внимание на одну общую закономерность. В начальный период своего зарождения любая техническая система пытается использовать в качестве рабочего органа части другой, предыдущей системы или что-нибудь подходящее из окружающей

среды. Так было с инструментами труда и с оружием, первые образцы которых представляли собой просто увесистый булыжник или палку. Так было с первыми автомобилями, кузова которых мало чем отличались от конного экипажа. Так было и с первыми управляемыми воздушными шарами — на них пытались ставить лодочные весла. Не миновал этой «детской болезни» и эталон метра. Однако, продолжая знакомство с историей эталона, мы увидим, что скоро он станет самостоятельной макроуровневой системой. Действительно, во многих городах в качестве эталона длины стал вывешиваться железный стержень, по которому должны были сверять свои мерки торговцы и ремесленники.

А в 1771 г. Парижская Академия наук установила за меру длины принять десятимиллионную часть расстояния от Северного полюса до экватора и назвать эту меру «метр». На основании этого решения в 1799 г. был изготовлен из платины эталон метра, который хранился в архиве республики и именовался как «истинный и окончательный».

Уважаемая Парижская Академия, вероятно, еще не знала о законах развития технических систем и потому могла себе позволить заявить, что созданный ею эталон метра — «истинный и окончательный». Конечно, вывод был ошибочный — техническая система не может остановиться в развитии. Тем более, что вскоре была обнаружена ошибка в исчислении метра.

В 1889 г. по инициативе русских ученых собралась 1-я Генеральная конференция по мерам и весам, на которой ошибку исправили и в качестве эталона приняли платиново-иридиевый стержень с двумя штрихами, расстояние между которыми и составило «истинный метр». Кроме этого основного эталона, помещенного на хранение в сейф Международного бюро мер и весов во Франции, было изготовлено еще 29 копий метра, которые по жребию распределены между странами, заказавшими эталоны. России достались эталоны за номерами 11 и 28.

Платиново-иридиевый метр как международный эталон просуществовал достаточно длительное время.

Но наука развивалась, требовались более точные меры длины, которые уже не мог обеспечить существующий эталон. Действительность заставила эталон метра перейти с макроуровня, т. е. уровня «железок», на микроуровень. В 1960 г. решено было выразить метр через длину волны, излучаемого газом криптоном-86 в вакууме. Такое решение позволяло при соблюдении определенных, заранее оговоренных условий воспроизвести метр в любой части света без его сверки с хранящимся во Франции международным эталоном.

Перейдя на работу молекул, эталон метра приобрел большие возможности в повышении своей точности.

Но и этого оказалось мало. Пришлось эталону еще более «раздробиться» и перейти на использование энергетических полей. На Парижской сессии Международного комитета мер и весов,

состоявшейся в 1985 г., был одобрен проект более точного определения метра — через скорость света, а именно: за метр считать расстояние, которое свет проходит в вакууме за 299 792 458-ю долю секунды. Луч света будет испускаться сверхстабильным лазером.

Определить метр по-новому стало возможным лишь после того, как удалось с чрезвычайно большой точностью определить единицу времени — секунду. А это значит, что часы как техническая система должы были пройти эволюционный путь от макроуровня на микроуровень несколько раньше, чем эталон метра, и также подойти к использованию энергии света. Мы имеем доказательство этому буквально на своих руках.

Взгляните на электронные часы! Вероятно, вы уже успели заметить, что на них вместо ранее привычных металлических стрелок видны только цифры, изображения которых строят жидкие кристаллы, управляемые электрическим полем. С точки зрения ТРИЗ ничего необычного не произошло. Рабочие органы часов — маятник и стрелки — перешли на молекулярный уровень. Точность часов значительно повысилась. Их ошибка в течение суток составляет уже не более десятой доли секунды. Вероятно, на ближайшие несколько десятков лет эти «молекулярные» наручные часы будут вполне удовлетворять нашим требованиям.

Часы — интересный и благодарный объект для изучения эволюционных преобразований технических систем. История их развития достаточно интересна, и в ней нашли подтверждение все известные на сегодня законы развития техники. Повышение точности хода было основной заботой многих поколений мастеров.

Часовое искусство в начале XVIII века было уже развито достаточно высоко, изобретен маятник, палетный ход часов и пружинный механизм. Стараниями искусных мастеров точность хода лучших астрономических часов по тем временам уже достигла фантастической величины: ошибались не более чем на четверть минуты в сутки. И все же второй королевский астроном Англии Эдмунд Галлей недоволен имеющимися часами и заказывает первому часовому мастеру Джорджу Грэхему новые часы с более высокой точностью. Четыре года понадобилось Грэхему, чтобы выполнить этот заказ. Его часы ошибались всего на одну секунду в сутки. Успех был достигнут не совершенством изготовления шестерен и других передаточных механизмов, а новой конструкцией маятника. Маятник прежних часов был выполнен в виде одного стального стержня, и именно он вызывал неточность хода. В зависимости от температуры длина маятника изменялась, а вместе с ней изменялся и период его колебаний. Различные механические устройства, компенсирующие температурные изменения длины маятника, не помогли. Грэхем заменил одиночный стальной стержень маятника часов набором латунных и стальных стержней, параллельно соединенных друг с другом. Теперь температурные удлинения одних стержней компенсировались удлинением других, и маятник сохранял длину неизменной.

Здесь мы также наблюдаем частичный переход маятника часов на молекулярный уровень. Затем, как и следовало ожидать, произошел переход от использования молекулярных сил твердых веществ к жидким. Тот же Грэхем впоследствии предложил выполнить маятник полым и частично залить его ртутью. При изменении окружающей температуры центр тяжести маятника сохранялся подъемом или опусканием ртути.

Более 150 лет использовались такие часы во всех обсерваториях мира. Все это время совершенствовались двигатель, трансмиссия и органы управления часов. С открытием электричества появилась возможность и эти часы перевести на микроуровень.

Маятник стал получать импульс не от пружины или гирь, а от источника электрических сигналов. Точность часов возросла, их ошибка уже составляла не более одной секунды в год.

Но и эта точность все же не могла удовлетворить астрономов. В 1939 г. в Гринвичской королевской обсерватории впервые заработали кварцевые часы. Это был переход на микроуровень всех частей системы, включая и трансмиссию. Части системы часов свернулись в одно вещество — кристалл кварца, который под действием приложенного электрического сигнала выдавал стабилизированные упругие колебания. Теперь ошибка в одну секунду накапливалась в течение двух лет. Но колеблющийся кристалл кварца был так чувствителен к перепадам температур, что на него приходилось надевать многие «одежды» и прятать глубоко в землю. Но и этого оказалось недостаточным. Стало ясно, что молекулярные силы твердого вещества окончательно исчерпали свои возможности и должен был последовать шаг к использованию жидких, а далее газообразных веществ, причем в этой конструкции должны быть задействованы «разобранные» молекулы или группы атомов. Квантовые часы на аммиаке подтверждают верность наших предложений. Под действием приложенного электрического поля группы атомов аммиака периодически испускали свет, что и стало служить эталоном частоты.

Квантовые часы на аммиаке сразу же снизили вариацию хода до 0,000001 секунды в сутки. В Пулковской обсерватории в конце 50-х — начале 60-х годов аммиачный генератор использовался как основной эталон времени.

Однако космическая техника устремлялась к другим мирам и требовала все большей точности измерения времени. Ошибка даже в миллионную долю секунды могла свести на нет труд многих тысяч людей, занятых изготовлением межпланетных аппаратов. И вот в октябре 1967 г. XIII Международная конференция по мерам и весам постановила: «Секунда — это 919 263 177,0 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133».

Так завершился очередной этап развития рабочего органа часов, который уже полностью перешел на использование энергии единичного атома твердого вещества.

Атомные часы за 15 тыс. лет могут ошибиться менее чем на полсекунды. Это чудовищная, не поддающаяся воображению точность. Посудите сами. Лишь 500 лет назад Европа познала книгопечатание, всего 2700 лет прошло от основания Рима... За всю историю существования цивилизованного человечества эти атомные часы не смогли бы ошибиться более чем на несколько сотых долей секунды. Вероятно, на ближайшее время большая точность часов не потребуется. Но техника не останавливается в своем развитии, ее законы неумолимы. Снова должен последовать виток в переборе веществ для рабочего органа, работающего на атомарном уровне. В погоне за точностью и надежностью твердое вещество — цезий должен быть заменен жидкостью или газом.

Так происходит с любой из технических систем, которые вынуждены развиваться. Вначале, как обычно, используются возможности твердого вещества, которое динамизируется, т. е. делается все более подвижным, эластичным, затем дробится, добиваясь псевдотекучего состояния, и, наконец, превращается в жидкость и газ.

Вспомните хотя бы колеса первых автомобилей. Они мало чем отличались от жестких деревянных колес кареты. Значительно позже они стали иметь резиновые литые ободы. Затем была попытка надеть на колеса шланги, заполненные водой. И только баллоны, заполненные сжатым воздухом, позволили поднять и обезопасить скорость движения автомобиля.

Автомобили на воздушной подушке уже демонстрируют полный переход колес на газовый уровень.

Однако вернемся к нашим часам.

Если вы прочитаете книгу Д. Хауза «Гринвичское время и открытие долготы», то узнаете, что конструируются атомные часы, использующие водород... Эти часы будут способны обеспечить еще большую стабильность, чем все прежние.

Теперь очередь за светом. Частично это уже наблюдается в существующих эталонах времени. Следующий шаг будет связан с использованием света как истинно рабочего органа, а часы — это типичная техническая система, которая должна подчиняться общим эволюционным законам.

В угоду человеку, который требует, чтобы его дело делалось лучше, быстрее, а механизмы были бы проще и надежнее, техническая система, находящаяся на молекулярном уровне, покидает его и перебирается на атомарный. Но до этого шага она должна подтянуть к нему все свои вспомогательные системы. Без этой предварительной работы вообще невозможен переход на следующий уровень, или он будет малоэффективным. Это все равно как если бы мы, создав высокоскоростной автомобиль, оставили на нем в качестве управления вожжи.

Но вот техническая система, подтянув свои тылы, закрепляет свой рабочий орган на атомарном уровне. Здесь уже масса новых резервов. Вначале используются группы атомов, так сказать,

«разобранные» молекулы — ионы, катионы, анионы, затем внимание сосредоточивается на единичном атоме. Разрушается его электронная оболочка, расщепляется ядро, используется возникающая при этом энергия. Наконец техническая система добирается до частей атома — его осколков — протонов, нейтронов и т. д. Чтобы убедиться в этом, снова обратимся к рабочему органу ракетного двигателя. В предыдущей главе мы оставили его на молекулярном уровне, т. е. в виде газовой струи, выходящей из сопла, образованной в результате химической реакции определенных веществ. Теперь, согласно схеме, мы должны использовать «разобранные» молекулы. Да, имеются и эксплуатируются плазменные двигатели, где струя газа нагревается до температуры распада молекулы и составляющие ее атомы разгоняются каким-либо энергетическим полем. Появляется возможность значительно увеличить скорость струи, а следовательно, повысить тяговое усилие двигателя. Пройдя этот шаг, техническая система теперь должна вплотную заняться самим атомом. В 1978 г. были созданы и испытаны ядерные ракетные двигатели, в которых тяга создавалась за счет энергии, выделяющейся при радиоактивном распаде ядра атома. Ядерный реактор, установленный вместо камеры сгорания, позволяет разогнать космический корабль уже до 50 км/с. Это намного выше скорости газовой струи химических реактивных двигателей, у которых она составляет всего 4,5 км/с.

А что же дальше? Дальше, как и положено, появились ядерные реактивные двигатели, в которых рабочим телом реактивной струи служат ускоренные частицы ядра — протоны, нейтроны, электроны и т. д. Частично это осуществляется в электрических ракетных двигателях. Этот двигатель уже символизирует собой переход технической системы с атомарного уровня на уровень энергетических полей. Это новое огромное поле развития, на котором части технической системы приобретают вид не молекулы и не атома, а энергетических полей. Причем вначале используются сложные, «тяжелые» энергетические поля, затем все более простые и однородные. В одной из модификаций упомянутого нами электрического ракетного двигателя ионы и электроны (носители электрической энергии) раздельно ускоряются в электростатическом поле, затем перемешиваются для нейтрализации объемного заряда и, стекая, создают тягу. Из-за малой отбрасываемой массы рабочего тела время непрерывной работы электростатических ракетных двигателей измеряется годами. По удельному импульсу эти двигатели многократно превосходят все известные. С их помощью уже можно достичь скорости до 100 км/с. Такие двигатели, у которых рабочий орган уже почти полностью состоит из энергетического поля, сегодня уже проектируются и испытываются в ряде стран.

Освоив сложные виды энергетических полей, техническая система перейдет к более простым и энергоемким полям. А это значит, что мы неизбежно придем к мысли об использовании

энергии света, которая по сути также является энергией электромагнитных волн. Уже сбываются предсказания фантастов, помещающих своих героев на фотонные ракеты. Доказана возможность реального использования в качестве двигателя лазерной установки. Рассчитываются космические «странники», которые, развернув в космосе огромный многокилометровый парус, будут улавливать идущий от солнца световой ветер и мчаться в просторах вселенной со скоростью 200 км/с и более.

Стремление овладеть светом или по крайней мере приблизиться к этому уже сегодня четко проявляется не только в космических, но и в наземных технических системах. Возьмем режущий инструмент, кратко проследим его развитие по мере возрастания наших потребностей. Вначале это был неподвижный жестко закрепленный один резец. Затем появился суппорт, несущий на себе уже несколько резцов (полисистема), затем резец «раздробился», превратившись во фрезу, и еще более динамизировался, т. е. стал вращаться, поворачиваться и т. д. По мере повышения динамизации он все более дробился (алмазные зерна во фрезе), наконец перешел на микроуровень, став газовой струей резака. Динамизация газовой струи превратила его в плазменный резак, где уже участвуют «разбитые» молекулы и возбужденные в электрическом поле группы атомов.

Вот уже появился в резаке разогнанный жгут электронов. А скорости резания требовались еще большие — и вспыхнул в цехе яркий луч нового лазерного резака. Он уже мог за доли секунды раскроить материал любой твердости, включая и алмаз. Рабочий орган машины — резец — из неподвижной макроуровневой «железки» превратился в пучок света.

Можно подумать, что «световая» судьба предназначена только для подвижных, мобильных технических систем. Но переход на микроуровень и далее на световой присущ всем без исключения техническим системам, и они это делают, как только возникает соответствующее повышение требований. Вспомните наш эталон метра. Вспомните также систему информации. Вначале она была «макроуровневой» — сигнальные костры, флажки, семафоры, письмо и т. д. Затем перешла на микроуровень — телеграф, радио, телевидение. Система связи сегодня уже использует в качестве рабочего органа пучок света, идущего по волокнам оптического кабеля или луча лазера, несущего в себе миллионы и миллиарды бит информации одновременно.

Интересно, что, какую бы функцию ни несла техническая система, в конечном итоге в своем развитии она обязательно обратится к использованию энергии света. Это не значит, что все известные на сегодня технические системы превратятся в свет. Большая часть в процессе эволюционных преобразований исчезнет за ненадобностью выполняемых ими функций или же объединится с другими системами, которые, несмотря на малое свое количество, будут успешно выполнять многочисленные обязанности. Они-то и

пройдут весь оставшийся путь до использования квантовой энергии света. А что же дальше? Неужели это действительно конечный путь развития? Предполагать так не дает мысль о безграничности развития природы и бесконечности окружающего нас мира.

Но что же может быть быстрее и более энергоемким, чем свет? Здесь позволим себе пофантазировать. Скорее всего развитие техники далекого будущего пойдет по пути использования времени и пространства. Это не укладывается в сознании, но так диктуют законы. Возможно, человечество как-то научится использовать окружающее пространство и время более продуктивно, чем это удается делать нам сейчас. Возможно, удастся использовать и так называемые космические черные дыры, которые в страшном сгустке законсервировали в себе окружающее пространство и время. Все, что было рядом с этими черными дырами, втянуто в них и спрессовано. Из этих ловушек не может вырваться даже свет.

Ученые предполагают, что именно черные дыры — эти «консервы» времени и пространства — накапливают в себе энергию, чтобы в конце концов взорваться и родить новую Галактику. Это, вероятно, и есть самое мощное и самое огромное энергетическое поле, которое имеется в природе, и оно должно быть использовано человеком.

Подведем некоторые итоги. Любая техническая система в своем развитии поочередно использует для функционирования своих частей, в первую очередь рабочего органа, вещества, находящиеся в твердом, жидком и газообразном виде, с многими переходными состояниями между ними. По мере исчерпания возможностей газообразных веществ техническая система все более переходит на уровень энергетических полей, вначале постоянных, затем все более динамичных «квантовых», вплоть до световых и во всех их диапазонах.

Были проверены десятки и сотни технических систем. Оказалось, что все они имеют одни и те же этапы развития. Иначе просто и не могло быть. Законы едины, и развитие может идти только по ним. Предпринята попытка составить своеобразную единую схему развития технической системы с учетом известных на сегодня законов.

Однако дело осложняется тем, что законы развития срабатывают не последовательно друг за другом, а параллельно, переплетаясь между собой и дополняя друг друга. Сегодня наметились, возможно, не бесспорные, но только фрагменты такой схемы, зато ясно обозначилось огромное поле для исследований.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

(Фрагменты)

Приведем основные этапы развития технической системы.

1. Возникновение потребности.

2. Попытка погасить новую потребность повышенным удовлетворением других видов потребностей.

3. Попытка использовать по новому назначению имеющиеся природные или технические средства без их изменения.

4. Зарождение новой технической системы в виде одного рабочего органа, имеющего простые линейные формы и совершающего в кинематике простые возвратно-поступательные движения. Функции трансмиссии, двигателя и средства управления выполняет сам человек, или они применяются от ранее развитой другой системы (технической, природной).

5. Развитие рабочего органа. Преобразование линейной формы в криволинейную, объемную. Переход от простых возвратно-поступательных движений к сложным (круговым, вращательным). Разделение рабочего органа на части, введение между ними шарнирных связей, увеличение степени подвижности.

6. Преобразование части рабочего органа в зачаток трансмиссии или ее применение от другой системы.

7. Выход трансмиссии на самостоятельный путь развития — отделение от рабочего органа, введение шарнирных связей, повышение степени гибкости, разделение на части, переход от движения в плоскости к движению в объеме.

8. Преобразование части трансмиссии в зачаток средства управления или ее применение от другой системы.

9. Отделение средства управления от трансмиссии, введение между ними шарнирных связей, повышение степени подвижности, разделение на части, введение полей в качестве связующих элементов.

10. Формирование зачатков двигателя путем преобразования одной из частей трансмиссии в накопитель, «улавливатель» внешней энергии или его применение от другой системы.

11. Переход от функции накопления энергии к функции преобразования энергии, вначале внешних источников, затем внутренних. Переход двигателя от энергии твердых веществ к энергии жидких и газообразных веществ. Развитие трансмиссии на микроуровне.

12. Комплексное развитие сформировавшихся частей системы на макроуровне путем устранения возникающих между ними технических противоречий, а внутри их — физических. Развитие вепольных взаимосвязей, частичный переход двигателя и трансмиссии на микроуровень[1].

13. Начальный этап перехода частей системы на микроуровень.

Повышение степени многофункциональности частей системы. Согласование веществ по уровням их развития.

Поэтапное сворачивание элементов внутри каждой части системы в один с сохранением выполняемых функций.

Частичный переход в ближайшую надсистему[2].

14. Полный переход частей системы на микроуровень.

Сворачивание системы в рабочий орган (идеальное вещество) с сохранением всех выполняемых ранее функций[3].

15. Развитие свернутого рабочего органа как полной технической системы. Форсирование вепольных взаимосвязей внутри рабочего органа и с внешней средой. Поочередное использование ресурсов, имеющихся в твердых, жидких и газообразных веществах, а также возможностей: группы молекул (кристаллическая решетка, полимеры, ассоциации молекул), единичной молекулы (сложной, простой), части молекулы (ионы, катионы), группы атомов, единичного атома, части атома, элементарной частицы.

Переход с микроуровня вещества на уровень энергетических полей — молекулярных, атомарных, световых[4].

16. Окончательное поглощение системы надсистемой.

17. Развитие надсистемы. Повторение предыдущих шагов. Тенденция преобразования технической системы в биологическую.

---

[1] Каждый из перечисленных этапов, а также все последующие сопровождаются попытками улучшить показатели технической системы путем увеличения ее размеров, перехода от линейных форм к объемным, преобразования в бисистему и полисистему, повышения степени динамизации частей (увеличение подвижности, гибкости, шарнирных связей, импульсивности, перехода от движения в плоскости к движению в объеме и т. д.), повышения степени дробления (дисперсности), согласования ритмики и физико-химических параметров, увеличения степени управления.

[2] Переход в надсистему возможен и на более ранних или более поздних этапах развития, в зависимости от вида и количества выполняемых функций.

[3] Сворачивание системы носит пульсирующий характер. Появление новых дополнительных функций заставляет применять новые элементы, которые еще не переведены на микроуровень, но по мере их развития они также впитываются какой-либо частью системы. При появлении очередной дополнительной функции картина повторяется. Последними в рабочий орган вливаются средства управления.

[4] Микроуровневый рабочий орган в своем развитии постепенно переходит от использования искусственно получаемой энергии к энергии окружающей среды.

А теперь немного отвлечемся от текста книги и подумаем: в каких областях деятельности человека может быть применена ТРИЗ?

Для решения технических задач? Несомненно. И мне кажется — вы в этом уже убедились.

Для прогнозирования развития технических систем, чтобы увидеть наше завтра? Да — и это.

Но главное, что дает ТРИЗ — это повышение качества мышления вообще. Но нет на земле профессий или таких областей деятельности, где не требовалось бы постоянное увеличение доли творчества.

Значит, ТРИЗ нужна всем, везде и всегда. Она развивает диалектический образ мышления, который применим к конкретным жизненным ситуациям. ТРИЗ позволяет лучше понимать происходящие события не только в технических системах, но и в более широких — социальных, научных, исторических и других. Разработчиками ТРИЗ уже проведен ряд исследований в этих областях, многие работы опубликованы и нашли признание.

Вот и мы с вами с помощью инструментов ТРИЗ попытаемся сейчас приоткрыть завесу некоторых вековых тайн, загадочных явлений и событий, произошедших в истории человечества.

НЕПОДВЛАСТНЫЕ ВРЕМЕНИ

Основатель династии владык Египта фараон Джосер спросил своего первого сановника, мудреца Имхотепа, как ему воздвигнуть себе памятник. Имхотеп ответил: «Начерти, государь, на земле квадрат и положи на него шесть миллионов неотесанных камней — они представят собой египетский народ. На этот слой положи шестьдесят тысяч обтесанных камней — это твои низшие служащие. Сверху положи шесть тысяч полированных камней —

это высшие чиновники. На них положи шестьдесят камней, покрытых резьбой,— это твои ближайшие советники и военачальники. А на самый верх водрузи один камень с золотым изображением солнца — это будешь ты сам».

Так якобы возникла древнейшая ступенчатая пирамида, символ общественного устройства Древнего Египта. Памятник не только фараону, но и всему народу, построившему пирамиду.

По другой легенде, которую приводит крупнейший авторитет арабской историографии аль-Масуди (IX в.), первые пирамиды были построены фараоном Суридом, после того как жрецы предсказали великий потоп. «Тогда властитель решил построить пирамиды,— сообщает аль-Масуди,— а пророчества священнослужителей повелел начертать на столбах и больших каменных плитах». Во внутренних помещениях пирамид фараон приказал укрыть клады и другие ценные вещи вместе с телами своих предшественников. Священнослужителям было велено оставить там письменные свидетельства его мудрости, достижений наук и искусств. После этого по приказу фараона были построены подземные ходы до самых вод Нила. Все помещения внутри пирамид были наполнены талисманами, идолами и другими чудодейственными предметами, а также записями, сделанными священнослужителями и содержащими все области знаний, названия и свойства лечебных растений, сведения, касающиеся счета и измерений, дабы сохранились они на пользу тем, кто сможет их разуметь». На пирамидах были начертаны следующие слова: «Я, властелин Сурид, построил эти пирамиды за шестьдесят лет. Пусть попытается тот, кто придет после меня, уничтожить их в течение шестисот лет!..»

Пирамиды остались вечными.

С той поры было построено множество пирамид. Однако более всего внимание людей притягивают к себе пирамиды двух фараонов IV династии — Хуфу (Хеопса) и его сына Хафры (Хефрена). Пирамида Хеопса была построена в 2690 г. до н. э., имеет в основании квадрат со стороной 232,4 м. Высота пирамиды 146,7 м, масса около 7 млн. т. До сих пор она остается крупнейшим искусственным сооружением человека на Земле.

В 642 г., почти через три тысячи лет после постройки пирамид, Египет завоевали арабы. Но и они с великим уважением глядели на величественные пирамиды, вымолвив слова, которые тоже стали вечными: «Все на свете страшится времени, время страшится пирамид».

Египетские пирамиды считаются первыми из семи чудес света. Они поражают воображение человека не только своими размерами, но и сложнейшей архитектурой, внутренней сложностью замысла, трудом и мастерством. Египтологи уверены, что пирамиды несут нам как послание из далеких веков фундаментальные знания по математике, астрономии и многим другим наукам, которыми занимались древние жрецы.

Еще Геродот, основываясь на рассказах египетских жрецов, писал, что площадь квадрата, построенного на высоте пирамиды, равна площади его боковых граней. Отношение катетов боковых граней пирамид составляет 4:3. Такое соотношение соответствует хорошо известному треугольнику со сторонам 3:4:5, который называется «совершенным», «священным» или «египетским». Для треугольника 3:4:5 справедливо равенство $3^2 + 4^2 = 5^2$, которое выражает теорему Пифагора. Не ее ли хотели увековечить египетские жрецы?

Пирамида свидетельствует о знании египтянами золотой пропорции, равной 1,618. Многие исследователи указывают, что отношение удвоенной стороны основания к высоте пирамиды отвечает числу π.

Отмечено также, что пирамиды несут в себе тайну чисел Фибоначчи. Это такой ряд чисел, в котором каждое последующее число является суммой двух предыдущих чисел: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55 и т. д. Числа Фибоначчи обладают многими интересными свойствами, которые еще до конца не раскрыты. Например, если сложить расположенные через одно числа, то получится новый ряд чисел: 4, 7, 11, 18, 29, 47 ..., который вновь обладает прежним свойством, т. е. сумма двух предыдущих равна третьему числу. То же получается при последовательном закономерном делении последующих чисел на предыдущее. Отношение расположенных через одно чисел Фибоначчи в пределе стремится к квадрату золотой пропорции 2,618033... Но ведь именно такое соотношение имеется в прямоугольном треугольнике с углом наклона 51°52′. Именно такой угол наклона граней имеют пирамиды.

В пропорциях и размерах пирамид многие усматривают законы мироздания, глубинный смысл еще не осознанных нами знаний. Как утверждают исследователи, каждая пирамида несет в себе не менее пятидесяти целей. Они являются в полном смысле гордиевым узлом загадок. Почти пять тысяч лет существуют пирамиды, и каждая эпоха открывает очередную загадку этих удивительных сооружений.

Познакомимся с одной из таких загадок.

У современных строителей искреннее удивление вызывает тот факт, что почти у всех пирамид одинаково точно выдержан угол наклона граней, который составляет — 51°52′. Этот или близкий к нему угол присутствует у всех пирамид — и маленьких и больших. Современные строители, чтобы выдержать постоянство углов у сооружений с наклонными стенками, используют сложнейшие приборы, вплоть до лазеров. Выдержать наклон с точностью до нескольких угловых минут — это и сегодня величайшая инженерная задача. Как же египтяне могли обеспечить столь высокую точность? Ведь ошибка в наклоне ребра пирамиды хотя бы на один градус приводит к отклонению вершины на несколько метров. Но пирамиды стоят с идеально ровными гранями, каждая из которых совершенно одинаково наклонена к центру.

Один из разработчиков и исследователей ТРИЗа, инженер из Новосибирска А. Сайфутдинов объясняет это следующим образом. По оценкам археологов, самая большая пирамида Хеопса сложена примерно из 2 300 тыс. каменных блоков каждый весом 2,5 т. Долгое время считалось, что строительство пирамид осуществлялось рабами. Сотни тысяч их, согласно этому представлению, трудились в каменоломнях, вырубая гигантские монолиты, а затем тянули их к месту сооружения. Но ведь до сих пор не обнаружено никаких следов каменоломни, откуда древние строители могли брать камень! Не обнаружено и следов специальных машин и приспособлений, которые были необходимы для их транспортировки и подъема.

Современные египтологи на основании кропотливого анализа многочисленных документов той эпохи доказывают, что пирамиды строили не рабы, а вольнонаемные мастера. Дело в том, что фараон у египтян считался «живым богом», ему поклонялись при жизни и после его смерти. Строительство гробницы для фараона было больше чем выполнение государственного долга, это было неотъемлемой частью религиозного культа, исполнением священного, хотя очень трудного обряда. Такое невозможно было поручить рабам, большинство из которых были иноземцами.

Как видим, проблема обостряется. Более двух миллионов блоков кто-то должен был делать и устанавливать. Необходимость колоссальных трудозатрат и сжатые сроки — пирамида должна быть законченной ранее, чем умрет фараон,— требовали иного подхода, чем описано выше. Допустим, пирамида строилась 20 лет, и если половина этого времени уйдет на изготовление блоков, тогда в течение 10 лет нужно еженедельно изготавливать более четырех тысяч блоков. Даже современное высокомеханизированное производство не в состоянии иметь такую производительность. Кроме того, для такого производства потребовались бы десятки квадратных километров площади. Однако легенды не упоминают о такой строительной площадке. Итак, мы вышли на первое противоречие: блоков должно быть много — более двух миллионов, чтобы хватило на всю пирамиду, и блоков должно быть мало, так как не хватает времени для их изготовления.

А. Сайфутдинов разрешил это противоречие, применив известный в ТРИЗ принцип — разделение требований в пространстве. Действительно, пирамида должна быть изготовлена из каменных блоков, но не вся... Внешняя ее часть — из блоков, а вот внутренняя из каких-то других материалов. Из чего же должна быть построена сердцевина пирамиды? Во-первых, это должен быть легкодоступный материал, требовать минимума обработки и быть прочным. В предельном случае — из воздуха, т. е. желательно оставлять в сердцевине как можно больше пустот. Такая конструкция хотя и была бы менее трудоемкой, но она оказалась бы непрочной перед натиском времени. Помните, что советовал своему владыке мудрец Имхотеп? Он говорил ему: «Положи на землю

шесть миллионов неотесанных камней...» Вероятно, этот совет и был реализован на практике. В этом случае не нужно специально заботиться о создании пустот — они будут сами возникать между неровными обломками.

Действуя таким образом, одновременно решают две проблемы: избавляются от больших затрат времени на обработку камня и ускоряют процесс укладки сердцевины пирамиды.

Остается нерешенной проблема прочности пирамиды. На границе контакта неровных обломков будут возникать огромные нагрузки, разрушающие камень и приводящие к осадке и разрушению всей пирамиды.

Возникает новое противоречие: полости должны быть, так как камни неровные, и их не должно быть, чтобы пирамида была прочной. Попробуем разрешить противоречие в пространстве — полости есть, но они раздробленные и очень малые. Как это может быть? Составляем идеал. «Окружающая среда сама заполняет все полости между булыжниками и образует прочное соединение, которое не поддается осадке». Воздух мы уже использовали. Что еще есть в пустыне? Конечно, песок! Он сочетает в себе свойства твердого камня и жидкости. Благодаря этому он может «затекать» в пустоты между камнями и становиться твердым, равномерно воспринимая и распределяя нагрузки по всем булыжникам. Полностью устраняется опасность возникновения местных разрушающих нагрузок, а это важнейший залог долговечности сооружения. Кроме того, сердцевина из обломков с пустотами, заполненными песком, обретает еще одно качество долговечности — сейсмоустойчивость. Пирамиды пережили многие страшные землетрясения, но остались целы. Правда, на некоторых из них разрушились вершины, выложенные из цельных блоков, но сердцевина осталась целой. Итак, технология начального этапа строительства пирамид проясняется. В процессе укладки обломки камня известняка пересыпали песком. По мере роста рукотворного холма строили погребальные камеры и многочисленные коридоры. Затем их закладывали плитами и снова обкладывали обломками. На высоте 135—140 м заканчивали укладку сердцевины.

Второй этап строительства — укладка наружных слоев пирамиды из обработанных каменных блоков. Для этого уже использовались рычажные механизмы, катки, блоки и другая механизация. Но прежде чем уложить плиты, нужно было подготовить идеально ровные наклонные поверхности — грани пирамиды. При этом, как мы уже отмечали, угол наклона каждой грани должен быть абсолютно одинаковым. Снова обратимся за помощью к идеальному конечному результату: «Песок сам выравнивает грани пирамиды и сам выдерживает одинаковый угол их наклона». Как это может быть? Попробуйте насыпать песчаный холмик. Какой бы высоты вы его ни делали, угол наклона его поверхности будет везде одинаков! Этот угол называется углом естественного откоса. Такое свойство присуще любому сыпучему телу. А кто, кроме египтян,

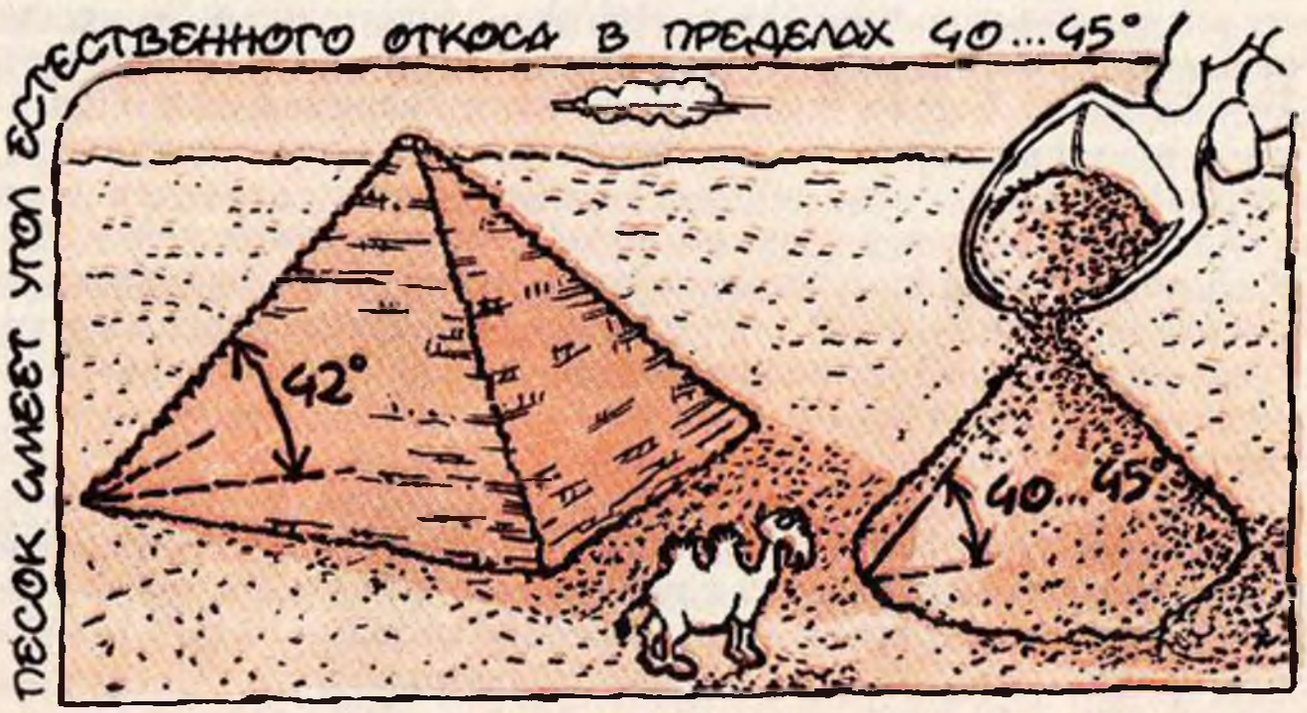
живущих в окружении пустынь, мог лучше знать свойства песка?! Отпадает всякая необходимость в измерении или подгонке углов наклона пирамиды. Песок сам, следуя своему естественному углу наклона, идеально выравнит все стороны! Теперь остается проверить, соответствует ли эта догадка существующему углу наклона сторон пирамид.

Откройте любой справочник по строительству, и вы узнаете, что в зависимости от крупности песок имеет угол естественного откоса в пределах 40...45°. Угол наклона ребер пирамиды Хеопса и остальных попадает в эти границы, он равен 42°!

Если строители обеспечивали с помощью песка правильный наклон ребер, то это автоматически предопределяло угол наклона граней. Так, для пирамиды Хеопса угол наклона ребер в 42° означает наклон граней под углом 51°52′. Именно такие угловые размеры имеют пирамиды. Различия составляют несколько угловых минут, но вызваны они могут быть или отличающимся по крупности песком, или включением некоторых примесей, например ила.

Итак, как отмечает А. Сайфутдинов, в основе высокопроизводительной технологии строительства пирамид лежало использование песка. Именно благодаря ему обеспечивалось быстрое возведение пирамиды, заполнение пустот между скальными обломками, равномерное распределение давления внутри пирамиды. Песок рассеивает и гасит ударные волны сейсмических толчков, выравнивает поверхность для укладки каменных блоков и, наконец, обеспечивает точный и равномерный по всей длине угол наклона ребер пирамиды.

Какой еще другой строительный материл по своей доступности и универсальности может сравняться с песком? Есть у него и еще одно великолепное свойство. Вход в пирамиду обычно искусно маскировался, поэтому охотники за сокровищами пытались



проникнуть в усыпальницу фараонов, делая свой лаз. Но как только грабители пробивали туннель и углублялись в тело пирамиды, дальнейшее рытье становилось бесполезным. Песок все сыпал и сыпал из всех полостей, грозя засыпать туннель вместе с грабителями. Не отсюда ли пошли легенды о ловушках пирамид, засыпающих песком тех, кто нарушал покой фараонов?

Последний и решающий аргумент в пользу этой гипотезы преподнесли исследования пирамиды Хеопса в наши дни. В 1987 г. французская археологическая экспедиция, в поисках скрытых помещений, занималась микрогравиметрическими исследованиями пирамиды. Ученым удалось нащупать несколько подозрительных полостей. Была сконструирована специальная портативная бурильная установка, чтобы попытаться изнутри добраться до предполагаемых пустот. Однако осуществить эти планы полностью не удалось. Найденная с таким трудом полость в пирамиде оказалась засыпанной песком... Это особо мелкий песок, какого поблизости нет. В том, что сейчас пирамиду окружает совсем другой песок, нет ничего удивительного. Более чем за четыре тысячи лет пустыня существенно изменилась. Из ее глубин пришли новые массы песка, которые погребли под собой древний песок.

Таким образом, результаты исследований французских археологов позволяют сделать вывод о реальности существования «песчаной» технологии изготовления пирамид. Более того, думается, что и сами каменные блоки, которыми облицована пирамида, тоже изготавливались из песка. Американский химик, профессор Берлского университета Джозеф Давидович много лет назад выдвинул гипотезу о том, что блоки пирамиды изготовлены из бетона... А в одной из пирамид найдены, якобы, следы опалубки, которая обычно применяется при бетонировании.

С позиции ТРИЗ древние египтяне должны были бы максимально задействовать имеющиеся вещественно-полевые ресурсы. Если рядом были известняковые породы, то они не могли не заметить их связующие свойства. При этом достаточно было ввести небольшую долю обожженного известняка в песок и подвергнуть его давлению. А делать это можно было, например, так. Подготовленную порцию песка увлажняли и, пересыпав известняком, накрывали пергаментом. Под действием солнца свободная вода испарялась, и под пергаментом образовывалось разрежение. Атмосферное давление обжимало блок, и его песчаные частицы скреплялись между собой, образовывая блок. Именно таким путем, почти из чистого песка, под вакуумом, сегодня делают формы для литья. Сходным путем образуются в природе крепкие песчаники, которые представляют собой монолит.

Технология приготовления монолитов из песка могла быть осуществима и на самой пирамиде. В недавно расшифрованной иероглифической надписи на одной из стен эпохи Джосера содержится подробный рецепт приготовления бетона...

Пирамиды продолжают открывать свои тайны.

МОАИ... ПРИШЛИ САМИ?

Одиноким пятнышком затерялся на карте Тихого океана остров Пасхи. Когда-то, появившись из океанской пучины, он застыл над ней покатой холмистой поверхностью размером в 117 кв. км.

Отдаленный от ближайших материков на тысячи миль, омываемый океанскими волнами и обдуваемый ветрами, он бережно хранит следы удивительной древней культуры некогда заселявшего его народа.

Первым для европейцев этот остров открыл голландский мореплаватель Я. Роггевена. Это произошло в канун пасхи 1722 г. (отсюда и столь необычное название острова). Велико было удивление моряков, когда их встретили на берегу не смуглокожие аборигены, которые, судя по хижинам, были на острове, а толпы каменных идолов. Их было много, более семисот штук. Они грозно выстроились на берегу и молчаливо поглядывали на иноземных пришельцев, подавляя своими размерами и видом.

Что это? Для чего? Кто их поставил?

Местные жители уверяли, что моаи (так звались каменные исполины) были всегда, а прадеды их прадедов будто рассказывали, что статуи сами пришли из глубины острова...

В 1774 г. остров Пасхи посетил знаменитый английский путешественник Джеймс Кук. Следом за ним в 1804 и 1816 гг. на острове побывали и русские мореплаватели Ю. Ф. Лисянский и О. Е. Коцебу. В их рассказах главенствовали все те же загадочные многометровые статуи, столпившиеся у кромки океанской воды.

В середине прошлого века к острову Пасхи зачастили пираты и работорговцы. В результате этих «визитов» с острова было вывезено более тысячи коренных жителей. Занесенные иностранцами инфекционные болезни почти окончательно истребили оставшуюся часть населения. Остров опустел. Ограбленный и истерзанный, он превратился в каменную пустыню.

Наступил XX век. Жизнь на острове медленно восстанавливалась. Спустя почти столетие интерес к острову возобновился. Научные экспедиции пытались познать культуру исчезнувшего народа и выяснить, кто, когда и как установил эти странные скульптуры. Настойчивые расспросы местного населения ни к чему не привели. Они «потеряли» свою историю. Точнее, она была у них украдена, варварски уничтожена.

Вероятно, с отчаяния появилась гипотеза, что изваяния соорудили... пришельцы из космоса. Пришельцы якобы заложили в них свой определенный смысл, который нам недоступен... Однако возникает резонный вопрос: зачем нужен такой смысл, если он недоступен? Кроме того, маловероятно, чтобы инопланетяне выбрали для своей долговременной базы этот ненадежный с геологической точки зрения остров, который в любой момент мог вновь взорваться вулканами и уйти под воду.

Известный норвежский ученый Тур Хейердал, тот самый, который собственным примером доказал возможность миграции древних людей по океану на бальзовых и тростниковых плотах, пришел к иному выводу. Он считает, что остров мог использоваться как перевалочная база для выходцев из Южной Америки, мигрирующих к Полинезийскому островному архипелагу. Действительно, остров был одним из первых на их многотрудном пути и представлял возможность отдыха и пополнения провианта. Выставленные на берегу фигуры могли служить своеобразными маяками, указывающими, что остров обитаем и на нем есть люди. Кроме того, они могли сообщать информацию о течениях и ветрах, а также о том, в какое время и куда следует двигаться дальше.

Тур Хейердал доказал идентичность культуры острова Пасхи с культурой древнего Перуанского государства инков. Итак, вопрос, кто и когда сделал эти каменные изваяния, получил более или менее обоснованный ответ. Остался еще один, не менее интересный вопрос: как жители острова транспортировали на десятки километров эти многометровые исполины весом сорок и более тонн? Статуи целиком вырубались из скал, которые находились почти в центре острова. Не следует упускать из вида, что на острове никогда не было крупных животных, которых можно было бы использовать как тягловую силу.

Однажды собрали почти все население острова, чтобы попытаться волоком сдвинуть какую-либо статую. На несколько метров подалась только одна из малых. Исполины остались неприступными.

Большинство современных гипотез связывают эту работу с применением бревен в качестве катков. Но на острове никогда не было деревьев... Океан не мог обеспечить бревнами в таком количестве.

Опять инопланетяне? Но уже доказана несостоятельность этого предположения! Тогда кто и как?

С трудом расшифрованные письмена упорно повторяли легенду: «Моаи пришли сами...»

«Идея, как можно передвигать статуи, пришла ко мне во время учебы в институте,— вспоминает чехословацкий инженер Павел Павел.— Однажды увидел фильм «Пекарь императора». В нем главного персонажа — великана Голема — передвигали с помощью растяжек из веревок». Идея Павела была проста. Наклонив с помощью веревок стоящую статую вбок, другими веревками разворачивали ее вокруг оси. Затем шел боковой наклон в другую сторону — и новый разворот. Так, собственно, наклоняя и разворачивая, мы передвигаем дома тяжелый шкаф или холодильник. Способ проверен и надежен. В 1986 г. Павел Павел, по приглашению Тура Хейердала, был включен в число членов экспедиции и посетил остров Пасхи. Понадобилось 60 человек, чтобы передвинуть этим способом статую высотой 4,5 м и массой в 10 т. За 6 часов статуя преодолела несколько десятков метров. Жители ост-

рова удостоили чехословацкого инженера почетного имени — Арики Туу Конгу, что в переводе означало «король шагающих статуй». Можно было бы ставить точку в истории раскрытия вековой тайны. Однако способ, который предложил и осуществил Павел Павел, имеет слабые стороны.

За весь световой день несколько десятков человек могут передвинуть статую на 80...100 м. На острове более 700 статуй, которые нужно было транспортировать на десятки километров. Выходит, что если бы все население острова занималось только передвижением статуй, то на это ушло бы несколько сотен лет. А когда же и кому было изготавливать сами статуи? Их вытесывание требовало еще больше времени. Все это ставит под сомнение истинность метода чехословацкого инженера. А главное, этот метод не подтвердил легенду «Моаи пришли сами...».

Легенды, как правило, не лгут. Они могут обрастать позже ненужными, искусственно придуманными подробностями, но их суть всегда остается неизменной и правдивой.

Трудно соревноваться в изобретательности с древними пасхальцами. У них было достаточно времени, чтобы совершить, быть может, не одну сотню проб. Мы с вами лишены этого. Обратимся к ТРИЗ, которая поможет выбрать оптимальный вариант, не тратя времени на пустые пробы и ошибки.

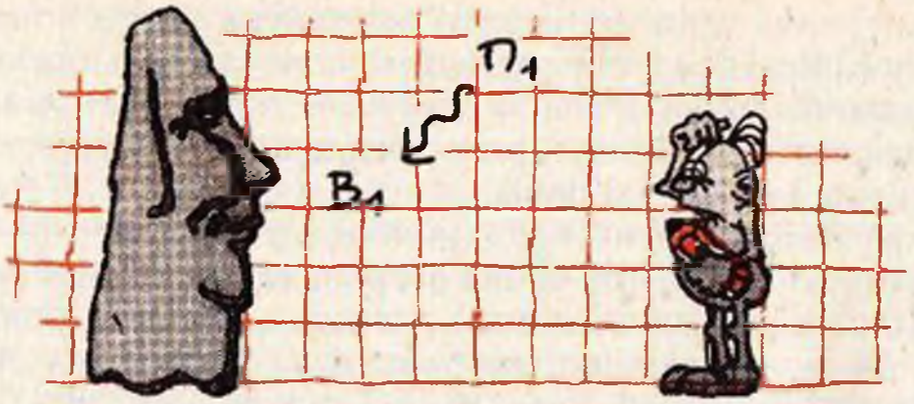
В принципе мы имеем дело с обычной изобретательской задачей. Правда, она несколько усложняется тем, что для ее решения нужно исходить только из условий, имеющихся на острове и, естественно, использовать только имеющиеся на нем вещественно-полевые ресурсы.

Подобная задача возникла при строительстве Асуанской ГЭС: надо было убрать из зоны затопления монументальные исторические памятники. Тогда поступили просто: взяли и распилили эти памятники, а затем по частям перенесли на новое место. Для нас такой вариант неприемлем. Статуя должна оставаться целой! Возникает техническое противоречие: чтобы сделать статую легкой, ее нужно распилить на части, но тогда мы испортим историческую ценность.

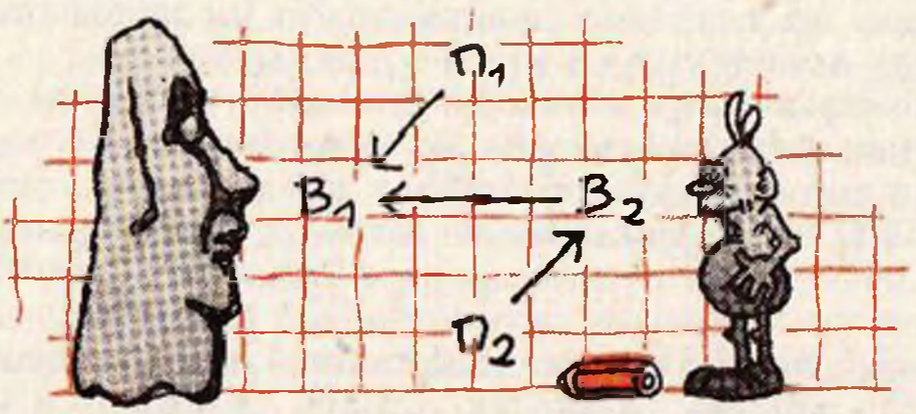
Противоречие оставляет один путь — статуя, оставаясь целой, т. е. тяжелой, должна на время транспортировки быть легкой...

Приступим к разрешению этого противоречия.

Вепольный анализ (взаимодействие веществ и полей в системе) показывает, что в задаче присутствует неполный веполь. Есть одно вещество B_1 (статуя) и одно энергетическое поле $П_1$ (сила тяжести), которое в данный момент вредно действует на B_1. Нужно достроить веполь. Для этого вводим в систему еще одно вещество и нейтрализуем вредное воздействие $П_1$. К сожалению, человечество еще не научилось нейтрализовать или как-то уменьшать на земле гравитационное поле недвижимого предмета. Поэтому нам остается только использовать это «вредное» поле и направить его на передвижение самой статуи. Но чтобы это сделать, мы



должны ввести в систему какое-то другое дополнительное энергетическое поле $П_2$. Теперь вепольная формула приобретает следующий вид:



Эта формула говорит: вновь введенное поле $П_2$, передавая свою энергию через какое-то вещество $В_2$, должно совместно с гравитацией $П_1$ воздействовать на статую $В_1$ и привести ее в движение. Что это за вещество и новое поле? Где их взять в условиях острова?

Познакомимся со стандартом 1.1.4. решения изобретательских задач: «Если дан веполь, плохо поддающийся изменениям, и условия задачи содержат ограничения на введение в него или присоединение к нему вещества, задачу решают достройкой веполя, используя в качестве вводимого вещества имеющуюся внешнюю среду».

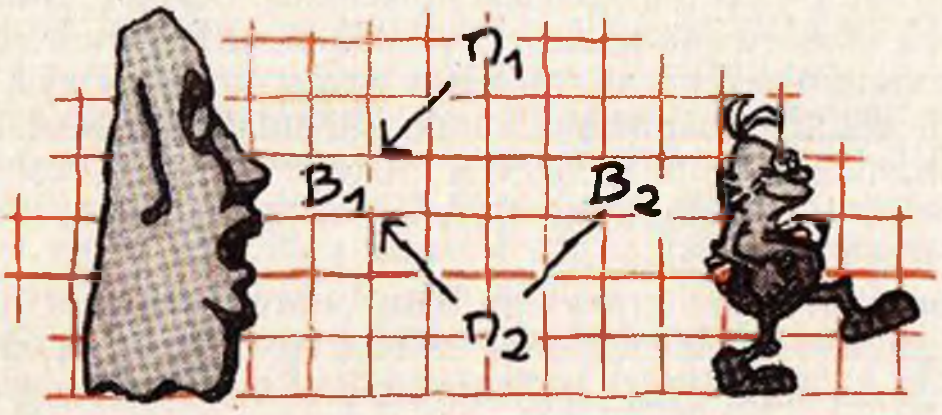
Анализируем имеющиеся на острове во внешней среде вещественно-полевые ресурсы. Из веществ на острове присутствуют грунт (камень), песок, глина, вода, воздух, растительность (трава, камыш, водоросли). Из источников энергии — солнце, ветер, волны, прибой и гравитация. Есть еще один источник энергии — землетрясение. Остров Пасхи лежит в зоне жесточайших сейсмических катаклизмов. Каждые 7—9 минут на его берег выкатывается гигантская волна токерау, и остров сотрясается.

Итак, помощники перечислены. С чего начать? Что принять за $В_2$ и $П_2$, чтобы построить нужный веполь?

Остановимся пока на воде и гравитации. Пожалуй, можно с их помощью сплавить статую на другой конец острова, но для этого понадобится вручную выдолбить в скальном грунте многокилометровый канал. Это потребует жизни нескольких поколений. Кроме того, порода, из которой сложен остров, имеет пористую структуру, и даже дождевая вода, впитываясь в него, не задерживается на поверхности. Путь явно не годен. И действительно, исследования показывают, что на острове нет и не было каких-либо следов сплавных каналов. Итак, на роль вещества B_2 вода пока не подходит. Из оставшихся принимаем воздух. Согласно вепольному анализу, он должен быть и носителем энергии, а таковой в условиях острова видится только солнечная. Нагретый воздух, замещаясь холодным, приходит в движение и оказывает давление на статую. Это и будет искомое поле $П_2$. Такой энергии на острове целое море — постоянно дующие ветра. Теперь задача уточнилась. Нужно сделать так, чтобы воздух (B_2), оказывающий давление ($П_2$) совместно с гравитацией ($П_1$), приводил в движение статую (B_1).

Все. Пока других вариантов нет.

Формула принимает такой вид:



Составляем ИКР: «Статуя сама, не усложняя систему, используя энергию ветра и собственную тяжесть, перемещается к океану». Но ведь и в древних сказаниях и расшифрованных письменах говорилось то же самое: «Моаи пришли сюда сами...»

Неужели это правда? Однако продолжим наши рассуждения. Обратите внимание на форму статуи. На рисунках и на снимках видно, что она имеет центр тяжести, который значительно поднят над землей и смещен несколько назад от центра опорной площадки. Это лишает статую монументальной устойчивости. Кроме того, она обладает развитой фронтальной поверхностью. Ее нос, подбородок, щеки — все имеет большую парусность.

Что происходит под напором ветра, который дует почти круглый год?

Вначале воздух плавно обтекает статую и образует за ней спокойные ламинарные потоки. Но вот напоры ветра возрастают. Ламинарные потоки срываются и преобразовываются в турбулент-

ные вихри. Достигнуто так называемое число Рейнольдса*. В этот момент за статуей возникает пониженное давление. Статуя уже не может противостоять двойной силе — давлению воздуха впереди и разрежению сзади. Она начинает медленно отклоняться. Но, отклонившись, она так изменяет положение своих частей — носа, подбородка, щек по отношению к ветру, что становится более обтекаемой для потока воздуха и оказывает меньшее сопротивление. Теперь даже при большей скорости ветра ламинарность потока восстанавливается, разрежение позади статуи исчезает, и она под действием гравитационной силы резко выпрямляется. Следует удар подошвы о каменистый грунт и упругий скачок. Затем все повторяется сначала. Убедиться в наличии эффекта резкого падения давления при нарушении ламинарности потока можно просто взглянув на дерево. Его ствол и ветви под напором ветра не просто отклоняются, а усиленно раскачиваются. Это происходит потому, что за ними, в зависимости от их положения, возникает то турбулентный, то ламинарный поток. Это же самое происходило и со статуей, но там роль упругости ветвей дерева играла гравитация.

Итак, статуя пошла! Сама пошла! Остается только убрать с дороги крупные камни и засыпать рытвины. Эффект такого передвижения вы можете наблюдать сами. Отклоните рукой на небольшой угол стоящий на столе стакан и резко опустите его. Возвратившись в исходное положение, он по инерции продвинется на несколько миллиметров вперед. Чем тяжелее стакан, тем большей будет величина его пробега: происходит та же картина, что наблюдалась у статуи.

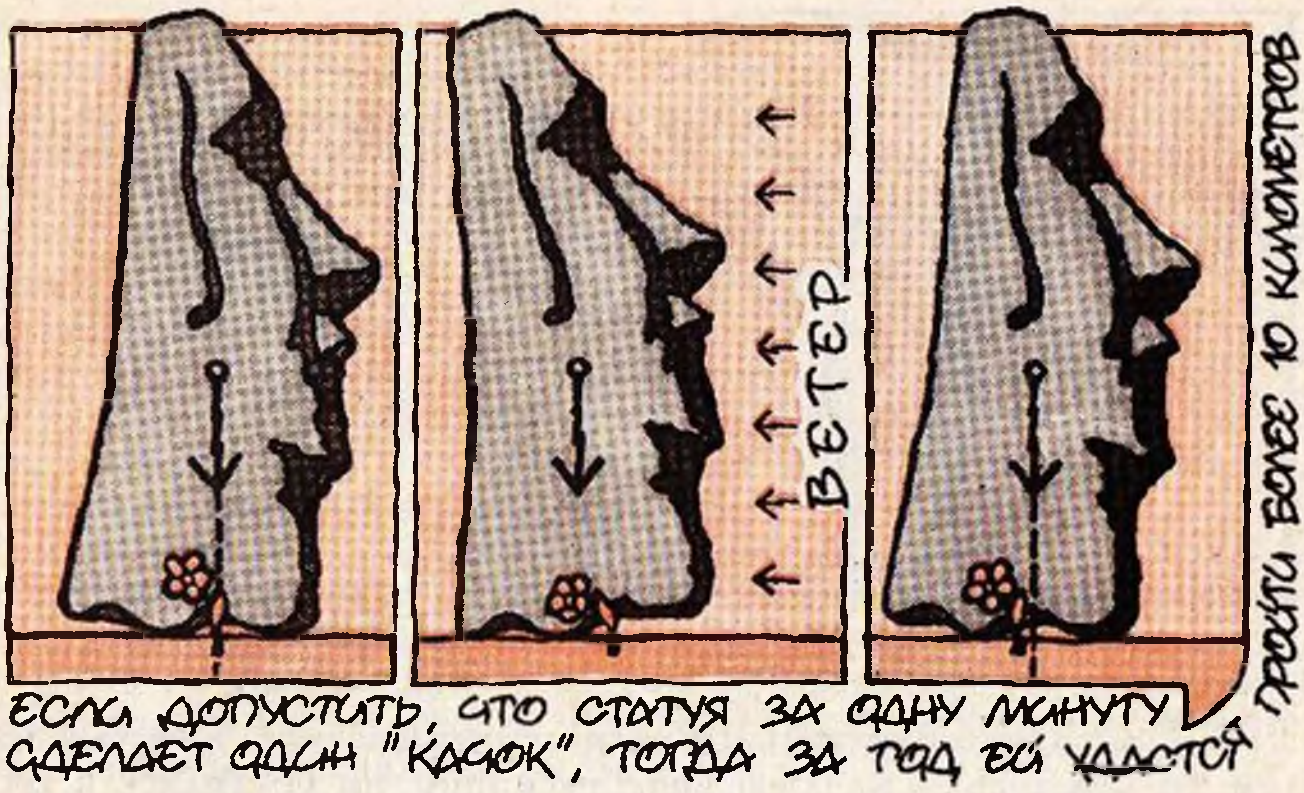
Если допустить, что статуя за одну минуту сделает один «качок» и преодолеет 1—2 см, тогда за год ей удастся пройти более 10 км! Продвижению будут содействовать и сотрясения острова, о которых мы упоминали. Известно, что при вибрации коэффициент трения резко уменьшается. Статуя приобретает еще большую скорость перемещения.

Может возникнуть сомнение: сможет ли ветер отклонить от вертикального положения многотонную статую? Но ведь качаются и небоскребы, и тысячетонные скалы. Дело в том, что они обладают большей парусностью, их центр тяжести высоко поднят над землей, и достаточно небольшой возмущающей силы ветра, чтобы они вышли из равновесия.

А теперь на минутку закройте глаза и представьте себе, как вереница огромных, страшных существ, тяжело раскачиваясь, сама бредет к океану. Если сделать подошву чуть наклонной, то эти идолы, из-за циркуляции местных ветров, могут годами ходить вокруг острова, отпугивая от его берегов непрошеных гостей.

---

* Число Рейнольдса определяет режим течения. Если оно меньше критического, всегда идет ламинарное течение, если больше критического — турбулентное течение.



Может быть, это и было их главным назначением? Не всякий капитан тех времен, веривший в нечистую силу, отважится пристать к берегу, по которому разгуливают сотни каменных чудовищ.

Чтобы остановить статую, достаточно в момент поднятия ее подошвы при качке подложить камень или насыпать песок. Лишившись возможности совершать колебания, статуя навеки остановится. Если этого не сделать, то статуя, приблизившись к берегу, откуда дует ветер, может уйти в море.

Если статуи перед «походом» развернуть в разные стороны, то все они, терпеливо дожидаясь своего фронтального ветра, разбредутся каждая в свою сторону. Может быть, этим объясняется их появление на всех сторонах острова?

А. Сайфутдинов из Новосибирска, познакомившись с этой гипотезой, провел ряд экспериментов и выяснил: наиболее быстрая «походка» у идола наблюдается в том случае, если его центр тяжести будет находиться на высоте, равной половине ширины подошвы, и на одну четверть отступать от ее задней вертикальной плоскости.

Интересно отметить, что анализ фотографии стутуй, насколько это было возможным, не противоречит этому выводу. Отдадим должное древним ваятелям, но не будем забывать, что нами рассматривается все-таки только гипотеза.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Живите в доме и не рухнет он...

Арсений Тарковский

Вот вы и прочитали книгу об изобретательстве. Хотелось бы думать, что закрыв ее последнюю страницу, вы убедились в бесконечном разнообразии мира творчества, в его познаваемости и доступности.

Давно ли человек при свете пещерных костров и в сумраке сырых средневековых замков, протягивая руки к небу, умолял им же придуманных богов о ниспослании удачи, о спасении от голода и холода, от болезней и стихий буйных? Но глухи были небеса. Песчинкой среди миллионов других неспешно плыла Земля в равнодушной вечности Космоса.

Мы были одни... И как должно быть дерзок человек на Земле, разумом своим познавший законы природы и воздействующий на все окружающее пространство.

В капельке росы и на бесконечно далеких звездах, среди которых наша солнечная система выглядит слабой мерцающей точкой, властвуют все те же законы Ньютона, Эйнштейна, Макевелла, Архимеда...

А с чего все началось? С чуда: с обыкновенного загадочного непонятного чуда — с нашей способности задавать вопросы. «Почему камень падает?», «Почему растет дерево?», «Куда плывут облака?» — эти и тысячи других вопросов, ответы на которые зачем-то были нужны человеку. Окружив себя искусственным миром техники и сделав его своими глазами, ушами, руками, человек с еще большим рвением стал изучать и изменять окружающий его мир.

Удивительно то, что природа, кажется, все время подтверждает наше право на такую вселенскую дерзость. Она терпеливо дожидается «взросления» человечества, когда, наконец-то осознав свое величие и свои способности, человек полностью включится в природотворческую деятельность. Находясь в самой гуще самоорганизующихся и саморазвивающихся природных систем, человек все более будет вовлекаться в их процессы, становясь одним из глав-

ных ее элементов, и неизбежно сольется с ней. Тогда наступит эра всеобщей гармонии человека и природы.

К. Э. Циолковский в своих последних размышлениях о цели существования человечества приводит одну весьма смелую мысль[1]: «Материя через посредство человека не только восходит на высший уровень своего развития, но и начинает мало по малу познавать самое себя... Люди, животные и растения — все это только ступени развития материи и только материи... которая живет и мыслит в образе человека». Далее в своих высказываниях К. Э. Циолковский предсказывает появление сверхнового человека, который будет разумом настолько выше нас, на сколько мы сегодня выше одноклеточного организма.

Включившись в бесконечный процесс творческого изменения, мы будем побуждать и саму природу к ее новому движению, а следовательно, продлевать и ее и свою жизнь.

Если мы созданы для этого, то какое качество в нас является определяющим, какому еще чуду, живущему в нас, мы обязаны столь высоким предназначением?

В каждом из нас живет свой исследователь, свой изобретатель, который ждет, когда мы позовем его, и готов открыть дверь в этот удивительный и прекрасный мир.

Один из героев фантастического рассказа Герберта Уэльса «Дверь в стене», будучи еще ребенком, гуляя в саду, увидел незнакомую белую стену с зеленой дверью. Он открыл ее и был очарован увиденным. Это был мир его мечты, наполненный красотой и любовью. Мальчик был счастлив и пожелал навсегда остаться в этом мире, но настойчивые призывы родных, потерявших его в саду, заставили вернуться.

Шли годы, мальчик превратился в респектабельного мужчину, уверенно поднимавшегося по служебной лестнице. Но мечта о зеленой двери не покидала его. И вот, когда в очередной раз он спешил по служебным делам, зеленая дверь снова появилась перед ним. Однако герой был слишком занят — решался вопрос о его повышении в чине, и он, горестно вздохнув, прошел мимо. И еще не раз волшебная дверь приглашала его войти, но каждый раз находились причины, чтобы отложить задуманное.

Однажды на склоне лет герой решил сам найти эту почти забытую им волшебную дверь. Но, увы, она исчезла. И понял он, что упустил что-то большое и важное, и мимо него прошла та настоящая жизнь, которую он видел в детстве.

Как часто и мы, поддавшись житейской суете, подменяем большие цели мелочными, искусственно надуманными заботами. Как часто в погоне за сиюминутной выгодой проходим мимо своей Зеленой двери. Но она еще открыта.

---

[1] Гиренок Ф. И. Русский космизм.— М.: Знание, 1990.

Можно поздравить вас с маленькой победой над собой. Ведь вы, прежде чем заглянуть в ответ, все же решили попытаться одолеть задачу самостоятельно. Постараемся помочь вам.

№ 1. Вспомните о читателях.

№ 2. Вспомните о других колесах.

№ 3. Вспомните агрегатные состояния воды.

№ 4. Рядом с пирамидами течет река Нил.

№ 5. Задействуйте возможности языка.

№ 6. Пусть нитки сами принимают тот цвет, который имеет материя.

№ 7. Пусть радиоэлементы сами показывают, что они перегреваются.

№ 8. Бракованные таблетки сами не попадают на стол. Используйте энергию их скатывания по лотку.

№ 9. Икона сама начинает «плакать», когда зажигается свеча.

№ 10. Дорога сама «чувствует», сколько на ней автомобилей, и сообщает об этом светофору.

№ 11. Песок сам закрывает и открывает трубопровод.

№ 12. См. «Ступени идеала».

№ 13. Используйте энергию окружающей среды, в частности воздуха. Не забывайте, что банки горячие. ИКР: «Воздух сам обнаруживает банки с трещинами».

№ 14. Разнесите противоречивые требования во времени. ИКР: «Имя строителя само появляется на маяке через 50 лет».

№ 15. Дайте черту такое поручение, при котором, выполняя его, он его не выполнит...

№ 16. Вспомните поговорку «Яблоко от яблони недалеко падает». А почему тогда яблоки не растут вплотную друг к другу?

№ 17. Вспомните все проблемы, связанные с изготовлением, забивкой, эксплуатацией свай. Каждая из них демонстрирует свое противоречие. В ответах приведена только их малая часть.

№ 18. Разнесите противоречия в пространстве объекта, который найдете дома. Если будет трудно — налейте себе стакан чаю.

№ 19. Этот объект вездесущ, вы его видели много раз и даже дома.

№ 20. Подсказка та же, что и в № 19.

№ 21. В проруби вода не должна замерзать, чтобы пропускать приборы, и должна замерзать, так как при низкой температуре она превращается в лед. Разнесите противоречивые требования «замерзать» и «не замерзать» в пространстве. Вода (жидкость) кругом замерзает, а в проруби не замерзает. ИКР: «Жидкость в проруби сама не превращается в лед, даже при — 50 °С».

№ 22. Окружающая среда под станком сама медленно опускает его в приямок.

№ 23. Пленка сама плавится только в местах ее реза. Определите, почему это не происходит и какое возникает противоречие.

№ 24. Окружающая среда сама строит для птенца лесенку.

№ 25. Используйте в качестве пробок имеющееся в трубе вещество, которое перекроет трубопровод.

№ 26. Составьте идеал для инструмента и задействуйте вещество, которое имеется около инструмента; оно же появляется на поверхности.

№ 27. Составьте идеал к воде, которая имеется в понтоне.

№ 28. «Камень» в перчатке появляется сам к концу первого раунда. К этому времени у боксеров, как правило, кисти рук потные. Если решение не получается, вернитесь к ней после главы о веполях.

№ 29. Измените агрегатное состояние кромки плужка, которая прижимается к ленте.

№ 30. Разнесите противоречивые требования во времени и пространстве.

№ 31. Воспользуйтесь идеалом — факелы сами отсекают огонь от трубы, не допуская прямого контакта друг с другом.

№ 32. Разнесите противоречия во времени.

№ 33. Разнесите следующее противоречие в пространстве ковша: «Руда должна двигаться и истирать днище ковша и руда не должна двигаться, чтобы не истирать днище ковша». Нужно сделать так, чтобы при зачерпывании руда двигалась по ковшу, но тот слой, который примыкает к днищу, был неподвижным.

№ 34. Вы, вероятно, уже догадались, что не надо заниматься механизацией уборки, а надо сделать так, чтобы необходимость в ней не появлялась. В момент отъезда самосвала от бункера, когда кузов еще не опущен полностью, из него скатываются остатки руды. Это первопричина появления просыпи, теперь дело за малым. Сформулируйте ИКР к самосвалу, а может быть к шоферу?

№ 35. Расформируйте бригаду, она не нужна. Не нужен и станок для гибки вентиляционных труб. Найдите первопричину коррозии труб. В ней должен участвовать только один элемент. Сформулируйте к нему или к окружающей среде ИКР.

№ 36. Найдите момент и место возникновения задачи, а также элемент, порождающий задачу. Сформулируйте к нему ИКР, который нужен.

№ 37. Рекомендую прием № 22 «Обратить вред в пользу» (см. приложение 3).

№ 38. Воспользуйтесь приемами № 29, 11, 40.

№ 39. Найдите по таблице номер повторяющегося приема, который будет на пересечении граф:

в вертикальной колонке графы 5 и 28;

в горизонтальной колонке графы 33, 36 и 7 (см. приложения 3, 4).

№ 40. Воспользуйтесь таблицей, найдите прием на пересечении граф по вертикали «Точность измерения», по горизонтали «Сложность контроля».

№ 41. Найдите сами нужный прием, разрешив следующее противоречие: «Нужно уменьшить потерю энергии на сопротивление воздуха, но стальные крылья ухудшают удобство эксплуатации или точность измерения поворота колес». И еще: «Для того чтобы устранить потерю информации, приходится убирать обтекатели колес, но это понижает скорость».

№ 42. Вам нужно уменьшить вредные факторы, генерируемые самим объектом, но это значительно усложнит конструкцию.

№ 43. Разрешите во времени противоречие: «Куски кирпича крупные 5 или 10 минут, затем они делаются мелкими».

№ 44. Разрешите противоречие «широкий — узкий» в пространстве сливного носика.

№ 45. Посмотрите внимательно на прокомпостированный билет, и вы увидите в нем разрешение противоречия «резать — не резать» в пространстве.

№ 46. Чтобы трактор не порвал пленку, сформулируйте идеал к одному из элементов окружающей среды. Выявите предъявляемые к нему противоположные требования по физическому состоянию и разрешите их путем изменения агрегатного состояния.

№ 47. Вихревые токи должны замыкаться в районе боковых кромок ленты, а не должны. Разнесите противоречие в пространстве. Если решение не полу-

чается, вернитесь к этой задаче после ознакомления с материалом «Веполь разрушающий».

№ 48. Допускайте максимальное усилие при развальцовке заклепки, пусть пластины крепко прижмутся друг к другу, а через некоторое время между ними появляется зазор. Это можно сделать несколькими способами.

№ 49. Противоречие типа: «Шкура большая и шкура маленькая» — можно разрешить разнесением требований в пространстве самой шкуры. Пространство шкуры определяется тремя координатами: длина, ширина, толщина.

№ 50. Это веполь на измерение. Чтобы не городить лишних приборов, воспользуйтесь естественным — рукой. Она должна принять информационное выходящее поле из того веполя, который вы создадите в системе.

№ 51. Здесь не полный веполь, не хватает поля.

№ 52. Имеется веполь на разрушение. Его поле нужно нейтрализовать введением вещества, «взятого» у льва.

№ 53. Введите новое поле или используйте для информации имеющееся звуковое поле.

№ 54. Достройте веполь. Введите вещество, нейтрализующее изгиб иглы.

№ 55. Улучшите имеющийся веполь путем введения нового поля.

№ 56. Веполь на разрушение. В его правиле все сказано.

№ 57. Нужно ввести новое вещество для создания разрушающего веполя для льда.

№ 58. Нужно создать новый веполь. Не хватает одного вещества и нового поля.

№ 59. То же, что и в № 58.

№ 60. То же, что и в № 56.

№ 61. То же, что и в № 56 и 60.

№ 62. Создайте цепной веполь для засветки фотопленки. Используйте имеющееся поле вспышки света для того, чтобы какое-то вещество создало поле, которое «вредно» воздействует на фотопленку.

№ 63. Веполь на измерение. Фиксируйте изменение поля.

№ 64. Создайте новый веполь, у которого в качестве поля должно быть тепло от костра.

№ 65. Веполь на обнаружение. Задействуйте возможности ладони человека.

№ 66. Правильно выберите начало возникновения задачи и проанализируйте веполь на разрушение.

№ 67. Примените феполь, см. стандарт 2.4.2.

№ 68. Стандарты 4.2.2. и 4.2.3.

№ 69. Стандарт 5.1.2.

№ 70. Стандарты 4.3.1. и 4.3.3.

№ 71. Стандарты 2.1.1. и 5.1.3.

№ 72. Раздробите шлифовальный инструмент. Стандарты на развитие.

№ 73. Стандарт 1.1.1.

№ 74. Стандарты на обнаружение (измерение).

№ 75. Стандарты на разрушение.

№ 76. То же, что в № 75.

№ 77. То же, что в № 74.

№ 78. Используйте вещественно-полевые ресурсы посетителей и окружающей среды.

№ 79. Используйте механическую энергию при изгибе подошвы ботинка лыжника.

№ 80. Грейте уже нагретый воздух.

№ 81. При каждом срабатывании из пневмоцилиндра выходит отработанный воздух. Это ресурс.

№ 82. Давление газа на поршень тоже ресурс, используйте его для того, чтобы уменьшить односторонний боковой износ цилиндра и поршня.

№ 83. Вспомните закон Архимеда.

№ 84. То же, что и в № 83.

№ 85. Проволока сама себя должна чистить.

№ 86. Глина сама предохраняет ленту от прилипания к ней глины. Веполь на разрушение.

№ 87. Используйте имеющуюся в кнопке кинетическую энергию.

№ 88. Булыжник сам уходит с поверхности дороги. Используйте гравитационную энергию окружающей среды.

№ 89. Вспомните вещественно-полевые ресурсы Робинзона дома и на берегу океана.

№ 90. Не стройте дом на Северном полюсе. Такой дом можно построить в любом месте.

№ 91. Вы думаете, пробка стоит 10 копеек? Тогда, согласно условиям задачи, бутылка должна стоить 1 рубль 10 копеек. А это опять неверно. Прочитайте еще раз условие задачи.

№ 92. Это задача А. Линкольна. В ней нет ничего сложного, если ее понимать так, как она написана.

№ 93. Возьмите в руки указанные монеты и снова читайте задачу.

№ 94. Учитель не пользовался холодильником.

№ 95. Перечислите части суток. Ну как? Опять не получилось? Тогда читайте ответ.

№ 96. Вероятно, это была талантливая обезьяна и обладала многоэкранным стилем мышления. Задействуйте ресурсы.

№ 97, № 98, № 99, № 100, № 101, № 102 — извините за молчание, но в этих задачах всякая подсказка уже дает ответ.

ОТВЕТЫ НА ЗАДАЧИ

Мы будем рады, если ваши решения совпадут с контрольными, и дважды рады, если вы получили решения лучше контрольных.

№ 1. Всем читателям предлагают возвращать книги в новое здание библиотеки.

№ 2. Снять по одной гайке с оставшихся трех колес и закрепить ими четвертое колесо. Можно ехать на небольшой скорости до ближайшего гаража.

№ 3. Подача воды не нужна. Снег сам является водой, следует только растопить его верхнюю часть. Это можно осуществить различными путями, например обдувать снег горячим воздухом или протащить по нему металлический лист, на котором разожжен костер.

№ 4. По периметру и диагоналям площади для будущей пирамиды египтяне делали канавы и заполняли их водой. Устанавливаясь строго горизонтально, вода показывала, где на площадке впадины, а где возвышения.

№ 5. Под пломбу закладывается кристалл лимонной кислоты или сахарина. Резкое появление кислого или «сверхсладкого» ощущения во рту явится сигналом о выпадении пломбы.

№ 6. Применяют бесцветные, прозрачные нити, они приобретают цвет ткани, по которой проходит шов.

№ 7. Радиоэлементы покрывают краской, которая при нагреве меняет свой цвет, например органические краски, с добавлением крахмала и т. п.

№ 8. Между наклонным лотком и приемным столом образуют разрыв 5...20 мм. Круглые таблетки, скатываясь по лотку, набирают достаточную скорость, чтобы проскочить этот разрыв. Сколотые таблетки опускаются по лотку медленно и попадают в просвет, не достигая стола.

№ 9. Зрачки иконы были высверлены, а с обратной стороны, на уровне ее глаз, установлена корытообразная емкость с густым маслом. При прогреве иконы от свечи масло становилось жидким и каплями выходило из зрачков.

№ 10. Под дорожным покрытием установлен ряд индукционных датчиков металла. Чем большее количество датчиков перекрыто автомобилями, тем большее время выдержки зеленого света дает светофор.

№ 11. Кран убирают полностью, патрубок, по которому подается песок, вводят в полость бункера. По мере заполнения бункера уровень песка поднимается и он запирает открытый конец патрубка. При понижении уровня песка патрубок вновь открывается.

№ 12. Согласно ступеням повышения идеальности часы вначале должны повышать свою многофункциональность, т. е. не только измерять время, но и

совершать другие функции — вести счет времени, принимать радио- и телепередачи, вести контроль за основными параметрами организма человека — пульс, дыхание, давление крови, температура и т. д. По мере развития часы свернутся в один элемент — рабочий орган, который может быть в виде одной гибкой пластины и иметь форму ремешка-браслета. Он может, уже помимо основных функций, быть украшением или частью одежды. То есть совершится переход в ближайшую надсистему. Вполне возможно, что каждая изготавливаемая рубашка на своих рукавах будет иметь уже часы в виде манжеты или другого элемента одежды. Эти «часы» будут принимать энергию радиоволн и высвечивать цифры, указывающие время.

№ 13. На горловине ряда пустых банок накладывается лента из мягкой резины. Так как банки мылись горячей водой, то в них остался нагретый воздух. Остывая, воздух сжимается, в банке создается разрежение, и она «присасывается» к ленте, которая уносит ее с конвейера. В банке с трещиной разрежение не происходит, она остается на конвейере и скатывается с него.

№ 14. Строитель вытесал на каменной стене свое имя, но закрыл его слоем известнякового раствора, на котором написал имя императора. Через несколько лет известняк выветрился и проступило имя «Состратос, сын Дексифона».

№ 15. Один из вариантов ответа: черту было поручено сделать такой камень, который бы он не смог поднять. Если он не сделал такой камень, значит, он не всемогущий. Если он сделал такой камень, то тем более не всемогущ, так как не может поднять даже простой камень.

№ 16. Противоречий, которые присутствуют в упавшем яблоке и которые разрешены природой, много. Одно из них. Упавшее яблоко — это семя, которое должно прорасти и стать деревом, но место уже занято деревом, с которого оно упало. Выход из положения: природа сделала яблоко съедобным, но только частично — семена внутри яблока не перевариваются желудочным соком. Живые существа, питаясь яблоками, уносят семена от дерева в другое место и сами же удобряют его...

№ 17. Некоторые противоречия в свае мы уже упоминали — наконечник должен быть острым, чтобы легко заходить в землю, и должен быть тупым, чтобы свая не проседала под нагрузкой. Боковая поверхность сваи должна быть скользкой, чтобы легко входить в грунт, и должна быть шершавой, ребристой, чтобы сцепляться с грунтом. Свая должна быть легкой, чтобы легко было ее транспортировать, и должна быть тяжелой, чтобы быть прочной. Свая должна быть короткой и длинной, цельной и раздробленной. Свая должна иметь арматуру и не иметь ее и т. д.

Идеальная свая — изготовленная из самого грунта, который, например, обжигают до расплавления или растворяют с последующим затвердеванием. В этом случае основная масса противоречий исчезает.

№ 18. Сваренное всмятку яйцо содержит все требуемые по условиям задачи признаки. Объясните их сами. Найдите сами предметы обихода, которые несут в себе противоречивые признаки. Горячий и холодный — стакан с чаем, утюг, электроплита и т. п.

№ 19. Муха в самолете.

№ 20. Зерно ореха. Его никто не видел, пока не раскололи скорлупу. Найдите сами еще такие предметы.

№ 21. В лед вмораживают трубу, в которую заливают, например, керосин или бензин. Эти жидкости не смешиваются с водой, плавают на ее поверхности и не замерзают.

№ 22. В приямок кладут блок соли, на который накатывают пресс. Путем размывки соли вначале убирают катки, а затем опускают весь станок. То же самое можно сделать, применяя лед.

№ 23. На пленку с помощью трафарета наносят на линию реза темную краску. Тепловой луч включают на полную мощность. Темные полосы интенсивно принимают тепло и расплавляются первыми.

№ 24. В расщелину постепенно подсыпают песок, и по нему птенец выходит на поверхность.

№ 25. С обеих сторон трубу оборачивают ветошью и поливают ее жидким

азотом. Вода внутри трубопровода замерзает и образует ледяные пробки. Между ними делают ремонт трубы.

№ 26. В буровой инструмент вкладывают ампулу с красящим веществом. При максимальном износе инструмента ампула разрушается и промывочная жидкость окрашивается. По изменению ее цвета судят об износе инструмента.

№ 27. В понтон помещают электронагревательные или химические элементы и переводят имеющуюся в нем воду в пар. Под действием давления пара понтон освобождается от воды. Можно также использовать и электролиз воды.

№ 28. Все боксеры обматывают кисти рук бинтами, пересыпанными тальком, которые впитывают пот. В данном случае боксер пересыпал свои бинты не тальком, а гипсом, который, впитав пот, затвердел, превратившись в камень.

№ 29. Кромка плужка выполнена с продольной канавкой, полость которой сообщена с источником сжатого воздуха. Прямой контакт плужка с лентой исключен.

№ 30. Перейти речку можно по мосту, в чужих сапогах, «перейти» по спине друга, перейти по льду.

№ 31. Часть факелов направить вдоль трубы. Их пламя будет отсекать языки пламени от других форсунок.

№ 32. Крестьянин попросил джинна выполнить его единственную просьбу — «убить после 250 лет жизни». Джинн, выполнив его последнюю просьбу, будет охранять его все 250 лет.

№ 33. На днище ковша приваривают невысокие поперечные полосы. Между ними забивается грунт, который и предохраняет днище от истирания.

№ 34. В районе выгрузки руды установлена перекладина, располагающаяся над кабиной самосвала. Автомобиль не может отъехать от бункера, пока кузов не будет полностью опущен. Так исключается просыпание.

№ 35. Чтобы устранить испарение кислоты из ванны и ее оседание на вентиляционные трубы, поверх кислоты насыпают слой стеклянных или фторопластовых пустотелых шаров. Они пропускают деталь, но резко ограничивают испарение кислоты.

Защитный слой может быть образован нейтральной к кислоте жидкостью с малой плотностью.

№ 36. Во внутреннюю полость трубы во время ее резания подают кислород. Расплавленная капля мгновенно окисляется, на ее поверхности образуется окалина, которая не пристает к металлу.

№ 37. Открытую бутыль с кислотой накрывают кожухом и подают сжатый воздух. Стекло бутыли испытывает с внутренней и наружной части одинаковое давление и не разрушается. Кислота по трубке в кожухе вытесняется из бутыли. Воздух под кожух вытесняется из эластичной камеры, на которую своим весом давит сама бутыль (а. с. № 588178).

№ 38. В полость радиатора помещают эластичный шар. При замерзании вода, расширяясь, сжимает шар и не оказывает давления на стенки радиатора (а. с. № 542087).

№ 39. Нужно собрать несколько десятков мух в стакан и опустить в него термометр. Это и будет выполнением рекомендации приема № 5 «объединить однородные объекты».

№ 40. Шарики проецируют на экран с большим увеличением (20 тыс. раз). Изображение напоминает воздушный шар. По эталонной кривой, нанесенной на экране, замеряются отклонения в десятые доли микрона.

№ 41. Колеса укрыты прозрачными крыльями, например из стекла. Но вы можете изготовить крылья из... воздуха. Встречный поток воздуха нужно направить наклонно, чтобы его струи шли над колесами, создавая впереди их разрежение.

№ 42. Шнеку придают прерывистые вращательные движения. Под действием инерционных сил глина проскальзывает по плоскостям шнека и продвигается вперед.

№ 43. Мелкие обломки кирпича смачивают и смораживают в крупные куски. Если они застревают, то, растаяв, рассыпаются и проходят трубу без задержки.

№ 44. Носок ковша в поперечном сечении делают ступенчатым, с узким и широким проходом.

№ 45. При компостировании билета отверстия прорезаются неполностью. Оставшаяся неразрезанной часть бумаги удерживает кружок от выпадания.

№ 46. На пленку наливают воду и ждут, когда она замерзнет. По этому льду уже может перемещаться бульдозер и разравнивать гравий. Пленка остается целой. Весной лед растает и грунт мягко ляжет на пленку.

№ 47. В месте закалки к боковым торцевым поверхностям ленты прижимают медный брусок. Он забирает на себя вихревые токи, которые вредно действовали на кромки ленты.

№ 48. Поверхность шарниров покрывают краской и расклепывают ось до упора. Затем краску удаляют растворителем. Образуется зазор, который позволяет шарнирам вращаться.

№ 49. Иван Грозный разрезал шкуру вола на тоненькие шнурочки, связал их между собой и охватил этим шнурком большую площадь. Условия договора были соблюдены.

№ 50. Трубу нагревают любым способом — паяльной лампой, на костре и т. п. и с двух сторон прощупывают руками ее поверхность. Туда, куда течет жидкость, будет уноситься и тепло. Труба по разные стороны от места нагрева будет иметь различную температуру.

№ 51. В стакан вливают жидкость одного цвета и замораживают. Затем вливают жидкость другого цвета. Перемешивание жидкостей не происходит.

№ 52. Прежде чем положить голову в пасть льва, дрессировщик заворачивает его губу на его же зубы. Лев никогда не будет откусывать свою же губу.

№ 53. Наличие газовых пузырьков, которые появляются при закипании, резко увеличивает сопротивление прохождению электрического тока. О начале закипания можно судить также по шуму лопающихся пузырьков газа. Микрофон настроен на эти звуки и сразу выдает сигнал.

№ 54. Иглу полностью забивают в пробку, в дерево или жесткую резину. В таком положении ставят на пятак и ударяют молотком.

№ 55. На теле пчелы создают электростатический заряд обратной по отношению к земле полярности. Для этого достаточно создать постоянную разность потенциалов между порожком улья и землей (а. с. № 673248).

№ 56. Поверх защитного цветного стекла устанавливают обычное, которое по мере необходимости сменяют.

№ 57. Пористый образец со льдом помещают в ацетон или в другой растворитель, охлажденный до температуры ниже 0 °С. Лед растворяется, образец остается холодным.

№ 58. Перед сверлением нужно залить в трубку воды и заморозить.

№ 59. Над эталоном протягивают вторую проволоку. Теперь достаточно пропустить под ним токи встречного направления, чтобы гравитационный прогиб был скомпенсирован взаимным притяжением проводников друг к другу. Возможно также и использование сил Архимеда...

№ 60. Перед спуском судна его носовую часть поливали водой до образования ледяного панциря.

№ 61. Внутри трубы на участках поворота навариваются поперечные ребра. В образовавшиеся карманы забивается цемент и образует постоянно возобновляющуюся «броню». Износ трубы исключен.

№ 62. Листы бумаги были покрыты люминофорным слоем. При освещении фотовспышкой он мгновенно выбрасывал пучок света, который и засвечивал пленку.

№ 63. При затвердевании бетона меняется его электрическая и звуковая проводимость.

№ 64. Над каждым костром на равной высоте в баночке помещается легкоплавкое вещество, например парафин, в который воткнут флажок. Как только флажок упал, значит костер разгорелся и растопил парафин. Можно предложить еще ряд способов. Найдите их сами.

№ 65. Стрелку компаса нужно поднять на тоненькой ниточке и после ее установки (ориентирования) опустить на ладонь. Для «узнавания» севера и юга один конец стрелки можно затупить или сделать более острым.

№ 66. См. «Когда в товарищах согласья нет».

№ 67. На поверхности раствора плавают шарики с ферромагнитными металлическими сердечниками. Под действием магнитного переменного тока шарики вибрируют и разрушают пузыри пены.

№ 68. В полость опускают ампулу с эталонным количеством какого-либо газа-индикатора. Ампулу разрушают, а газ равномерно распространяется по всей полости. Через некоторое время из полости берут пробу воздуха и по концентрации содержащегося в нем газа-индикатора определяют объем.

№ 69. Под кожухом станка ставят воздушные разрядники положительной и отрицательной полярности. Частицы пыли соединяются между собой, укрупняются и оседают.

№ 70. В зависимости от количества отложений в трубах меняется частота их собственных колебаний от движения жидкости.

№ 71. В формуемое изделие вкладывают нити, которые в последующем выжигают, растворяют или удаляют методом электроэрозии.

№ 72. Через капилляры продавливают воздух или воду с мелким абразивным порошком, например окиси алюминия.

№ 73. Сосуд вмораживают в лед и ведут совместную обработку.

№ 74. При появлении трещины в образце резко меняется сопротивление прохождению электрического поля, звукового, теплового и др.

№ 75. Нужно обдуть одеяла ионизированным воздухом. Пушинки ваты и одеяло приобретут одноименный заряд и будут отталкиваться друг от друга. Пушинки удалятся той же струей воздуха.

№ 76. Ученый в уме сделал расчет, отмерил почти поллитра разведенной соляной кислоты и... залпом выпил ее. Кислотой можно было отравиться еще скорее, чем щелочью, но разум ученого направил эти два яда друг против друга. Известно, что кислота и щелочь нейтрализуют друг друга, если их смешать в определенной пропорции. Так мужественный ученый спас себя.

№ 77. Луч света направляют на пластинки стекла и улавливают его фотоэлементом. Как только поверхность стекла «поплыла», т. е. расплавилась, изменяется прохождение луча света и его отражение. Фотоэлемент дает сигнал о начале плавления поверхности стекла.

№ 78. В надсистеме часов есть обширные вещественно-полевые ресурсы. Вот некоторые из них, которые могут быть использованы:

1) энергия самих посетителей — они сами заводят часы, когда открывают дверь в комнату, когда рассматривают часы и становятся на подвижную половицу, закручивая пружину своим весом, и т. д.;

2) перепады температуры — достаточно длинный металлический стержень соединен с пружиной часов. Сокращаясь и удлиняясь при изменениях температуры, он подзаводит часы;

3) изменение влажности — натянутая пеньковая веревка соединена с механизмом подзавода часов, в зависимости от влажности воздуха она то удлиняется, то укорачивается;

4) использование сквозняка — при открывании дверей возникает движение воздуха, которое улавливается вертушкой и передается на подзавод пружины;

5) использование печной тяги — вертушка установлена в дымоходе, ее вращение передается часам;

6) использование изменения атмосферного давления — гибкая мембрана манометра передает свое движение часам, и т. д.

Попробуйте самостоятельно найти еще минимум пять источников энергии в окружающей среде для подзавода часов.

№ 79. Под стельку ботинка вкладывают материал, который при механическом изгибе выделяет тепло, например медную тонкую пластинку.

№ 80. Воздухозаборное отверстие «электрополотенца» смонтировано напротив выходного отверстия. В этом случае через электронагреватель проходит по кольцу один и тот же воздух, на подогрев которого требуется уже значительно меньше энергии.

№ 81. Имеющаяся на штоке пыль и грязь сдувается отработанным в пневмоцилиндре воздухом.

№ 82. Плоскость головки поршня (днище) выполнена наклонной в сторону

наибольшего радиального износа. Давление газов создает усилие, отжимающее поршень в противоположную от изнашивающейся стенки сторону.

№ 83. Глубину скважины можно определить путем взвешивания находящейся в ней колонны из бурильных труб с учетом «потери» ее веса в промывочной жидкости.

№ 84. Верхняя часть «обратного» маятника снабжена торообразным поплавком, помещенным в кольцевую емкость с водой. Сила Архимеда всегда действует вертикально вверх независимо от положения сосуда в пространстве. Малейшее отклонение плотины от вертикали будет замечено по изменению положения стрелки «обратного» маятника.

№ 85. Две проволоки, несколько раз обвитые вокруг себя, протягиваются в разные стороны. В результате проволоки очищают сами себя.

№ 86. В месте загрузки транспортера на его ленту вначале посыпают тонкий слой высушенной глины, взятой из печи, а затем уже грузят сырую глину. Лента транспортера всегда будет чистой.

№ 87. На наклонном лотке делается ступенька высотой в половину диаметра кнопки. Кнопка острием вверх проходит этот порог без изменения положения, а кнопка, обращенная острием вниз, обязательно перевернется. В нижней части лотка все кнопки будут острием вверх. Проверьте это на бумажной модели.

№ 88. Рядом выкапывают яму и в нее сбрасывают булыжник.

№ 89. Можно положить банку на берег моря, закрепить на ней нитку, а другой ее конец привязать к лапке попугая, который находится в клетке. Утренний прилив поднимет банку, нитка потянет за лапку попугая, и тот вспомнит все слова, которым выучил его Робинзон Крузо.

№ 90. Все четыре окна дома расположены на одной стене, обращенной к югу.

№ 91. Пробка стоит 5 копеек.

№ 92. Чем бы ни считать ноги собаки, их все равно четыре.

№ 93. Другая монета была пятикопеечная.

№ 94. В стакан был налит кипяток.

№ 95. Человек вернулся с ночной смены и лег спать днем.

№ 96. Обезьяна заскочила на плечи самого экспериментатора и достала бананы.

№ 97. Шофер шел пешком.

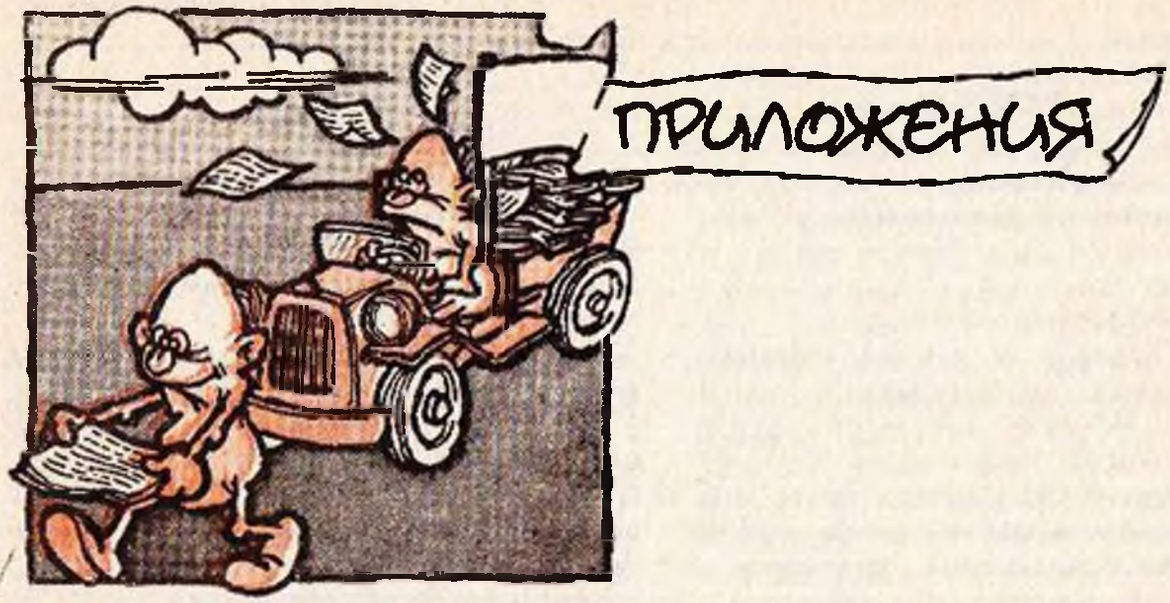
№ 98. Шли дед, отец и внук.

№ 99. Поезда находятся на равном удалении от Бостона.

№ 100. Человек был лысым.

№ 101. Обслужив двух клиентов, парикмахер заработает больше, чем обслужив одного.

№ 102. Слониха.



1. Разрешение физических противоречий

Принципы	Примеры
Разделение противоречивых свойств в пространстве	А. с. № 256708. Для пылеподавления при горных работах капельки воды должны быть мелкими. Но мелкие капли образуют туман. Предложено окружать мелкие капли конусом из крупных капель.
Разделение противоречивых свойств во времени.	А. с. № 258490. Ширину ленточного электрода меняют в зависимости от ширины сварного шва.
Системный переход 1 а: объединение однородных или неоднородных систем в надсистему. Системный переход 1 б: от системы к антисистеме или сочетанию системы с антисистемой.	А. с. № 722624. Слябы транспортируют по рольгангу впритык один к другому, чтобы не охлаждались торцы. А. с. № 523695. Способ остановки кровотечения — прикладывают салфетку, пропитанную кровью, по иной группы, чем у пострадавшего.
Системный переход 1 в: вся система наделяется свойством С, а ее части — свойством анти-С.	А. с. № 510350. Рабочие части тисков для зажимов деталей сложной формы: каждая часть (стальная втулка) твердая, а в целом зажим податливый, способен менять форму.
Системный переход 2: переход к системе, работающей на микроуровне.	А. с. № 179479. Вместо механического крана — «термокран» из двух материалов с разными коэффициентами теплового расширения. При нагревании образуется зазор.
Фазовый переход 1: замена фазового состояния части системы или внешней среды. Фазовый переход 2: «двойственное» фазовое состояние одной части системы (переход этой части из одного состояния в другое в зависимости от условий работы).	А. с. № 252262. Способ энергоснабжения потребителей сжатого газа в шахтах — транспортируют сжиженный газ. А. с. № 958837. Теплообменник снабжен прижатыми к нему «лепестками» из никелида титана; при повышении температуры «лепестки» отгибаются, увеличивая площадь охлаждения.

Продолжение

Принципы	Примеры
Фазовый переход 3: использование явлений, сопутствующих фазовому переходу.	А. с. № 601192. Приспособление для транспортировки мороженых грузов имеет опорные элементы в виде брусков льда (снижение трения за счет таяния).
Фазовый переход 4: замена однофазного вещества двухфазным.	А. с. № 722740. Способ полирования изделия. Рабочая среда состоит из жидкости (расплав свинца) и ферромагнитных абразивных частиц.
Физико-химический переход: возникновение — исчезновение вещества за счет разложения — соединения, ионизации — рекомбинации.	А. с. № 342761. Для пластификации древесины аммиаком осуществляют пропитку древесины солями аммония, разлагающимися при трении.

2. Применение некоторых физических эффектов и явлений при решении изобретательских задач

Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
Изменение температуры.	Тепловое расширение и вызванное им изменение собственной частоты колебаний. Термоэлектрические явления. Спектр излучения. Изменение оптических, электрических, магнитных свойств веществ. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкинса и Баркгаузена.
Понижение температуры.	Фазовые переходы. Эффект Джоуля — Томсона. Эффект Ранка. Термоэлектрические явления.
Повышение температуры.	Электромагнитная индукция. Вихревые токи. Поверхностный эффект. Диэлектрический нагрев. Электронный нагрев. Электрические разряды. Поглощение излучения веществом. Термоэлектрические явления.
Стабилизация температуры.	Фазовые переходы (в том числе переход через точку Кюри).
Индикация положения и перемещения объекта.	Введение меток — веществ, преобразующих внешние поля (люминофоры) или создающих свои поля (ферромагнетики) и потому легко обнаруживаемых. Отражение и испускание света. Фотоэффект. Деформация. Рентгеновское и радиоактивное излучение. Люминесценция. Изменение электрических и магнитных полей. Электрические разряды. Эффект Доплера.
Управление перемещением объектов.	Действие магнитным полем на объект или на ферромагнетик, соединенный с объектом. Действие электрическим по-

Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
	лем на заряженный объект. Передача давления жидкостями и газами. Механические колебания. Центробежные силы. Тепловое расширение. Световое давление.
Управление движением жидкости и газа.	Капиллярность. Осмос. Эффект Томса. Эффект Бернулли. Волновое движение. Центробежные силы. Эффект Вайссенберга.
Управление потоками аэрозолей (пыль, дым, туман).	Электризация. Электрические магнитные поля. Давление света.
Перемешивание смесей.	Ультразвук. Гравитация. Диффузия.
Образование растворов.	Электрические поля. Магнитное поле в сочетании с ферромагнитным веществом. Электрофорез. Солюбилизация.
Разделение смесей.	Электро- и магнитосепарация. Изменение кажущейся плотности жидкости-разделителя под действием электрических и магнитных полей. Центробежные силы. Сорбция. Диффузия. Осмос.
Стабилизация положения объекта.	Электрические и магнитные поля. Фиксация в жидкостях, твердеющих в магнитном и электрическом полях. Гироскопический эффект. Реактивное движение.
Силовое воздействие. Регулирование сил. Создание больших давлений.	Действие магнитным полем через ферромагнитное вещество. Фазовые переходы. Тепловое расширение. Центробежные силы. Изменение гидростатических сил путем изменения кажущейся плотности магнитной или электропроводной жидкости в магнитном поле. Применение взрывчатых веществ. Электрогидравлический эффект. Оптико-гидравлический эффект. Осмос.
Изменение трения.	Эффект Джонсона — Рабека. Воздействие излучений. Явление Крагельского. Колебания.
Разрушение объекта.	Электрические разряды. Электрогидравлический эффект. Резонанс. Ультразвук. Индуцированное излучение. Кавитация.
Аккумулирование механической и тепловой энергии.	Упругие деформации. Гигроскопический эффект. Фазовые переходы.
Передача энергии: механической, тепловой, лучистой, электрической.	Деформация. Колебания. Эффект Александрова. Волновое движение, в том числе ударные волны. Излучения. Теплопроводность. Конвекция. Явление отражения света (световоды). Индуцированное излучение. Электромагнитная индукция. Сверхпроводимость.
Установление взаимодействия между подвижным (меняющимся) и неподвижным (неменяющимся) объектами.	Использование электромагнитных полей (переход от «вещественных» связей к «полевым»).

Продолжение

Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
Измерение размеров объекта.	Измерение собственной частоты колебаний. Нанесение и считывание магнитных и электрических меток.
Изменение размеров объекта.	Тепловое расширение. Деформация. Магнитоэлектрострикция. Пьезоэлектрический эффект.
Контроль состояния и свойств поверхности.	Электрические разряды. Отражение света. Электронная эмиссия. Муаровый эффект. Излучения.
Изменение поверхностных свойств.	Трение. Абсорбция. Диффузия. Эффект Баушингера. Электрические заряды. Механические и акустические колебания. Ультрафиолетовое излучение.
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 магнитный резонансы. Магнитоупругий эффект. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкинса и Баркгаузена. Измерение собственной частоты колебаний объекта. Ультразвук. Эффект Мессбауэра. Эффект Холла.
Изменение объемных свойств объекта.	Изменение свойств жидкости (кажущейся плотности, вязкости) под действием электрических и магнитных полей. Введение ферромагнитного вещества или действие магнитным полем. Тепловое воздействие. Фазовые переходы. Ионизация под действием электрического поля. Ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивное излучения. Деформация. Диффузия. Электрические и магнитные поля. Эффект Баушингера. Термоэлектрические, термомагнитные и магнитооптические эффекты. Кавитация. Фотохромный эффект. Внутренний фотоэффект.
Создание заданной структуры. Стабилизация структуры объекта.	Интерференция волн. Стоячие волны. Муаровый эффект. Магнитные поля. Фазовые переходы. Механические и акустические колебания. Кавитация.
Индикация электрических и магнитных полей.	Осмос. Электризация тел. Электрические заряды. Пьезо- и сегнетоэлектри-

Продолжение

Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
	ческие эффекты. Электронная эмиссия. Электрооптические явления. Эффекты Гопкинса и Баркгаузена. Эффект Холла. Ядерный магнитный резонанс. Гидромагнитные и магнитооптические явления.
Индикация излучения.	Оптико-акустический эффект. Тепловое расширение. Фотоэффект. Люминесценция. Фотопластический эффект.
Генерация электромагнитного излучения.	Эффект Джозефсона. Явление индуцированного излучения. Тоннельный эффект. Люминесценция. Эффект Ганна. Эффект Черенкова.
Управление электромагнитными полями.	Экранирование. Изменение состояния среды, например увеличение или уменьшение ее электропроводности. Изменение формы поверхностей тел, взаимодействующих с полями.
Управление полями света. Модуляция света.	Преломление и отражение света. Электро- и магнитооптические явления. Фотоупругость, эффекты Керра и Фарадея. Эффект Ганна. Эффект Франца — Келдыша.
Унифицирование и интенсификация химических превращений.	Ультразвук. Кавитация. Ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивное излучения. Электрические разряды. Ударные волны. Мицеллярный катализ.

3. Основные приемы устранения технических противоречий

1. Дробление: а) разделить объект на независимые части; б) выполнить объект разборным; в) увеличить степень дробления объекта.

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

3. Местное качество: а) перейти от однородной структуры объекта или внешней среды (внешнего воздействия) к неоднородной; б) разные части объекта должны выполнять различные функции; в) каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее благоприятных для ее работы.

4. Асимметрия: а) перейти от симметрической формы объекта к асимметрической; б) если объект уже асимметричен, увеличить степень асимметрии.

5. Объединение: а) соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты; б) объединить во времени однородные или смежные операции.

6. Универсальность: объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах.

7. «Матрешка»:

а) один объект размещен внутри другого, который, в свою очередь, находится внутри третьего и т. д.; б) один объект проходит сквозь полость в другом объекте.

8. Антивес: а) компенсировать вес объекта соединением с другим объектом, обладающим подземной силой; б) компенсировать вес объекта взаимодействием со средой (преимущественно за счет аэро- и гидродинамических сил).

9. Предварительное антидействие: если по условиям задачи необходимо совершать какое-то действие, надо заранее совершить антидействие.

10. Предварительное действие: а) заранее выполнить требуемое действие (полностью или хотя бы частично); б) заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие без затрат времени на доставку и с наиболее удобного места.

11. «Заранее положенная подушка»: компенсировать относительно невысокую надежность объекта аварийными средствами.

12. Эквипотенциальность: изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать или опускать объект.

13. «Наоборот»: а) вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие; б) сделать движущуюся часть объекта или внешней среды неподвижной, а неподвижную — движущейся; в) повернуть объект «вверх ногами», вывернуть его.

14. Сфероидальность: а) перейти от прямолинейных частей к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим, от частей, выполненных в виде куба или параллелепипеда, к шаровым конструкциям; б) использовать ролики, шарики, спирали; в) перейти от прямолинейного движения к вращательному, использовать центробежную силу.

15. Динамичность: а) характеристики объема (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы; б) разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга; в) если объект в целом неподвижен, сделать его подвижным.

16. Частичное или избыточное действие: если трудно получить 100% требуемого эффекта, надо получить «чуть меньше» или «чуть больше»,— задача при этом может существенно упроститься.

17. Переход в другое измерение: а) трудности, связанные с движением (или размещением) объекта по линии, устраняются, если объект приобретает возможность перемещаться в двух-трех измерениях; б) использовать многоэтажную компоновку объектов вместо одноэтажной; в) наклонить объект или положить его набок; г) использовать обратную сторону данной площади; д) использовать оптические потоки, падающие на соседнюю площадь или на обратную сторону имеющейся площади.

Прием 17а можно объединить с приемами 7 и 15в. Получается цепь, характеризующая общую тенденцию развития технических систем: от точки к линии, затем к плоскости, потом к объему и, наконец, к совмещению многих объектов.

18. Использование механических колебаний: а) привести объект в колебательное движение; б) если такое движение уже совершается, увеличить его частоту (вплоть до ультразвукового); в) использовать резонансную частоту; г) применить вместо механических вибраторов пьезовибраторы; д) использовать ультразвуковые колебания в сочетании с электромагнитными полями.

19. Периодическое действие: а) перейти от непрерывного действия к периодическому (импульсному); б) если действие уже осуществляется периодически, изменить периодичность; в) использовать паузы между импульсами.

20. Непрерывность полезного действия: а) вести работу непрерывно (все части объекта должны все время работать с полной нагрузкой); б) устранить холостые и промежуточные ходы.

21. Проскок: вести процесс или отдельные его части (например, вредные или опасные) на большой скорости.

22. «Обратить вред в пользу»: а) использовать вредные факторы (в частности, вредное воздействие среды) для получения положительного эффекта; б) устранить вредный фактор за счет сложения с другими вредными факторами; в) усилить вредный фактор, чтобы он перестал быть вредным.

23. Обратная связь: а) ввести обратную связь; б) если обратная связь есть, изменить ее.

24. «Посредник»: а) использовать промежуточный объект, переносящий

или передающий действие; б) на время присоединить к объекту другой (легкоудалимый) объект.

25. Самообслуживание: а) объект должен сам себя обслуживать, выполняя вспомогательные и ремонтные операции; б) использовать отходы (энергии, вещества).

26. Копирование: а) вместо недоступного, сложного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии; б) заменить объект или систему объектов их оптическими копиями (изображениями). Использовать при этом изменение масштаба (увеличить или уменьшить копии); в) если используются видимые оптические копии, перейти к копиям инфракрасным или ультрафиолетовым.

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

28. Замена механической схемы: а) заменить механическую схему оптической, акустической или «занаховой»: б) использовать электрические, магнитные и электромагнитные поля для взаимодействия с объектом; в) перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных к меняющимся во времени, от неструктурных к имеющим определенную структуру; г) использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами.

29. Использование пневмо- и гидроконструкций: вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкие: надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные.

30. Использование гибких оболочек и тонких пленок: а) вместо обычных конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие пленки; б) изолировать объект от внешней среды с помощью гибких оболочек и тонких пленок.

31. Применение пористых материалов: а) выполнить объект пористым или использовать дополнительные пористые элементы (вставки, покрытия и т. д.); б) если объект уже выполнен пористым, предварительно заполнить поры каким-то веществом.

32. Изменение окраски: а) изменить окраску объекта или внешней среды; б) изменить степень прозрачности объекта или внешней среды; в) для наблюдений за плохо видными объектами или процессами использовать красящие добавки; г) если такие добавки уже применяются, использовать люминофоры.

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

34. Отброс и регенерация частей: а) выполнившая свое назначение и ставшая ненужной часть объекта должна быть отброшена (растворена, испарена и т. д.) или видоизменена непосредственно в ходе работы; б) расходуемые части объекта должны быть восстановлены непосредственно в ходе работы.

35. Изменение агрегатного состояния объекта: сюда входят не только простые переходы, например от твердого состояния к жидкому, но и переходы к «псевдосостояниям» («псевдожидкость») и промежуточным состояниям, например использование эластичных твердых тел.

36. Применение фазовых переходов: использовать явления, возникающие при фазовых переходах, например изменение объема, выделение или поглощение тепла и т. д.

37. Применение теплового расширения: а) использовать тепловое расширение (или сжатие) материалов; б) использовать несколько материалов с разными коэффициентами теплового расширения.

38. Применение сильных окислителей: а) заменить обычный воздух обогащенным; б) заменить обогащенный воздух кислородом; в) воздействовать на воздух или кислород ионизирующими излучениями; г) использовать озонированный кислород; д) заменить озонированный (или ионизированный) кислород озоном.

39. Применение инертной среды: а) заменить общую среду инертной; б) вести процесс в вакууме. Этот прием можно считать антиподом предыдущего.

40. Применение композитных материалов: перейти от однородных материалов к композитным.

4. Таблица выбора приема устранения технических противоречий

Что ухудшается при изменении / Что нужно изменить по условиям задачи	1 Вес подвижного объекта	2 Вес неподвижного объекта	3 Длина подвижного объекта	4 Длина неподвижного объекта	5 Площадь подвижного объекта	6 Площадь неподвижного объекта	7 Объем подвижного объекта	8 Объем неподвижного объекта	9 Скорость	10 Сила	11 Напряжение, давление	12 Форма
1. Вес подвижного объекта		—	15,8 29,34	—	29,17 38,34	—	29,2 40,28	—	2,8 15,38	8,10 18,37	10,36 37,40	10,14 35,40
2. Вес неподвижного объекта	—		—	10,1 29,35	—	35,30 13,2	—	5,35 14,2	—	8,10 19,35	13,29 10,18	13,10 29,14
3. Длина подвижного объекта	8,15 29,34	—		—	15,17 4	—	7,17 4,35	—	13,4 8	17,10 4	1,8 35	1,8 10,29
4. Длина неподвижного объекта		35,28 40,29	—		—	17,7 10,40	—	35,8 2,14	—	28,10	1,14 35	13,14 15,7
5. Площадь подвижного объекта	2,17 29,4	—	14,15 18,4	—		—	7,14 17,4	—	29,30 4,34	19,30 35,2	10,15 36,28	5,34 29,4
6. Площадь неподвижного объекта	—	30,2 14,18	—	26,7 9,39	—		—	—	—	1,18 35,36	10,15 36,37	—
7. Объем подвижного объекта	2,26 29,40	—	1,7 35,4	—	1,7 4,17	—		—	29,4 38,34	15,35 36,37	6,35 36,37	1,15 29,4
8. Объем неподвижного объекта	—	35,10 19,14	19,14	35,8 2,14	—	—	—		—	2,18 37	24,35	7,2 35
9. Скорость	8,28 13,38	—	13,14 8	—	29,30 34	—	7,29 34	—		13,28 15,19	6,18 38,40	35,15 18,34
10. Сила	8,1 37,18	18,13 1,28	17,19 9,36	28,10	19,10 15	1,18 36,37	15,9 12,37	2,36 18,37	13,28 15,12		18,21 11	10,35 40,34
11. Напряжение, давление	10,36 37,40	13,29 10,18	35,10 36	35,1 14,16	10,15 36,28	10,15 36,37	6,35 10	35,24	6,35 36	36,35 21		35,4 15,10
12. Форма	8,10 29,40	15,10 26,3	29,34 5,4	13,14 10,7	5,34 4,10	—	14,4 15,22	7,2 35	35,15 34,18	35,10 37,40	34,15 10,14	
13. Устойчивость состава объекта	21,35 2,39	26,39 1,40	13,15 1,28	37	2,11 13	39	28,10 19,39	34,28 35,40	33,15 28,18	10,35 21,16	2,35 40	22,1 18,4
14. Прочность	1,8 40,15	40,26 27,1	1,15 8,35	15,14 28,26	3,34 40,29	9,40 28	10,15 14,7	9,14 17,15	8,13 26,14	10,18 3,14	10,3 18,40	10,30 35,40
15. Время действия подвижного объекта	19,5 34,31	—	2,19 9	—	3,17 19	—	10,2 19,30	—	3,35 5	19,2 16	19,3 27	14,26 28,25
16. Время действия неподвижного объекта	—	6,27 19,16	—	1,40 35	—	—	—	35,34 38	—	—	—	—
17. Температура	36,22 6,38	22,35 32	15,19 9	15,19 9	3,35 39,18	35,38	34,39 40,18	35,6 4	2,28 36,30	35,10 3,21	35,39 19,2	14,22 19,32
18. Освещенность	19,1 32	2,35 32	19,32 16	—	19,32 26	—	2,13 10	—	10,13 19	26,19 6	—	32,30
19. Затраты энергии подвижным объектом	12,18 28,31	—	12,28	—	15,19 25	—	35,13 18	—	8,15 35	16,26 21,2	23,14 25	12,2 29
20. Затраты энергии неподвижным объектом	—	19,9 6,27	—	—	—	—	—	—	—	36,37	—	—

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Устойчивость состава объекта	Прочность	Время действия подвижного объекта	Время действия неподвижного объекта	Температура	Освещенность	Затраты энергии подвижным объектом	Затраты энергии неподвижным объектом	Мощность	Потери энергии	Потери вещества	Потери информации	Потери времени	Количество вещества	Надежность
35,32 15,31	26,10 28	19,35 10,38	16	2,14 17,25	16,6 19	16,6 19,37	—		10,35 38	28,37 18,38	10,19	35,20 10,6	4,34 19	19,24 26,31
14,2 39,6	26	—	—	19,38 7	1,13 32,15	—	—	3,38		35,27 2,37	19,10	10,18 32,7	7,18 25	11,10 35
2,14 30,40	35,2 31,40	28,27 3,18	27,16 18,38	21,36 39,31	1,6 13	35,18 24,5	28,27 12,31	28,27 18,38	35,27 2,31		—	15,18 35,10	6,3 10,24	10,29 39,35
—	—	10	10	—	19	—	—	10,19	19,10	—		24,26 28,32	24,28 35	10,28 23
35,3 22,5	29,3 28,18	20,10 28,18	28,20 10,16	35,29 21,18	1,19 26,17	35,38 19,18	1	35,20 10,6	10,5 18,32	35,18 10,39	24,26 28,32		35,38 18,16	10,30 4
15,2 17,40	14,35 34,10	3,35 10,40	3,35 31	3,17 39	—	34,29 16,18	3,35 31	35	7,18 25	6,3 10,24	24,28 35	35,38 18,16		18,3 28,40
—	11,28	2,35 3,25	34,27 6,40	3,35 10	11,32 13	21,11 27,19	36,23	21,11 26,31	10,11 35	10,35 29,39	10,23	10,30 4	21,28 40,3	
32,35 13	28,6 32	28,6 32	10,26 24	6,19 28,24	6,1 32	3,6 32	—	3,6 32	26,32 27	10,16 31,28	—	24,34 28,32	2,6 32	5,11 1,23
30,18	3,27	3,27 40	—	19,26	3,32	32,2	—	32,2	13,22 2	35,31 10,24	—	32,26 28,18	32,30	11,32 1
35,24 30,18	18,35 37,1	22,15 33,28	,7,1 40,33	22,33 35,2	1,19 32,13	1,24 6,27	10,2 22,37	19,22 31,2	21,22 35,2	33,22 19,40	22,10 2	35,18 34	35,33 29,31	27,24 2,40
35,40 27,39	15,35 22,2	15,22 33,31	21,39 16,22	22,35 2,24	19,24 39,32	2,35 6	19,22 18	2,35 18	21,35 2,22	10,1 34	10,21 29	1,22	3,24 39,1	24,2 40,39
11,13 1	1,3 10,32	27,1 4	35,16	27,26 18	28,24 27,1	28,26 27,1	1,4	27,1 12,24	19,35	15,34 33	32,24 18,16	35,28 34,4	35,23 1,24	—
32,35 30	32,40 3,28	29,3 8,25	1,16 25	26,27 13	13,17 1,24	1,13 24	—	35,34 2,10	2,19 13	28,32 2,24	4,10 27,22	4,28 10,34	12,35	17,27 8,40
2,35	1,11 2,9	11,29 28,27	1	4,10	15,1 13	15,1 28,16	—	15,10 32,2	15,1 32,19	2,35 34,27	—	32,1 10,25	2,28 10,25	11,10 1,16
35,30 14	35,3 32,6	13,1 35	2,16	27,2 3,35	6,22 26,1	19,35 29,13	—	19,1 29	18,15 1	15,10 2,13	—	35,28	3,35 15	35,13 8,24
2,22 17,19	2,13 28	10,4 28,15	—	2,17 13	24,17 13	27,2 29,28	—	20,19 30,34	10,35 13,2	35,10 28,29	—	6,29	13,3 27,10	13,35 1
11,22 39,30	27,3 15,28	19,29 25,39	25,34 6,35	3,27 35,16	2,24 26	35,38	19,35 16	19,1 16,10	35,3 15,19	1,18 10,24	35,33 27,22	18,28 32,9	3,27 29,18	27,40 28,8
18,1	25,13	6,9	—	26,2 19	8,32 19	2,32 13	—	28,2 27	23,28	35,10 18,5	35,33	24,28 35,30	35,13	11,27 32
35,3 22,39	29,28 10,18	35,10 2,18	20,10 16,38	35,21 28,10	26,17 19,1	35,10 38,19	1	35,20 10	28,10 29,35	28,10 35,23	13,15 23	—	35,38	1,35 10,38

Что ухудшается при изменении / Что нужно изменить по условиям задачи	1 Вес подвижного объекта	2 Вес неподвижного объекта	3 Длина подвижного объекта	4 Длина неподвижного объекта	5 Площадь подвижного объекта	6 Площадь неподвижного объекта	7 Объем подвижного объекта	8 Объем неподвижного объекта	9 Скорость	10 Сила	11 Напряжение, давление	12 Форма
21. Мощность	8,36 38,31	19,26 17,27	1,10 35,37	—	19,38	17,32 13,38	35,6 38	30,6 25	15,35 2	26,2 36,35	22,10 35	29,14 3,40
22. Потери энергии	15,6 19,28	19,6 18,9	7,2 6,13	6,38 7	15,26 17,30	17,7 30,18	7,18 23	7	16,35 38	36,38	—	—
23. Потери вещества	35,6 23,40	35,6 22,32	14,29 10,39	10,28 24	35,2 10,31	10,18 39,31	1,29 30,36	3,39 18,31	10,13 28,38	14,15 18,40	3,36 37,10	29,35 3,5
24. Потери информации	10,24 35	10,35 5	1,26	26	30,26	30,16	—	2,22	26,32	—	—	—
25. Потери времени	10,20 37,35	10,20 26,5	15,2 29	30,24 14,5	26,4 5,16	10,35 17,4	2,5 34,10	35,16 32,18	—	10,37 36,5	37,36 4	4,10 34,17
26. Количество вещества	35,6 18,31	27,26 18,35	29,14 35,18	—	15,14 29	2,18 40,4	15,20 29		35,29 34,28	35,14 3	10,36 14,3	35,14
27. Надежность	3,8 10,40	3,10 8,28	15,9 14,4	15,29 28,11	17,10 14,16	32,35 40,4	3,10 14,24	2,35 24	21,35 11,28	8,28 10,3	10,24 35,19	35,1 16,11
28. Точность измерения	32,35 26,28	28,35 25,26	28,26 5,16	32,28 3,16	26,28 32,3	26,28 32,3	32,13 6	—	28,13 32,24	32,2	6,26 32	6,28 32
29. Точность изготовления	28,32 13,18	28,35 27,9	10,28 29,37	2,32 10	28,33 29,32	2,29 18,36	32,28 2	25,10 35	10,28 32	28,19 34,36	3,35	32,30 40
30. Вредные факторы, действующие на объект	22,21 27,39	2,22 13,24	17,1 39,4	1,18	22,1 33,28	27,2 39,35	22,23 37,35	34,39 19,27	21,22 35,28	13,35 39,18	22,2 37	22,1 3,35
31. Вредные факторы самого объекта	19,22 15,39	35,22 1,39	17,15 16,22	—	17,2 18,39	22,1 40	17,2 40	30,18 35,4	35,28 3,23	35,28 1,40	2,33 27,18	35,1
32. Удобство изготовления	28,29 15,16	1,27 36,13	1,29 13,17	15,17 27	13,1 26,12	16,40	13,29 1,40	35	35,13 8,1	35,12	35,19 1,37	1,28 13,27
33. Удобство эксплуатации	25,2 13,15	6,13 1,25	1,17 13,12	—	1,17 13,16	18,16 15,39	1,16 35,15	4,18 39,31	18,13 34	28,13 35	2,32 12	15,34 29,28
34. Удобство ремонта	2,27 35,11	2,27 35,11	1,28 10,25	3,18 31	15,13 32	16,25	25,2 35,11	1	34,9	1,11 10	13	1,13 2,4
35. Адаптация, универсальность	1,6 15,8	19,15 29,16	35,1 29,2	1,35 16	35,30 29,7	15,16	15,35 29	—	35,10 14	15,17 20	35,16	15,37 1,8
36. Сложность устройства	26,30 34,36	2,26 35,39	1,19 26,24	26	14,1 13,16	6,36	34,26 6	1,16	34,10 28	26,16	19,1 35	29,13 28,15
37. Сложность контроля	27,26 28,13	6,13 28,1	16,17 26,24	26	2,13 18,17	2,39 30,16	29,1 4,16	2,18 26,31	3,4 16,35	36,28 40,19	35,36 37,32	27,13 1,39
38. Степень автоматизации	28,26 18,35	28,26 35,10	14,13 28,17	23	17,14 13	—	35,13 16	—	28,10	2,35	13,35	15,32 1,13
39. Производительность	35,26 24,37	28,27 15,3	18,4 28,38	30,7 14,26	10,26 34,31	10,35 17,7	2,6 34,10	35,37 10,2	—	28,15 10,36	10,37 14	14,10 34,40

13 Устойчивость состава объекта	14 Прочность	15 Время действия подвижного объекта	16 Время действия неподвижного объекта	17 Температура	18 Освещенность	19 Затраты энергии подвижным объектом	20 Затраты энергии неподвижным объектом	21 Мощность	22 Потери энергии	23 Потери вещества	24 Потери информации	25 Потери времени	26 Количество вещества	27 Надежность
35,32 15,31	26,10 28	19,35 10,38	16	2,14 17,25	16,6 19	16,6 19,37	—		10,35 38	28,37 18,38	10,19	35,20 10,6	4,34 19	19,24 26,31
14,2 39,6	26	—	—	19,38 7	1,13 32,15	—	—	3,38		35,27 2,37	19,10	10,18 32,7	7,18 25	11,10 35
2,14 30,40	35,28 31,40	26,27 3,18	27,16 18,38	21,36 39,31	1,6 13	35,18 24,5	28,27 12,31	28,27 18,38	35,27 2,31		—	15,18 35,10	6,3 10,24	10,29 39,35
—	—	10	10	—	19	—	—	10,19	19,10	—		24,26 28,32	24,28 35	10,28 23
35,3 22,5	29,3 28,18	20,10 28,18	28,20 10,16	35,29 21,18	1,19 26,17	35,38 19,18	1	35,20 10,6	10,5 18,32	35,18 10,39	24,26 28,32		35,38 18,16	10,30 4
15,2 17,40	14,35 34,10	3,35 10,40	3,35 31	3,17 39	—	34,29 16,18	3,35 31	35	7,18 25	6,3 10,24	24,28 35	35,38 18,16		18,3 28,40
—	11,28	2,35 3,25	34,27 6,40	3,35 10	11,32 13	21,11 27,19	36,23	21,11 26,31	10,11 35	10,35 29,39	10,23	10,30 4	21,28 40,3	
32,35 13	28,6 32	28,6 32	10,26 24	6,19 28,24	6,1 32	3,6 32	—	3,6 32	26,32 27	10,16 31,28	—	24,34 28,32	2,6 32	5,11 1,23
30,18	3,27	3,27 40	—	19,26	3,32	32,2	—	32,2	13,22 2	35,31 10,24	—	32,26 28,18	32,30	11,32 1
35,24 30,18	18,35 37,1	22,15 33,28	17,1 40,33	22,33 35,2	1,19 32,13	1,24 6,27	10,2 22,37	19,22 31,2	21,22 35,2	33,22 19,40	22,10 2	35,18 34	35,33 29,31	27,24 2,40
35,40 27,39	15,35 22,2	15,22 33,31	21,39 16,22	22,35 2,24	19,24 39,32	2,35 6	19,22 18	2,35 18	21,35 2,22	10,1 34	10,21 29	1,22	3,24 39,1	24,2 40,39
11,13 1	1,3 10,32	27,1 4	35,16	27,26 18	28,24 27,1	28,26 27,1	1,4	27,1 12,24	19,35	15,34 33	32,24 18,16	35,28 34,4	35,23 1,24	—
32,35 30	32,40 3,28	29,3 8,25	1,16 25	26,27 13	13,17 1,24	1,13 24	—	35,34 2,10	2,19 13	28,32 2,24	4,10 27,22	4,28 10,34	12,35	17,27 8,40
2,35	1,11 2,9	11,29 28,27	1	4,10	15,1 13	15,1 28,16	—	15,10 32,2	15,1 32,19	2,35 34,27	—	32,1 10,25	2,28 10,25	11,10 1,16
35,30 14	35,3 32,6	13,1 35	2,16	27,2 3,35	6,22 26,1	19,35 29,13	—	19,1 29	18,15 1	15,10 2,13	—	35,28	3,35 15	35,13 8,24
2,22 17,19	2,13 28	10,4 28,15	—	2,17 13	24,17 13	27,2 29,28	—	20,19 30,34	10,35 13,2	35,10 28,29	—	6,29	13,3 27,10	13,35 1
11,22 39,30	27,3 15,28	19,29 25,39	25,34 6,35	3,27 35,16	2,24 26	35,38	19,35 16	19,1 16,10	35,3 15,19	1,18 10,24	35,33 27,22	18,28 32,9	3,27 29,18	27,40 28,8
18,1	25,13	6,9	—	26,2 19	8,32 19	2,32 13	—	28,2 27	23,28	35,10 18,5	35,33	24,28 35,30	35,13	11,27 32
35,3 22,39	29,28 10,18	35,10 2,18	20,10 16,38	35,21 28,10	26,17 19,1	35,10 38,19	1	35,20 10	28,10 29,35	28,10 35,23	13,15 23	—	35,38	1,35 10,38

Что нужно изменить по условиям задачи \ Что ухудшается при изменении	28 Точность измерения	29 Точность изготовления	30 Вредные факторы, действующие на объект	31 Вредные факторы самого объекта	32 Удобство изготовления	33 Удобство эксплуатации	34 Удобство ремонта	35 Адаптация, универсальность	36 Сложность устройства	37 Сложность контроля и измерения	38 Степень автоматизации	39 Производительность
1. Вес подвижного объекта	28,27 35,26	28,35 26,18	22,21 18,27	22,35 31,39	27,28 1,36	35,3 2,24	2,27 28,11	29,5 15,8	26,30 36,34	28,29 26,32	26,35 18,19	35,3 24,37
2. Вес неподвижного объекта	18,26 28	10,1 35,27	2,19 22,37	35,22 1,39	28,1 9	6,13 1,32	2,27 28,11	19,15 29	1,10 26,39	25,28 17,15	2,26 35	1,28 15,35
3. Длина подвижного объекта	28,32 4	10,28 29,37	1,15 17,24	17,15	1,29 17	15,29 35,4	1,28 10	14,15 1,16	1,19 26,24	35,1 26,24	17,24 26,16	14,4 28,29
4. Длина неподвижного объекта	32,28 3	2,32 10	1,18	—	15,17 27	2,25	3	1,35	1,26	26	—	30,14 7,26
5. Площадь подвижного объекта	26,28 32,3	2,32	22,33 28,1	17,2 18,39	13,1 26,24	15,17 13,16	15,13 10,1	15,30	14,1 13	2,36 26,18	14,30 28,23	10,26 34,2
6. Площадь неподвижного объекта	26,28 32,3	2,29 18,36	27,2 39,35	22,1 40	40,16	16,4	16	15,16	1,18 36	2,35 30,18	23	10,15 17,7
7. Объем подвижного объекта	25,26 28	25,28 2,16	22,21 27,35	17,2 40,1	29,1 40	15,13 30,12	10	15,29	26,1	29,26 4	35,34 16,24	10,6 2,34
8. Объем неподвижного объекта		35,10 25	34,39 19,27	30,18 35,4	35	—	1	—	1,31	2,17 26	—	35,37 10,2
9. Скорость	28,32 1,24	10,28 32,35	1,28 35,23	2,24 35,21	35,13 8,1	32,28 13,12	34,2 28,27	15,10 26	10,28 4,34	3,34 27,16	10,18	—
10. Сила	35,10 23,24	28,29 37,36	1,35 40,18	15,3 36,24	15,37 18,1	1,28 3,25	15,1 11	15,17 18,20	26,35 10,18	36,37 10,19	2,35	3,28 35,37
11. Напряжение, давление	6,28 25	3,35	22,2 37	2,33 27,18	1,35 16	11	2	35	19,1 35	2,36 37	35,24	10,14 35,37
12. Форма	28,32 1	32,30 40	22,1 2,35	35,1	1,32 17,28	32,15 26	2,13 1	1,15 29	16,29 1,28	15,13 39	15,1 32	17,26 34,10
13. Устойчивость состава объекта	13	18	35,24 18,30	35,40 27,39	35,19	32,35 30	2,35 10,16	35,30 34,2	2,35 22,26	35,22 39,23	1,8 35	23,35 40,3
14. Прочность	3,27 16	3,27	18,35 37,1	15,35 22,2	11,3 10,32	32,40 28,2	27,11 3	15,3 32	2,13 28	27,3 15,40	15	29,35 10,14
15. Время действия подвижного объекта	3	3,27 16,40	22,15 33,28	21,39 16,22	27,1 4	12,27	29,10 27	1,35 13	10,4 28,15	19,29 39,35	6,10	35,17 14,19
16. Время действия неподвижного объекта	10,26 24	—	17,1 40,33	22	35,10	1	1	2	—	25,34 6,35	1	20,10 16,38
17. Температура	32,19 24	24	22,33 35,2	22,35 2,24	26,27	26,27	4,10 16	2,18 27	2,17 16	3,27 35,31	26,2 19,16	15,28 35
18. Освещенность	11,15 32	3,32	15,19	35,19 32,39	19,35 28,26	28,26 19	15,17 13,16	15,1 1,19	6,32 13	32,15	2,26 10	2,25 16
19. Затраты энергии подвижным объектом	3,1 32	—	1,35 6,27	2,35 6	28,26 30	19,35	1,15 17,28	15,17 13,16	2,29 27,28	35,38	32,2	12,28 35
20. Затраты энергии неподвижным объектом	—	—	10,2 22,37	19,22 18	1,4	—	—	—	—	19,35 16,25	—	1,6

Что нужно изменить по условиям задачи \ Что ухудшается при изменении	28 Точность измерения	29 Точность изготовления	30 Вредные факторы, действующие на объект	31 Вредные факторы самого объекта	32 Удобство изготовления	33 Удобство эксплуатации	34 Удобство ремонта	35 Адаптация, универсальность	36 Сложность устройства	37 Сложность контроля и измерения	38 Степень автоматизации	39 Производительность
21. Мощность	32,15 2	32,2	19,22 31,2	2,35 18	26,10 34	26,35 10	35,2 10,34	19,17 34	20,19 30,34	19,35 16	28,2 17	28,35 34
22. Потери энергии	32	—	21,22 35,2	21,35 2,22	—	35,32 1	2,19	—	7,23	35,3 15,23	2	28,10 29,35
23. Потери вещества	16,34 31,28	35,10 24,31	33,22 30,40	10,1 34,29	15,34 33	32,28 2,24	2,35 34,27	15,10 2	35,10 28,24	35,18 10,13	35,10 18	28,35 10,23
24. Потери информации	—	—	22,10 1	10,21 22	32	27,22	—	—	—	35,33	35	13,23 15
25. Потери времени	24,34 28,32	24,26 28,18	35,18 34	35,22 18,39	35,28 34,4	4,28 10,34	32,1 10	35,28	6,29	18,28 32,10	24,28 35,30	—
26. Количество вещества	3,2 28	33,30	35,33 29,31	3,35 40,39	29,1 35,27	35,29 10,25	2,32 10,25	15,3 29	3,13 27,10	3,27 29,18	8,35	13,29 3,27
27. Надежность	32,3 11,23	11,32 1	27,35 2,40	35,2 40,26	—	27,17 40	1,11	13,35 8,24	13,35 1	27,40 28	11,13 27	1,35 29,38
28. Точность измерения		—	28,24 22,26	3,33 29,10	6,35 25,18	1,13 17,34	1,32 13,11	13,35 2	27,35 10,34	26,24 32,28	28,2 10,34	10,34 28,32
29. Точность изготовления	—		26,28 10,36	4,17 34,26	—	1,32 35,23	25,10	—	26,2 18	—	26,28 18,23	10,18 32,39
30. Вредные факторы, действующие на объект	28,33 23,26	26,28 10,18		—	24,35 2	2,25 28,39	35,10 2	35,11 22,31	22,10 29,40	22,19 29,40	33,3 34	22,35 13,24
31. Вредные факторы самого объекта	3,33 26	4,17 34,26	—		—	—	—	—	19,1 31	2,21 27,1	2	22,35 18,39
32. Удобство изготовления	1,35 12,18	—	24,2	—		2,5 13,16	35,1 11,9	2,13 15	27,26 1	6,28 11,1	8,28 1	35,1 10,28
33. Удобство эксплуатации	25,13 2,34	1,32 35,23	2,25 28,39	—	2,5 12		12,28 1,32	15,34 1,16	32,26 12,17	—	1,34 12,3	15,1 28
34. Удобство ремонта	10,2 13	25,10	35,10 2,16	—	1,35 11,10	1,12 26,15		7,1 4,16	35,1 13,11		34,35 7,13	1,32 10
35. Адаптация, универсальность	35,5 1,10	—	35,11 32,31	—	1,13 31	15,34 1,16	1,16 7,4		15,29 37,28		27,34 35	35,26 6,37
36. Сложность устройства	2,26 10,34	26,24 32	22,19 29,40	19,1	27,26 1,13	27,9 26,24	1,13	29,15 28,37		15,10 37,28	15,1 24	12,17 28
37. Сложность контроля	26,24 32,28	—	22,19 29,28	2,21	5,28 11,29	2,5	12,26	1,15	15,10 37,28		34,21	35,18
38. Степень автоматизации	28,26 10,34	28,26 18,23	2,33	2	1,26 13	1,12 34,3	1,35 13	27,4 1,35	15,24 10	34,27 25		5,12 35,26
39. Производительность	1,10 34,28	32,1 18,10	22,35 13,24	35,22 18,39	35,28 2,24	1,28 7,19	1,32 10,25	1,35 28,37	12,17 28,24	35,18 27,2	5,12 35,26	

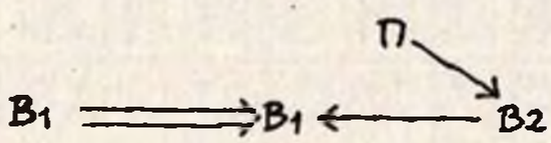
5. Стандартные решения изобретательских задач[1]

(Фрагменты)

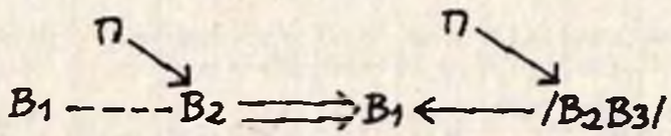
Класс 1. **Построение и разрушение вепольных систем**

1.1. Синтез веполей

1.1.1. Если дан объект, плохо поддающийся нужным изменениям, и условия задачи не содержат ограничений на введение веществ и полей, задачу решают синтезом веполя, вводя недостающие элементы.

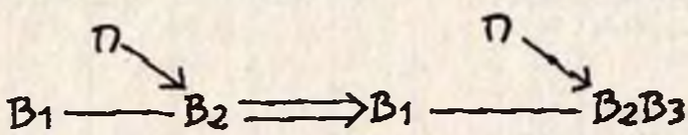


1.1.2. Если дан веполь, плохо поддающийся нужным изменениям, а условия задачи не содержат ограничений на введение добавок в имеющиеся вещества, задачу решают переходом (постоянным или временным) к внутреннему комплексному веполю, вводя в B_1 или B_2 добавки, увеличивающие управляемость или придающие веполю нужные свойства.



здесь B_1 — изделие, B_2 — инструмент, B_3 — добавка; скобками обозначена комплексная связь (внешняя комплексная связь обозначается без скобок).

1.1.3. Если дан веполь, плохо поддающийся нужным изменениям, и условия задачи содержат ограничения на введение добавок в имеющиеся вещества B_1 или B_2, задачу решают переходом (постоянным или временным) к внешнему комплексному веполю, присоединяя к B_1 или B_2 внешнее B_3, увеличивающее управляемость или придающее веполю нужные свойства.



1.1.4. Если дан веполь, плохо поддающийся нужным изменениям, и условия задачи содержат ограничения на введение в него или присоединение к нему веществ, задачу решают перестройкой веполя, используя в качестве вводимого вещества имеющуюся внешнюю среду.

А.с. № 175835. Саморазгружающаяся баржа по а.с. № 163914 отличается тем, что с целью повышения надежности возврата баржи в исходное положение после разгрузки при любых углах крена и опрокидывания она выполнена с балластной килевой цистерной, имеющей отверстия в наружных стенках, постоянно сообщающихся с забортным пространством.

В воде такой киль ничего не весит, а когда баржа опрокинута, киль оказывается в воздухе и приобретает вес. Вода не успевает вытечь из отверстий — киль возвращает баржу в нормальное положение.

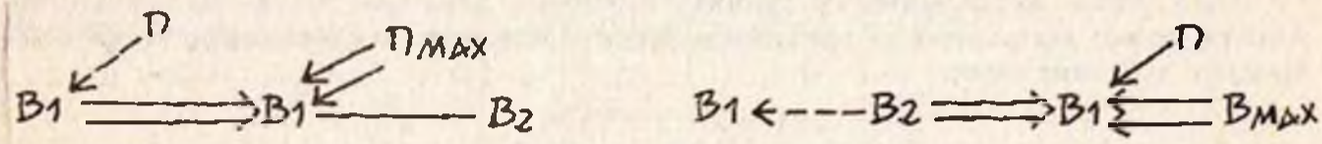
1.1.5. Если внешняя среда не содержит веществ, необходимых для построения веполя по стандарту 1.1.4, это вещество может быть получено заменой внешней среды, ее разложением или введением в нее добавок.

А.с. № 796500. В опорном узле скольжения используют «пузырьковую» смазку (в данном случае — это внешняя среда). Для улучшения демпфирования смазку газируют, разлагая ее электролизом.

---

[1] Разработаны Г. А. Альтшуллером.

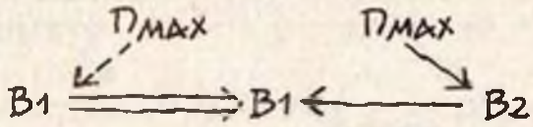
1.1.6. Если нужен минимальный (дозированный, оптимальный) режим действия, а обеспечить его по условиям задачи трудно или невозможно, надо использовать максимальный режим, а избыток убрать. При этом избыток поля убирают веществом, а избыток вещества — полем.



Избыточное действие обозначено двумя стрелками.

А.с. № 242714. При получении тонкого слоя краски на изделие наносят избыточное покрытие, окуная изделие в бак с краской. Затем изделие вращают — центробежные силы сбрасывают избыток краски.

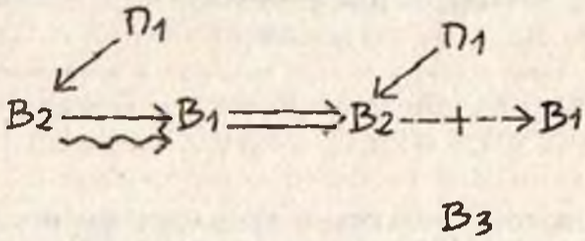
1.1.7. Если нужно обеспечить максимальный режим действия на вещество, а это по тем или иным причинам недопустимо, максимальное действие следует сохранить, но направить его на другое вещество, связанное с первым:



А.с. № 120909. При изготовлении предварительно напряженного железобетона нужно растянуть стальные растяжки. 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°, а допустимо нагревать только до 400° (при большом нагреве проволока теряет свои свойства). Предложено нагревать нерасходуемый жаропрочный стержень, который от нагрева удлиняется и в таком виде соединяется с проволокой. Охлаждаясь, стержень укорачивается и растягивает проволоку, оставшуюся холодной.

1.2. Разрушение веполей

1.2.1. Если между двумя веществами в веполе возникают сопряженные — полезное и вредное — действия, причем непосредственное соприкосновение веществ сохранять необязательно, задачу решают введением между двумя веществами постороннего третьего вещества, дарового или достаточно дешевого:



Пояснения:

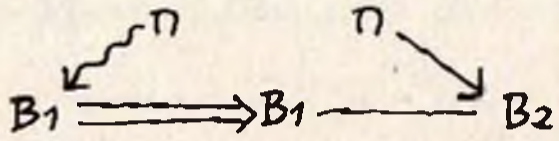
Волнистой стрелкой обозначено взаимодействие, которое по условиям надо устранить.

А.с. № 724242. Способ гибки оцинкованной трубы намоткой ее в холодном состоянии на гибочный шаблон, отличающийся тем, что, с целью повышения качества при гибке трубы на радиус менее трех наружных диаметров трубы, при намотке трубы ее цинк погружают в слой эластичного материала, полиуретана.

1.2.2. Если между двумя веществами в веполе возникают сопряженные — полезное и вредное — действия, причем непосредственное соприкосновение веществ сохранять необязательно, а использование посторонних веществ запрещено или нецелесообразно, задачу решают введением между двумя веществами третьего вещества, являющегося их видоизменением.

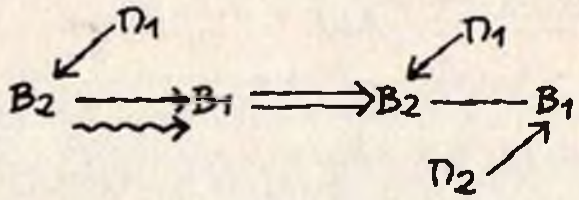
А.с. № 783154. Способ транспортирования пульпы по трубопроводу, включающий подачу пульпы в трубопровод и перемещение по нему, отличается тем, что с целью снижения износа трубопровода наружную стенку последнего охлаждают до образования на внутренней его поверхности слоя замороженной пульпы.

1.2.3. Если необходимо устранить вредное действие поля на вещество, задача может быть решена введением второго элемента, оттягивающего на себя вредное действие поля:



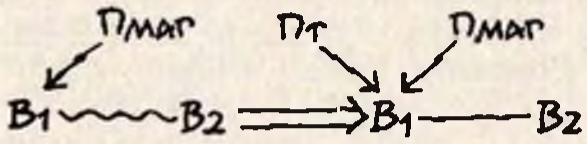
Для защиты труб от разрыва при замораживании в трубе размещают надувную пластмассовую вставку (шланг). Замерзая, вода расширяется и сдавливает мягкую вставку, а труба остается целой.

1.2.4. Если между двумя веществами в веполе возникают сопряженные — полезное и вредное — действия, а соприкосновение веществ, в отличие от стандартов 1.2.1 и 1.2.2, должно быть сохранено, задачу решают переходом к двойному веполю, в котором полезное действие остается за полем $П_1$, а нейтрализация вредного действия (или превращение вредного действия во второе полезное действие) осуществляется $П_2$.



А.с. № 755247. Для опыления цветок обдувают с помощью воздуходувки. Но цветок от ветра закрывается. Предложено раскрывать цветок воздействием электростатического заряда, который переносится этим же воздухом.

1.2.5. Если надо разрушить веполь с магнитным полем, задача может быть решена применением физических эффектов, «отличающих» ферромагнитные свойства веществ, например размагничиванием при ударе или при нагреве выше точки Кюри.

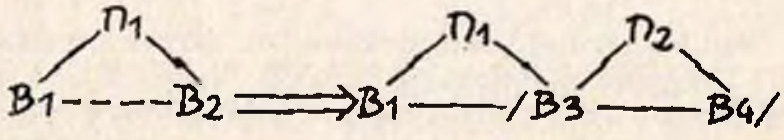


А.с. № 397289. Способ контактной приварки ферропорошков. Перед подачей в зону приварки порошок нагревают до точки Кюри. Это предотвращает выталкивание порошка магнитным полем сварочного тока.

Класс 2. **Развитие вепольных систем**

2.1. Переход к сложным веполям

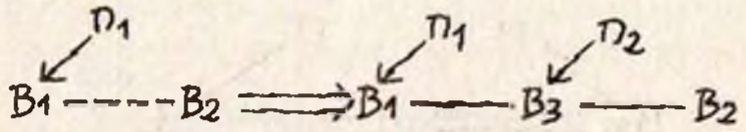
2.1.1. Если нужно повысить эффективность вепольной системы, задачу решают превращением одной из частей веполя в независимо управляемый веполь и образованием цепного веполя:



$В_3$ или $В_4$, в свою очередь, могут быть развернуты в веполь.

А. с. № 428119. Устройство для заклинивания, содержащее клин и клиновую прокладку с нагревательным элементом, отличающееся тем, что с целью облегчения извлечения клина клиновая прокладка выполнена из двух частей, одна из которых легкоплавкая.

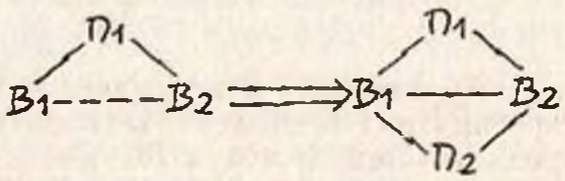
Цепной вепольможет образовываться и при развертывании связей в вепольс. В этом случае в связь $B_1 - B_2$ встраивается звено $A_2 - B_3$:



Патент Англии № 824047. Предлагается устройство для передачи вращения с одного вала к другому (муфта), содержащее наружный и внутренний роторы, охваченные электромагнитами.

В зазоре между роторами находится магнитная жидкость, твердеющая в магнитном поле. Если электромагнит не включен, роторы свободно вращаются относительно друг друга. При включении электромагнита жидкость приобретает твердость и жестко связывает роторы, т. е. позволяет передавать вращающий момент.

2.1.2. Если дан плохо управляемый вепольи нужно повысить его эффективность, причем замена этого вепольянедопустима, задача решается постройкой двойного вепольяпутем введения второго поля, хорошо поддающегося управлению.

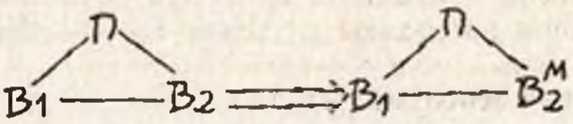


А.с. № 275231. Способ регулируемого расхода жидкого металла из разливочного ковша, отличающийся тем, что с целью безаварийной разливки гидростатический напор регулируют высотой металла над отверстием разливочного стакана, вращая металл в ковше электромагнитным полем.

2.2. Форсирование веполей

2.2.1. Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена заменой неуправляемого (или плохо управляемого) рабочего поля (хорошо управляемым) полем, например заменой гравитационного поля механическим, механического — электрическим и т. д.

2.2.2. Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена путем увеличения степени дисперсности (дробления) вещества, играющего роль инструмента.



Пояснения:

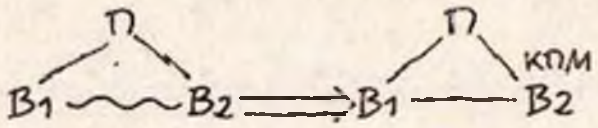
1. Символом B^{14} обозначено вещество, состоящее из множества мелких частиц (песчинки, порошок, дробинки и т. д.).

2. Стандарт 2.2.2 отражает одну из основных закономерностей развития технических систем — тенденцию к измельчению инструмента или его частей, непосредственно взаимодействующих с изделием.

А.с. № 354145. В щите для выемки угольных пластов вместо балок большого диаметра предложено использовать пучки из тонкомерных стержней. Видна линия дальнейшего развития: от пучков стержней к пучкам нитей.

2.2.3. Особый случай дробления вещества — переход от сплошных веществ к капиллярно-пористым. Переход этот осуществляется по линии: сплошное вещество — сплошное вещество с одной полостью — сплошное вещество с многими полостями (перфорированное вещество) — капиллярно-пористое вещество — капиллярно-пористое вещество с определенной структурой (и размерами) пор.

По мере развития по этой линии увеличивается возможность размещения в полостях-порах жидкого вещества и использования физических эффектов.



А.с. № 403517. Нагревательный стержень — паяльник выполнен не сплошным, а капиллярно-пористым. Благодаря этому можно отсасывать припой при монтаже паяных соединений.

2.2.4. Если дана не полная система, ее эффективность может быть повышена путем увеличения степени динамизации, т. е. перехода к более гибкой, быстро меняющейся структуре системы.

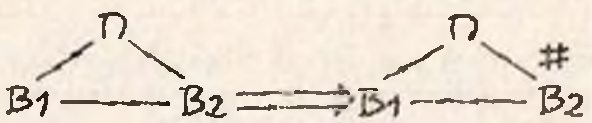
Пояснения: 1. Правым символом обозначена динамичная вепольная система, перестраивающаяся в процессе работы. 2. Динамизация B_2 чаще всего начинается с разделения B_2 на две шарнирно-соединительные части. Далее динамизация идет по линии: один шарнир — много шарниров — гибкое B_2.

2.2.5. Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена переходом от полей однородных или имеющих неупорядоченную структуру к полям неоднородным или имеющим определенную пространственную структуру (постоянную или переменную).

Пояснения: значок с буквой *П* указывает, что поле имеет определенную пространственно-временную структуру.

А.с. № 715341. Частицы порошка заряжают разноименным электричеством. Наносят слой одного порошка на слой другого и перемещают их в неоднородном электрическом поле. При движении порошки быстро смешиваются.

2.2.6. Если дана вепольная система, ее эффективность может быть повышена переходом от веществ однородных или имеющих неупорядоченную структуру к веществам неоднородным или имеющим определенную пространственную структуру (постоянную или временную).



А.с. № 713146. Способ изготовления пористых огнеупоров: для создания направленной пористости используют выгорающие шелковые нити. В частности, если нужно получить интенсивное тепловое воздействие в определенных местах системы (точках, линиях), в эти места следует заранее ввести экзотермические вещества.

2.3. Форсирование согласованием ритмики

2.3.1. В простых вепольных системах действие поля должно быть согласовано по частоте (или сознательно рассогласовано) с собственной частотой изделия (или инструмента).

А. с. № 614714. Устройство для массажа синхронно с ударами сердца. В стенку ванны, в которую помещают больного, вмонтирована диафрагма насо-

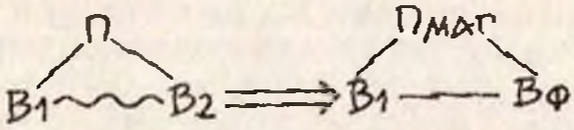
са, передающего лечебной жидкости или грязям импульсы по команде датчика, контактирующего с телом больного.

2.3.2. В сложных вепольных системах должны быть согласованы (или сознательно рассогласованы) частоты используемых полей.

2.3.3. Если два действия, например изменение и измерение, несовместимы, одно действие осуществляется в паузах другого. Вообще паузы в одном действии должны быть заполнены другим полезным действием.

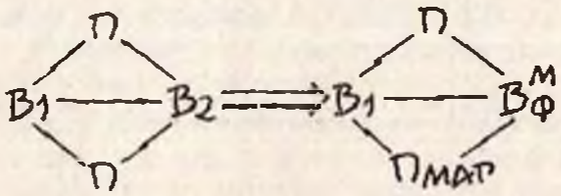
2.4. Феполи (комплексно форсированные вещества)

2.4.1. Если дана простая вепольная система, ее эффективность может быть повышена путем использования ферромагнитного вещества и магнитного поля.



Пояснение: в этом стандарте речь идет о применении ферромагнитного вещества, не находящегося в измельченном состоянии. Речь, таким образом, идет о «протофеполях», «полуфеполях» — структуре на пути к феполям.

2.4.2. Чтобы повысить эффективность управления системой, необходимо перейти от веполя или «протофеполя» к феполю, заменив одно из веществ феррочастицами или добавив феррочастицы — стружку, гранулы, зерна и т. д., и использовать магнитное или электромагнитное поле. Эффективность управления повышается с увеличением степени дробления феррочастиц, поэтому развитие феполей ведется по линии: гранулы — порошок — мелкодисперсные частицы. Эффективность повышается также с увеличением степени дробления вещества, в которое не введены феррочастицы; развитие здесь идет по линии: твердое вещество — зерна — порошок — жидкость.



Пояснение: превратившись в феполь, вепольная система повторяет цикл развития веполей, но на новом уровне. Все стандарты, входящие в группу 2.4, можно считать своего рода «изотопами» нормального ряда стандартов (группы 2.1—2.3).

А. с. № 1068693. Мишень для стрельбы из лука. Выполнена в виде кольцевого электромагнита, заполненного сыпучим ферромагнитным материалом.

2.4.3. Эффективность феполей может быть повышена переходом к использованию магнитных жидкостей коллоидных феррочастиц, взвешенных в керосине, силиконе или воде.

Стандарт 2.4.3 можно рассматривать как предельный случай развития по стандарту 2.4.2.

А. с. № 1068574. Плотина с изменяемым агрегатным состоянием, включающая закрепленную оболочку из эластичного материала и заполнитель, отличающийся тем, что с целью повышения надежности в работе плотины внутри оболочки размещен каркас из токопроводящей спирали, а в качестве заполнителя принята твердеющая в магнитном поле ферромагнитная жидкость.

2.4.4. Эффективность феполей может быть повышена за счет использования капиллярно-пористой структуры, присущей многим фепольным системам.

2.4.5. Если нужно повысить эффективность управления системой путем перехода к феполю, а замена веществ феррочастицами недопустима, переход осуществляют построением внутреннего или внешнего комплексного феполя, вводя добавки в одно из веществ.

А. с. № 571778. Способ транспортировки деталей с помощью грузоподъемного электромагнита, отличающийся тем, что с целью обеспечения транспортирования немагнитных деталей последние предварительно засыпают магнитомягкими сыпучими материалами.

Класс 3. **Переход к надсистеме и на микроуровень**

3.1. Переход к бисистемам и полисистемам

3.1.1. Эффективность системы на любом этапе развития может быть повышена системным переходом 1а: объединением с другой системой (или системами) в более сложную бисистему или полисистему.

Патент США № 3567547. Для получения заготовки в виде тонких стеклянных пластинок склеивают в блок, после этого блок можно подвергнуть машинной обработке без опасения повредить тонкие пластинки.

3.1.2. Повышение эффективности синтезированных бисистем и полисистем достигается прежде всего развитием связей элементов в этих системах.

Пояснение: новообразованные бисистемы и полисистемы часто имеют «нулевую связь», т. е. представляют собой просто «кучу» элементов. Развитие идет в направлении усиления межэлементных связей.

3.1.3. Эффективность бисистем и полисистем повышается при увеличении различия между элементами системы (системный переход 1б): от одинаковых элементов (набор одинаковых карандашей) к элементам со сдвинутыми характеристиками (набор разноцветных карандашей), затем к разным элементам (готовальня) и универсальным сочетаниям типа «элемент и антиэлемент» (карандаш с резинкой).

А.с. № 493350. «Двухэтажная» пила, у которой нижние зубья разведены больше верхних, чисто режет волокнистые материалы.

3.1.4. Эффективность бисистем и полисистем повышается при свертывании систем, прежде всего за счет сокращения вспомогательных частей. Например, двухстволка имеет один приклад. Полностью свернутые бисистемы и полисистемы снова становятся моносистемами, цикл может повториться на новом уровне.

3.1.5. Эффективность бисистемы и полисистемы может быть повышена распределением несовместимых свойств между системой и ее частями. Это системный переход 1в: используют двухуровневую систему, в которой вся система в целом обладает свойством С, а ее части (частицы) — свойством анти-С.

А. с. № 510350. Рабочая часть тисков для зажима деталей сложной формы: каждая часть (стальная втулка) твердая, а в целом зажим податливый и способен менять форму.

3.2. Переход к подсистемам

3.2.1. Эффективность системы на любом этапе развития может быть повышена системным переходом 2 — с макроуровня на микроуровень: систему или ее часть заменяют веществом, способным при взаимодействии с полем выполнять требуемое действие.

А. с. № 275751. Регулируемый лабиринтный насос. С целью обеспечения возможности регулирования насоса с помощью изменения температуры ротор и статор выполнены из материалов с разными коэффициентами линейного расширения.

Класс 4. **Стандарты на обнаружение и изменение систем**

4.1. Обходные пути

4.1.1. Если дана задача на обнаружение или измерение, целесообразно так изменить систему, чтобы вообще отпала необходимость в решении этой задачи.

А. с. № 505706. Способ индукционного нагрева деталей. Для самофиксации заданной температуры между индуктором и деталью помещают соль с температурой плавления, равной заданной температуре.

4.1.2. Если дана задача на обнаружение и нельзя применить стандарт 4.1.1, целесообразно заменить непосредственные операции над объектом операциями над его копией или снимком.

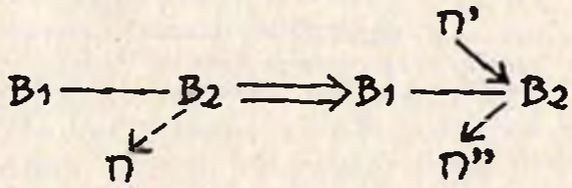
Вместо непосредственного обмера бревен, погруженных на железнодорожную платформу, измерение ведут по фотоснимку, сделанному в определенном масштабе.

4.1.3. Если дана задача на измерение и нельзя применить стандарты 4.1.1 и 4.1.2, целесообразно перевести ее в задачу на последовательное обнаружение изменений.

А. с. № 186366. При добыче медных руд камерным способом образуются огромные подземные залы, камеры. 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-либо месте выпала порода и образовался купол, это легко обнаружить по свечению люминофора. А по цвету можно судить о высоте образовавшегося купола.

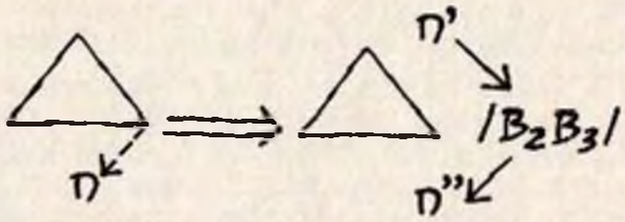
4.2. Синтез измерительных систем

4.2.1. Если вепольная система плохо поддается обнаружению или измерению, задачу решают, достраивая простой или двойной веполь, применяя поле, проходящее сквозь систему и выносящее информацию о ее состоянии:



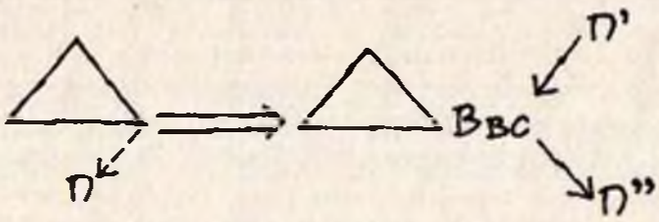
А. с. № 269558. Способ обнаружения момента начала кипения жидкости (т. е. появления в жидкости пузырьков B_2). Через жидкость пропускают ток — при появлении пузырьков резко возрастает электрическое сопротивление.

4.2.2. Если система (или ее часть) плохо поддается обнаружению или измерению, задачу решают переходом к внутреннему или внешнему комплексному веполю, вводя легко обнаруживаемые добавки.



А. с. № 110314. Способ определения фактической площади контакта поверхностей, отличающийся тем, что для окрашивания поверхностей применяют люминесцентные краски.

4.2.3. Если систему трудно обнаружить или измерить в какой-то момент времени и нет возможности ввести в объект добавки, то эти добавки, создающие легко обнаруживаемое и легко измеряемое поле, следует ввести во внешнюю среду, по изменению состояния которой можно судить об изменении состояния объекта.



А. с. № 260240. Для контроля износа двигателя нужно определить количество «стершегося» металла. Частицы эти поступают во внешнюю среду — масло. Предложено добавлять в масло люминофоры: металлические частицы являются гасителями свечения.

4.2.4. Если во внешнюю среду нельзя ввести извне добавки по стандарту 4.2.3, эти добавки могут быть получены в самой среде, например ее разложе-

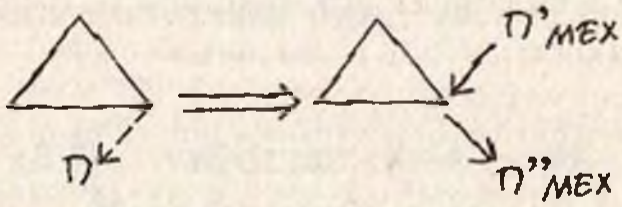
нием или изменением агрегатного состояния. В частности, в качестве таких добавок часто используют газовые или паровые пузырьки, полученные электролизом, кавитацией и другими способами.

4.3. Форсирование измерительных веполей

4.3.1. Если дана вепольная система, эффективность обнаружений и измерений в ней может быть повышена за счет использования физических эффектов.

А. с. № 170739. Исчезновение люминесцентных свойств у некоторых веществ в присутствии очень небольшого количества влаги.

4.3.2. Если невозможно непосредственно обнаружить или измерить происходящие в системе изменения и если нет возможности пропускать сквозь систему поле, задачу решают возбуждением в системе резонансных колебаний (всей системы или какой-то ее части), по изменению частоты которых можно определить происходящее в системе изменение.



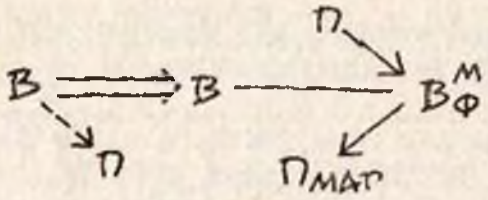
А. с. № 560563. Способ контроля выдаивания вымени животных при машинном доении состоит в определении степени опорожнения вымени по изменению его физических свойств с помощью технических устройств. Контроль ведут по изменению уровня и частоты акустических колебаний, возникающих в различных долях вымени.

4.3.3. Если невозможно применить стандарт 4.3.2, о состоянии системы судят по изменению собственной частоты объекта (внешней среды), связанного с контролируемой системой.

4.4. Переход к фенольным системам

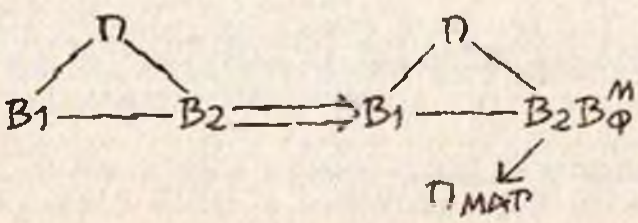
4.4.1. Веполи с немагнитными полями имеют тенденцию перехода в «протофеполи», т. е. веполи с магнитным веществом и магнитным полем.

4.4.2. Если нужно повысить эффективность обнаружения или измерения «протофенольными» и вепольными системами, необходимо перейти к феполям, заменив одно из веществ ферромагнитными частицами (или добавив ферромагнитные частицы) и обнаруживая или измеряя магнитное поле:



А.с. № 239633. Для определения степени затвердевания (размягчения) полимерных составов в него вводят магнитный порошок и измеряют изменение магнитной проницаемости состава в процессе его затвердения (размягчения).

4.4.3. Если нужно повысить эффективность обнаружения или измерения системы путем перехода к феполю, а замена вещества ферромагнитными частицами недопустима, то переход к феполю осуществляется построением комплексного феполя путем введения добавок в вещество.



Класс 5. **Стандарты на применение стандартов**

5.1. Введение веществ

5.1.1. Если нужно ввести в систему вещество, а это запрещено условиями задачи или недопустимо по условиям работы системы, следует использовать обходные пути: 1) вместо вещества используют «пустоту»; 2) вместо вещества вводят поле; 3) вместо внутренней добавки используют добавку наружную; 4) вводят в очень малых дозах особо активную добавку; 5) вводят в очень малых дозах обычную добавку, но располагают ее концентрированно — в отдельных частях объекта; 6) добавку вводят на время; 7) вместо объекта используют его копию (модель), в которую допустимо введение добавок; 8) добавку получают разложением внешней среды или самого объекта, например электролизом или изменением агрегатного состояния части объекта или внешней среды.

5.1.2. Если дана система, плохо поддающаяся изменениям, и условия задачи не позволяют заменить инструмент или ввести добавки, вместо инструмента используют изделие, разделяя его на части, взаимодействующие друг с другом.

В частности, если в систему входит поток мелкодисперсных частиц и надо увеличить степень управления этими частицами, поток следует разделить на части, заряженные одноименно или разноименно.

Когда весь поток заряжен одноименным электричеством, то противоположный заряд должна нести одна из частей системы.

5.1.3. Введенное в систему вещество после того, как сработало, должно исчезнуть или стать неотличимым от вещества, ранее бывшего в системе или во внешней среде.

5.1.4. 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.

5.2. Введение полей

5.2.1. Если в вепольную систему нужно ввести поле, следует прежде всего использовать уже имеющиеся поля, носителями которых являются входящие в систему вещества.

5.2.2. Если нужно ввести поле, а по стандарту 5.1.2 это сделать невозможно, следует использовать поля, имеющиеся во внешней среде.

А. с. № 414354. Для удаления влаги с проезжей части моста используют тягу, создаваемую эжектором, опущенным в реку.

5.2.3. Если в систему нужно ввести поле и это нельзя сделать по стандартам 5.2.1. и 5.2.2, следует использовать поля, носителями или источниками которых могут «по совместительству» стать вещества, имеющиеся в системе или во внешней среде.

А. с. № 356489. Система «обрабатываемая деталь — режущий инструмент» использована как термопара в устройстве для измерения температуры резания.

5.3. Фазовые переходы

Противоречивые требования к вводимым веществам и полям могут быть удовлетворены использованием фазовых переходов.

5.3.1. Эффективность применения вещества — без введения других веществ — может быть повышена фазовым переходом 1, т. е. заменой фазового состояния имеющегося вещества.

А. с. № 252262. Энергоснабжение пневмосистем в шахтах на основе сжиженного, а не сжатого газа.

5.4. Особенности применения физических эффектов

5.4.1. Если объект должен периодически находиться в разных физических состояниях, то переходы следует осуществлять самим объектом за счет использования физических превращений, например фазовых переходов, ионизации — рекомбинации и т. д.

5.4.2. Если необходимо получить сильное действие на выходе при слабом действии на вводе, необходимо привести вещество-преобразователь в состояние, близкое к критическому. Энергия запасается в веществе, а входной сигнал играет роль «спускового крючка».

1. Альтов Г. И тут появился изобретатель.— М., 1989.

2. Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука.— М., 1979.

3. Альтшуллер Г. С., Селюцкий А. Б. Крылья для Икара.— Петрозаводск, 1980.

4. Альтшуллер Г. С., Злотин Б. Л., Зусман А. В. Теория и практика решения изобретательских задач: Сб. метод. рекомендаций.— Кишинев, 1989.

5. Альтшуллер Г. С., Злотин Б. Л., Филатов В. И. Профессия — поиск нового.— Кишинев, 1985.

6. Альтшуллер Г. С., Злотин Б. Л., Зусман А. В., Филатов В. И. Поиск новых идей: от озарения к технологии.— Кишинев, 1989.

7. Альтшуллер Г. С. Найти идею.— Новосибирск, 1986.

8. Дерзкие формулы творчества/Сост. А. Б. Селюцкий.— Петрозаводск, 1987.

9. Злотин Б. Л., Зусман А. В. Закон развития и прогнозирования ТС: Сб. метод. рекомендаций.— Кишинев, 1989.

10. Злотин Б. Л., Зусман А. В. Изобретатель пришел на урок.— Кишинев, 1990.

11. Иванов Г. И. ... И начинайте изобретать.— Иркутск, 1987.

12. Как стать еретиком / Сост А. Б. Селюцкий.— Петрозаводск, 1990.

13. Нить в лабиринте / Сост. А. Б. Селюцкий.— Петрозаводск, 1988.

14. Петрович Н. Т., Цуриков В. М. Путь к изобретению: десять шагов.— М., 1986.

15. Пирятинская С. Ф., Иванов Г. И., Киселев Л. М. Методы поиска новых технических решений.— Киев, 1988.

16. Правила игры без правил / Сост. А. Б. Селюцкий.— Петрозаводск, 1989.

17. Саламатов Ю. П. Как стать изобретателем.— М., 1990.

18. Селюцкий А. Б., Слугин Г. И. Вдохновение по заказу.— Петрозаводск, 1977.

СОДЕРЖАНИЕ

От автора 3

Зачем человеку творчество . . 6
Технология творчества . . . 10
Почему мы плохо изобретаем . —
Ставка на случай 12
Право на ошибку 14

В поисках метода 16
Метод мозгового штурма . . 17
Метод фокальных объектов . . 18
Метод синектики 19
Морфологический анализ . . 20
Метод контрольных вопросов . 21
Знакомство с ТРИЗ 22

По этажам технической системы 27
Ряды бесконечности . . . . —
Признаки таланта 28
С думой о будущем 31
С думой о настоящем . . . 32
С думой о прошлом 33

И начинайте изобретать . . . 35
Путь к идеалу . . . . . —
Ступени идеала 42
Идеал, ИКР и прыгающий чайник 47
Вначале было противоречие . . 53
Зародыш в новорожденном . . —
Знаю, что, но не знаю, как . . 60
Знаю, как, но от этого еще хуже 62
Знаю, что и как, но не знаю, каким образом 67

Поединок с противоречиями . . 73
Первопричина первозадачи . . —
Залп из сорока стволов . . . 78
Принципиальный разговор . . 84

Изобретения по формулам . . 88
Знакомьтесь, Веполь! . . . —
Веполь созидающий 91
Веполь развивающий 94
Веполь разрушающий . . . 97
Веполь измеряющий 99

Вперед, стандарты! 103
Все свое несу с собой 108
На психологическом фронте . . 113
Госпожа Инерция Мышления —
Из плена слов 118
Вам дана одна секунда . . . 121
Эти маленькие, маленькие человечки 123

Законы развития технических систем 126
Линия жизни 127
В движении — жизнь . . . 130
Знаменитая четверка 132
Когда в товарищах согласья нет... 135
Главный среди равных . . . 139
Пульс техники 141
Молекула? Это надежно! . . 145

В погоне за светом 148
Основные этапы развития технической системы 156
Тайны веков 158
Неподвластные времени . . . —
Моаи... пришли сами? . . . 165

Вместо заключения 172
Подсказки 174
Ответы на задачи 177
Приложения 183
Рекомендуемая литература . . 206